Achter de Horizon

Beleidsperspectieven voor omgaan met onzekerheden bij nieuwe risico's

Willem Halffman, Ad Ragas
Radboud Universiteit Nijmegen
April 2016

Radboud Universiteit

Nijmegen, April 2016.

Dit rapport werd geschreven in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (DGMI).

Met dank voor begeleiding, informatie en steun aan begeleidende ambtenaren en de deelnemers aan de workshop “Omgaan met Onzekerheden” en Tamara Metze voor hulp bij schaliegas.

Beleidssamenvatting

Een dynamische en hoogtechnologische samenleving produceert voortdurend innovaties met beloftevolle potenties, maar ook zorgen over mogelijk onaangename consequenties: de '**nieuwe risico's**'. Om van mogelijkheden van deze innovaties gebruik te kunnen maken, is het belangrijk dat ze worden 'gedomesticeerd', waarbij gevaren onder controle worden gebracht. Bij nieuwe risico's is de **kennis** over deze gevaren echter typisch **fragmentarisch**, terwijl maatschappelijke actoren toch vaak al standpunten innemen, soms gepaard met heftige emoties. Ons beeld van wat gevaren zijn, hoe groot ze zijn, of hoe groot de kans is dat zich voordoen, is bij nieuwe risico's typisch nog erg onzeker, terwijl er vaak ook onenigheid is over wat als gevaar geldt en wie daarvoor verantwoordelijk is.

De burger, en met name de parlementaire vertegenwoordiging ervan, wil dat de overheid een redelijke en consistente afweging maakt in de omgang met nieuwe risico's. Dat wil zeggen: beleidsoptreden in proportie te houden, zowel tussen verschillende risico's als tussen optreden tegen gevaren en het bieden van kansen voor innovaties. Dat leidde reeds tot het opstellen van het rapport *Rode Draden* met principes voor consistente omgang met risico's, in het volle besef dat alle risico's ook weer uniek zijn en hun eigen afwijkende karakteristieken hebben ('**consistent maatwerk**').

Als gevolg van deze zorg, kregen wij vervolgens de opdracht om specifiek een **instrument voor omgang met onzekerheden** te ontwikkelen, met daarin zowel een indeling van soorten onzekerheden als een aanwijzing voor specifieke handelingsperspectieven voor elke soort. Deze aanpak moest bruikbaar zijn voor de nieuwe risico's over de volle breedte van het I&M beleidsveld, maar tegelijkertijd ook ruimte laten voor de unieke eigenschappen van elk dossier.

Bij onze aanpak hanteerden we een enkele uitgangspunten die ons werk in belangrijke mate vorm hebben gegeven. Ten eerste maken we een scherp onderscheid tussen risico (de kans dat een gevaar zich voordoet in het licht van de omvang van het gevaar) en onzekerheid (beperkt beeld van de kans of de aard van het gevaar). Ten tweede hebben we geprobeerd om gebruik te maken van natuurwetenschappelijk, maar ook **sociaalwetenschappelijk** onderzoek naar onzekerheden, ook al is deze combinatie niet altijd gemakkelijk. Dat werkt ook door in ons derde uitgangspunt, namelijk dat onzekerheden ook te maken hebben met verschillende **perspectieven en wereldbeelden**, die niet zomaar op te lossen zijn door meer onderzoek of feiten. Ten vierde proberen we, meer dan in de literatuur, rekening te houden met beperkingen van tijd en middelen, waardoor het onmogelijk wordt om werkelijke alle onzekerheden tot in het grootste detail uit te zoeken ('**doenbare onzekerheden**').

Om onze aanpak van onzekerheden te ontwikkelen, hebben we een aantal **analyses** uitgevoerd, namelijk:

- Een overzicht van de meest prominente **inzichten** uit sociaalwetenschappelijk onderzoek naar onzekerheden, gericht op begrippen en schema's die kunnen helpen bij het interpreteren van onzekerheden en maatschappelijke discussies daarover (zie hoofdstuk 2).
- Een **literatuuronderzoek** naar wetenschappelijke literatuur over onzekerheden, zowel sociaal- als natuurwetenschappelijk, gericht op inventariseren van typologieën van onzekerheid (hfst. 3).
- Het integreren van deze twee bronnen in een **typologie** van onzekerheden die voldoende aandacht heeft voor de inzichten uit de literatuur, zonder al te ingewikkeld te worden. Deze onderdelen zijn besproken tijdens een kleine workshop met beleidsmakers en bleken herkenbaar (hfst. 3.4).
- Het ontwikkelen van een **stappenplan**, georganiseerd rond vragen die de aandacht vestigen op verschillende vormen van onzekerheid, met aanwijzingen voor hoe deze kunnen worden aangepakt en resulterend in een prioritering van onzekerheden (hfst. 4).
- Het toepassen van ons stappenplan op **drie casussen**, actuele dossiers (microplastics in water, medicijnresten in water, schaliegas), waarbij het stappenplan goed bleek te werken om onzekerheden in kaart te brengen (hfst. 5).

Het **stappenplan** (zie Figuur 4-1) vertrekt van een overzicht van het probleem in de vorm van een causaal model, waarmee vervolgens cruciale onzekerheden worden geïdentificeerd in overleg met maatschappelijke actoren. De ruggengraat van het stappenplan bestaat uit de typologie van onzekerheden, opgesteld op basis van het literatuuroverzicht. Deze bestaat uit:

- **Framing onzekerheid**: onzekerheid over hoe het probleem is gedefinieerd, door hoe het is afgebakend (wat hoort er wel en niet bij?), door hoe een probleem is ingedeeld bij andere problemen (bv is het een probleem van ruimtelijke ordening of kan het beter worden gezien als een probleem van verontreiniging?) en door hoe er over een probleem wordt gesproken (het verhaal, taalgebruik). Framing onzekerheid kan leiden tot het 'oplossen van het verkeerde probleem', of slepende conflicten waarbij actoren langs elkaar heen praten.
- **Kennisonzekerheid**: onzekerheid die kan worden opgelost door meer kennis te verzamelen, bijvoorbeeld door wetenschappelijk onderzoek, betere metingen, of beter begrip van achterliggende oorzaken; ook onzekerheid over de betrouwbaarheid van kennis, of van de bron van deze kennis, en het vertrouwen dat actoren stellen in bronnen van kennis.
- **Diversiteit**: betreft de variabiliteit van mensen ('spreiding in plaats van gemiddelden'), van organismen, van plaats (geografie, klimaat, ondergrond), maar ook variatie in beleid en maatschappelijke condities (die ertoe kunnen leiden dat risico-analyses die elders werden gemaakt hier niet gelden) en aannames over praktijksituaties of gedrag van mensen.
- **Indeterminisme**: onzekerheid die om praktische redenen niet te reduceren is omdat onderzoek onmogelijk is (bv op ethische gronden) alsook de fundamentele onvoorspelbaarheid die ontstaat door toeval, chaotische processen, terugkoppelingen, de complexiteit van de maatschappelijke dynamiek, of de nauwelijks te voorspellen effecten van kennis op menselijk gedrag.
- **Onwetendheid**: het gegeven dat er altijd factoren zijn waarvan men niet had beseft dat ze ook relevant zouden zijn, de blijvende mogelijkheid van radicale verrassingen.

Het stappenplan is uitgewerkt aan de hand van gerichte vragen die de aandacht vestigen op vormen van onzekerheid die in de literatuur zijn beschreven en leiden naar suggesties voor hoe met deze onzekerheden kan worden omgegaan. Het resulteert in een overzicht van de belangrijkste onzekerheden en prioriteiten voor aanpak van onzekerheden.

Naast de ontwikkeling van het stappenplan, leidde het onderzoek tot volgende **aanbevelingen:**

1. **Doe meer ervaring op met het stappenplan.**
   Het stappenplan bleek goed te werken als analyse-instrument bij drie casussen, maar kan verder worden getest, ook in gebruik bij beleidsvorming en in contact met actoren.
2. **Breid de toolbox verder uit.**
   Voor specifieke vormen van onzekerheden bestaan zeker nog meer mogelijkheden. Dat kan helpen om de aanwijzingen van het stappenplan verder te concretiseren.
3. **Aandacht aan risicotypologie en bijbehorende managementstrategieën.**
   Het verdient aanbeveling om de aansluiting van onze onzekerheidsanalyse op de omgang met risico's uit te proberen.
4. **Zoek afstemming over kernbegrippen met wetenschappelijke adviesinstellingen.**
   Uit eerder onderzoek is gebleken dat in de omgang met onzekerheden het erg belangrijk is dat beleidsmakers en deskundigen die hen adviseren dezelfde taal spreken.
5. **Probeer het stappenplan uit in contact met maatschappelijke actoren**.
   Het gebruik van het stappenplan in analyse van onzekerheden in communicatie met het maatschappelijke veld dient te worden uitgeprobeerd, bv. rond de behandelde casussen.
6. **Verpak de inhoud van het rapport op een hanteerbare manier.**
   Voor praktisch gebruik zal een meer handzame vorm noodzakelijk zijn dan dit rapport, met instrumenten voor een *community of practice* voor omgang met onzekerheden.

Inhoudsopgave

Beleidssamenvatting **3**

1. Nieuwe risico's, nieuwe onzekerheden **7**

2. De aard van onzekerheid **11**
2.1. Wat is onzekerheid? *11*
2.1.1. De begrippen onzekerheid en risico 11
2.1.2. De perceptie van onzekerheid 12
2.1.3. Onzekerheid bij nieuwe risico's 15
2.2. Grondhoudingen over onzekerheid *16*
2.3. Probleemtypen *21*
2.4. Framing en onzekerheden *25*
2.5. Onzekerheid en de politieke orde *28*
2.5.1. Liberale en republikeinse risico's 28
2.5.2. Stijlen van regulering 30
2.6. Doenbare onzekerheden *31*

3. Onzekerheids- en risicotypologieën **33**
3.1. Literatuurreview *33*
3.2. Overzicht onzekerheidstypologieën *34*
3.2.1. Onzekerheidstypologie van Van Asselt en Rotmans (2002) 34
3.2.2. Onzekerheidstypologie van Renn en Klinke (2004) 35
3.2.3. Onzekerheidstypologie van W.E. Walker et al. (2003) 36
3.2.4. Onzekerheidstypologie van Ascough *et al.* (2008) 38
3.2.5. Onzekerheidstypologie van Brugnach *et al.* (2008) 39
3.2.6. Onzekerheidstypologie van Myhr (2010) 40
3.3. Overzicht risicotypologieën op basis van onzekerheid *41*
3.3.1. Risicotypologie van Stirling & Gee (2002) 41
3.3.2. Risicotypologie van Renn & Klinke (2004) 42
3.4. Een onzekerheids- & risicotypologie voor nieuwe risico's *46*
Framing-onzekerheid 47
Kennisonzekerheid 47
Diversiteit 48
Indeterminisme 49
Onwetendheid 49
3.5. Methoden om nieuwe risico's in kaart te brengen *50*
3.5.1. DPSIR 50
3.5.2. Een model voor het karteren van onzekerheden bij nieuwe risico's. 51

4. Stappenplan omgaan met onzekerheden bij nieuwe risico's **55**
4.1. Uitgangspunten stappenplan *55*
4.2. De stappen in detail *57*
Probleemverkenning 57
Stap 1 Causaal model: Wat is het probleem? 57
Stap 2 Actor-analyse: Wie is erbij betrokken? 57

Onzekerheidsanalyse 57
Stap 3 Framing onzekerheid: Hoe is het probleem geframed? 57
Stap 4 Kennisonzekerheid: Wat is bekend over de genoemde oorzaken en gevolgen? 59
Stap 5 Diversiteit: Is er rekening gehouden met diversiteit? 61
Stap 6 Indeterminisme: Welke processen zijn onvoorspelbaar? 62
Stap 7 Onwetendheid: Wat als er verassingen komen? 64
Stap 8 Synthese: Welke onzekerheden verdienen hoe aandacht? 64
Risico-karakterisering 66
Stap 9 Welk soort risico is dit? Wat is dan de beste strategie? 66

5. Toepassing stappenplan: voorbeelden 67
5.1. Casus: Microplastics in water 67
5.2. Casus: Medicijnresten in water 72
5.3. Casus: schaliegaswinning in Nederland 77

6. Conclusie: weten wat je niet weten kan? 85

7. English policy summary 89

Appendix: uit de literatuur geselecteerde typologieën. 93

Lijst van figuren en tabellen 116

Referenties 117

1. Nieuwe risico's, nieuwe onzekerheden

Een dynamische en hoogtechnologische samenleving produceert voortdurend innovaties met beloftevolle potenties, maar ook zorgen over mogelijk onaangename consequenties. Ook in het beleidsveld van Infrastructuur en Milieu (I&M), spelen allerlei zorgen om "nieuwe risico's".[1] Zelfrijdende auto's, nano-materialen, of drones bieden enorme kansen voor economische ontwikkeling en verbetering van ons welzijn, maar roepen ook vragen op over hoe ze ons welzijn juist zouden kunnen schaden. Zullen er bijvoorbeeld, met het verspreiden van nano-materialen in de wereld, over enkele decennia problemen ontstaan die we maar moeilijk kunnen voorzien; net nu we ons bewust worden van problemen ontstaan door de verspreiding van een vorige generatie beloftevolle stoffen, namelijk plastics?

Om nieuwe technologieën een hanteerbare plek te geven in onze samenleving, moeten we ze domesticeren (Sørensen, 2006): ze temmen, tot we van hun voordelen kunnen genieten, maar hun nadelen onder controle kunnen houden; net zoals we dat in het verleden hebben gedaan met bijvoorbeeld auto's, vliegtuigen, medicijnen, of bestrijdingsmiddelen. Soms worden zorgen over mogelijke gevaren al snel geuit, soms worden ze pas na decennia duidelijk. Zo leek de chemische inertie van plastics lange tijd vooral een voordeel, zolang plastic afval maar in de afvalverwerking belandde. Nu ontstaan er toch steeds meer zorgen over wat uiteengevallen en versleten kunststoffen kunnen veroorzaken in het milieu, in de vorm van micro-plastics.

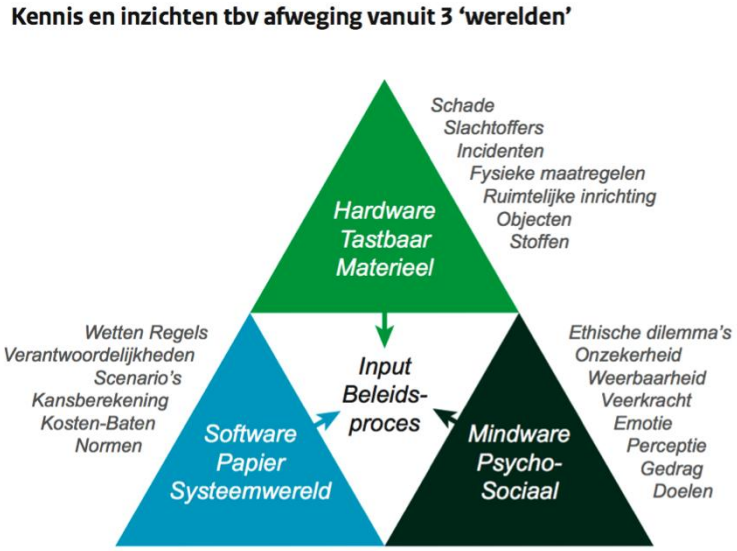
Of ze nu nieuw zijn vanwege nieuwe technologie, of omdat we nadelige gevaren net ontdekken, wat nieuwe risico's met elkaar gemeen hebben, is dat er grote onzekerheden over zijn. Bijvoorbeeld: met auto's hebben we inmiddels een eeuw ervaring en weten we redelijk wat er mis kan gaan. Daardoor hebben we nu APK keuringen, veiligheidsgordels, autorijlessen en allerlei andere ingrepen ontwikkeld om met de gevaren om te gaan. Bestrijdingsmiddelen controleren we vooraf op toxiciteit, staan we alleen toe in specifieke omstandigheden en bovendien monitoren we of ze alsnog in het milieu terechtkomen en wat ze daar voor effecten hebben. Terechte zorgen over schade of nadelen, leiden tot aanpassingen, die uiteindelijk technologische innovaties doorgaans beter maken.

Nieuwe risico's zijn echter lastig: ze liggen achter de horizon van wat we uit beleidsperspectief of de wetenschap goed in beeld hebben. Bij nieuwe risico's hebben we typisch nog geen meetsystemen. Het is vaak nog niet eens helemaal duidelijk waar we op moeten gaan letten, of weten we eigenlijk überhaupt niet of er wel een probleem is. Moeten we bij een technologische innovatie als schaliegas bezorgd zijn om de kwaliteit van drinkwater? Of de aantasting van landschappen? Of valt dat met onze ondergrond juist wel mee? Toch wil de burger, en de vertegenwoordiging van die burger in de Kamer, dat er met zorg wordt omgegaan met mogelijke gevaren van dat soort innovaties. Dat betekent: dat een redelijke afweging wordt gemaakt tussen het faciliteren van innovaties die welzijn kunnen verhogen en het onder controle houden van zorgelijke effecten. Ondanks de grote onzekerheden, wordt er van een waakzame overheid wel een zinvolle afweging verwacht – liefst ook nog op een manier die consistent is voor uiteenlopende nieuwe risico's als die van drones, schaliegas, microplastics, zelfrijdende auto's, zoönose, medicijnen in oppervlaktewater, of nano-materialen ("consistent maatwerk").

In een mondige, complexe en hoogopgeleide samenleving, is dat een rol die de overheid niet meer alleen kan spelen. Burgers en hun organisaties, bedrijven, lokale overheden, waterschappen of andere actoren wijzen op mogelijke gevaren, hebben specialistische of mogelijke relevante lokale kennis en willen aandacht voor specifieke kwesties die vanuit hun positie van belang zijn. De consistente aanpak van nieuwe risico's die door het Ministerie van I&M is ontwikkeld in het rapport

[1] Ook veranderingen in het milieu die niet meteen tot technologische innovaties te herleiden zijn kunnen natuurlijk aanleiding geven tot nieuwe risico's, zoals vulkanische activiteit.

Rode Draden (Min I&M, 2014), legt dan ook veel nadruk op maatschappelijke participatie in het identificeren, beoordelen en omgaan met nieuwe risico's. (Overigens in een lange en zeer goed ontwikkelde Nederlandse traditie van beleid en onderzoek op het vlak van maatschappelijke omgang met risico's.) Wij werken op basis van *Rode Draden* en sluiten aan bij de dimensies van risico's die daarin zijn geformuleerd.



Figuur 1-1 De drie werelden uit *Rode Draden.*

Omdat specifiek *onzekerheden* zo'n grote rol spelen bij nieuwe risico's, kregen wij van het Ministerie van I&M de opdracht om een aanpak te ontwikkelen voor omgang met onzekerheden bij nieuwe risico's, gebaseerd op een afgewogen typologie van onzekerheden. Met zo'n typologie wordt het makkelijker om tenminste in kaart te brengen wat de beperkingen zijn van de kennis over nieuwe risico's en om wellicht ook aan te geven wat bij verschillende soorten onzekerheden aangewezen maatregelen zouden kunnen zijn. Het identificeren van specifieke vormen van onzekerheid sluit daarmee aan op specifieke handelingsperspectieven. Tevens is ons verzocht om deze aanpak te illustreren aan de hand van drie gevalstudies voor nieuwe risico's die momenteel actueel zijn in het beleidsveld van het Ministerie van I&M.

Wij hebben dit rapport gebaseerd op vier bronnen van informatie. Ten eerst maken wij een overzicht van de inzichten in onzekerheid bij wetenschaps-intensieve beleidskwesties. We putten daarbij uit de uitgebreide set aan beleidsrelevant onderzoek dat hierover in Nederland beschikbaar is (bv. De Vries, 2008; Halffman, De Vries, & Hoppe, 2008; Leroy & Hage, 2007; Sluijs & Schulte Fischedick, 1997; M. B. A. Van Asselt, 2000; M. B. A. Van Asselt et al., 2001; van der Sluijs et al., 2003; J.A. Wardekker, Van der Sluijs, Janssen, Kloprogge, & Petersen, 2008; WRR, 1994). Die adviezen en instrumenten zijn echter voornamelijk gericht om omgang met onzekerheden door deskundigen die beleidsmakers adviseren, bijvoorbeeld modelleurs in de planbureaus. Een advies over omgang met onzekerheden specifiek gericht op een beleidssetting vereist toch een wat andere aanpak.

Ten tweede putten we daarnaast ook uit de inzichten in de omgang met risico's uit sociaalwetenschappelijk onderzoek, met name beleidswetenschappen en wetenschapsonderzoek (bv. Barker & Peters, 1993; Douglas, 1992a; Douglas & Wildavsky, 1982; W. N. Dunn, 2008; Halffman, 2003; Hood, 1998; Hoppe, 2010; Jasanoff, 1995, 2005; Rayner, 1992; Thompson, Ellis, & Wildavsky, 1990; Wynne, 1992; Yearley, 1989). In deze literatuur wordt gewezen op de complexiteit en

ambiguïteit die verborgen gaat onder schijnbaar eenvoudige begrippen als ‘risico’. Verborgen misverstanden en tegenstellingen kunnen daardoor aan de basis liggen van uiterst lastige en slepende controverses, zoals bijvoorbeeld bij genetisch gemodificeerde organismen. Deze literatuur is uitgebreid en niet altijd even toegankelijk en we zullen ons dan ook moeten beperken tot enkele van de meest pertinente inzichten.

Ten derde hebben we een uitgebreid literatuuronderzoek verricht naar de zeer vele beschikbare typologieën van onzekerheden en risico’s (het onderscheid wordt niet altijd helder gemaakt), dwars doorheen alle disciplines heen. De literatuur varieert van typologieën voor modelleurs in *operations research* met sterke ingenieurs-inslag, tot sociaalwetenschappelijke indelingen, met daarin doorgaans wel een sterke vertegenwoordiging van kwesties die met milieu te maken hebben. (Meer detail in hoofdstuk 3). Het rapport maakt daarmee ook gebruik van de moeilijke, maar noodzakelijke dialoog tussen bèta-onderzoek naar onzekerheden en sociaalwetenschappelijk onderzoek, vertegenwoordigd in de beide auteurs.

Ten vierde hebben we gesproken met dossierhouders van nieuwe risico’s en bij risicobeleid betrokken ambtenaren van I&M. We hebben onze eerste bevindingen voorgelegd tijdens een kleine workshop als try-out van onze benadering, maar we hebben ook een informeel interview gehouden met vier dossierhouders om te kijken hoe onze benadering in de praktijk zou kunnen werken.

Het rapport begint bij een (bijtijds wat abstractere) analyse van de aard van onzekerheid in de context van (omgevings)beleid in hoofdstuk 2, inbegrepen een nadere omschrijving van het begrip in contrast met ‘risico’. Het hoofdstuk is sterk gebaseerd op sociaalwetenschappelijke inzichten naar de aard van onzekerheid en het praktisch functioneren van het begrip onzekerheid. Hoofdstuk 3 presenteert de resultaten van een literatuuranalyse die uitmondt in een typologie voor onzekerheid, een aanwijzing voor typologieën voor risico’s en tot slot een instrument voor het karteren van problemen. Deze inzichten en elementen worden samengevoegd tot een stappenplan voor omgang met onzekerheden in hoofdstuk 4. Daarin is ook aandacht voor strategieën voor omgang met onzekerheden en voor een prioritering van onzekerheden die aandacht behoeven. Hoofdstuk 5 presenteert de aanpak geïllustreerd aan de hand van de drie geselecteerde nieuwe risico’s. Na overleg met de opdrachtgever en in aansluiting op onze eigen expertise, hebben we gekozen voor drie cases om onze aanpak te illustreren: microplastics in oppervlaktewater, medicijnen in oppervlaktewater en schaliegas. Behalve met conclusies en een Engels samenvatting, sluiten we ook af met een overzicht van hoe we de literatuur hebben geselecteerd in de bijlage.

2. De aard van onzekerheid

2.1. Wat is onzekerheid?

2.1.1. De begrippen onzekerheid en risico

Onzekerheid is een lastig begrip. Eigenlijk is onzekerheid negatief gedefinieerd: onzeker is alles wat we niet (zeker) weten – of zeker *menen* te weten. Onzekerheid is niet-kennis, 'al de rest'. We weten bijvoorbeeld vrij precies hoe blootstelling aan radioactief jodium tot mutaties kan leiden. We zijn echter veel minder zeker over of en wanneer blootstelling zich zal voordoen als gevolg van een ongeluk van de omvang van Chernobyl of Fukushima en erg onzeker over welke individuen dan zullen worden blootgesteld.

Onvoorspelbare omstandigheden als oorlog of natuurrampen en toevallig aanwezige mensen maken dat exacte voorspellingen erg lastig zijn, zeker voor een verre toekomst. Onzekerheid impliceert dus ook een idee van wat we met *voldoende* zekerheid menen te weten. 'Voldoende' hangt daarbij af van de omstandigheden: bijvoorbeeld praktische overwegingen of gemaakte afspraken. Als we bijvoorbeeld willen weten hoe warm het wordt vandaag om onze kledingkeuze te bepalen, speelt een halve graad verschil geen rol. Zo kunnen we ook afspreken dat we bij de beoordeling van kernrisico's uitgaan van Europese vrede.

Zekerheid is doorgaans duur, want zekerheid vereist onderzoek of het verzamelen van informatie. Wat voldoende zeker is, hangt dus ook af van wat er op het spel staat. Als onze kinderen op het spel staan, willen we meer zekerheid over mogelijke gevaren. Als we gevaren van chemische stoffen beoordelen die slechts op heel kleine schaal worden geproduceerd, bijvoorbeeld voor laboratoria, dan is er minder aanleiding om heel precies uit te zoeken wat er met deze stoffen zou kunnen gebeuren in het huishouden. Dat betekent niet dat een dergelijke stof niet gevaarlijk zou kunnen zijn, maar omdat massale blootstelling zeer onwaarschijnlijk is, vinden we meer onzekerheid over mogelijke toxische effecten aanvaardbaar.

We kunnen nu dus ook de begrippen *onzekerheid* en *risico* wat preciezer van elkaar onderscheiden (ook al treden er later wat complicaties op in de details en de kleine lettertjes: het onderscheid is niet zonder enige interpretatieruimte). Een *risico* is gedefinieerd op de kans dat schade zich voordoet bij een bepaalde groep en in een bepaald domein, maal de omvang van de schade. Zo kunnen we het hebben over de gezondheidsrisico's van roken voor rokers, bijvoorbeeld in termen van verminderde gezonde levensjaren. Bij risico's is er strikt genomen dus redelijke *zekerheid* over de omvang en kans op schade of een gevaar.[2]

Hier is meteen van belang voor wie onzekerheden spelen. Als je op nationaal niveau risico's moet beheersen, kun je een kwantitatief risico (bv een kans van 1 op de miljoen op een ongeval met 1 dode) als "zeker" beschouwen. Als burger zou je echter graag willen weten of jij die éne bent die getroffen gaat worden, en dat is dus "onzeker". Het perspectief van waaruit je het risico beschouwt is dus bepalend voor de vraag of je het als zeker of onzeker bestempelt.

Als er grote onzekerheid is in de bepaling van een risico, dan weten we bijvoorbeeld niet precies wat of hoe groot het gevaar zou kunnen zijn, of we weten niet precies voor wie het gevaar zich stelt (of binnen welke termijn), of we weten niet hoe groot de kans is dat het gevaar zich zal voordoen.

[2] In de literatuur wordt het onderscheid tussen risico en onzekerheid niet door alle auteurs zo scherp getrokken. Sommige auteurs (bv Stirling & Gee) zien de begrippen onzekerheid en risico als synoniemen. Bij de groep die wel een onderscheid maakt tussen onzekerheid en risico's, zien we weer twee subgroepen: een groep die spreekt van "zekere risico's" als de kans en de omvang van de effecten in kwantitatieve termen bekend zijn (bv Damocles risico's van Renn & Klinke); en een groep die vindt dat risico's per definitie onzeker zijn (omdat ze immers een kans-element bevatten).

We hebben dan te maken met een risico dat we (nog) niet kunnen 'uitrekenen', of preciezer: niet kunnen kwantificeren. Zo zijn we nog te weinig vertrouwd met *drones* om al veel te kunnen zeggen over of en welke gevaren ze zullen opleveren, bijvoorbeeld voor economische verhoudingen, laat staan hoe groot die gevaren mogelijk zouden kunnen zijn. Misschien zijn *drones* wel helemaal niet gevaarlijk, behalve dan voor luchtverkeer en wellicht privacy. De vraag: "Wat zijn de risico's van *drones*?" is dus eigenlijk niet precies te beantwoorden, omdat die veronderstelt dat we precies weten wat gevaren zijn, voor wie die zich voordoen en hoe groot de kans is dat ze zich voordoen.

Strikt genomen is het woord 'risico' misleidend in gevallen waar mogelijk gevaar of schade niet zijn omlijnd, of waar de kans daarop niet is bepaald. Dat suggereert namelijk een afgelijnde, kwantificeerbare kwestie, waar die er niet is. Ook als er wel een gekwantificeerd risico is, kan dat nog misleidend zijn, bijvoorbeeld omdat niet alle schade in de formule past. Zo kan 'het' risico van autoverkeer in termen van ongelukken of overlijdensrisico afleiden van de landschapsschade van de wegen die nodig zijn voor dat autoverkeer.

Technisch gezien, spreken we bij grote onzekerheden over aard en omvang van schade beter over *gevaren* dan over *risico's*, omdat het woord gevaar niet suggereert dat er een duidelijk afgelijnde schade is met een vastgestelde kans daarop. Het woord 'risico' wordt in het dagelijkse taalgebruik echter dermate gelijk gesteld aan gevaar, dat het onbegonnen werk zou zijn om het overal te zuiveren en waar nodig te vervangen door 'onzekerheid' of 'gevaar'. Voor een meer specialistisch begrip en een precieze analyse is het echter van belang om de veronderstellingen van het begrip *risico* voor ogen te houden.

Een verdere complicatie vloeit voort uit het begrip 'schade'. Een risico klinkt als een objectief en hard gegeven, een feitelijke vaststelling, uitgedrukt in een cijfer. Schade is echter ook een normatief begrip, gebaseerd op een oordeel van wat waardevol is en wat niet. Bij sommige vormen van schade zijn we het eens over de ernst, bijvoorbeeld als er levens op het spel staan, of als er materiële schade is aan eigendom. Maar hoe ernstig is landschapsschade? Hoe ernstig is landschapsschade in vergelijking met verhoogde waterveiligheid? Wanneer is een ingreep in een landschap schadelijk en wanneer juist mooi of bevorderlijk? Om risico's uit te drukken en vergelijkbaar te maken, wordt schade doorgaans vertaald naar een gemeenschappelijke eenheid, zoals verloren levensjaren of financiële schade, maar het zal duidelijk zijn dat een dergelijke waardering lang niet altijd even makkelijk is en in sommige gevallen (zoals grote ruimtelijke projecten) tot fikse controverses kan leiden. Schade als auto-ongelukken, lichamelijk letsel of waardeverlies van een beursaandeel past daarom beter in het begrip risico, dan esthetische schade, maatschappelijke ontwrichting, of onrechtvaardigheid.

Risico is dus een *benadering*, één manier om gevaren te hanteren. Door gevaren uit te drukken in risico's, kunnen we proberen om gevaren vergelijkbaar te maken zodat we prioriteiten voor beleid kunnen stellen. Door gevaren in risico's uit te drukken, kunnen we verzekeringen afsluiten en schadeclaims hanteerbaar maken. We kunnen risico's als burger ook hanteren om van de overheid aandacht te eisen voor gevaren die te weinig aandacht krijgen, zoals veronachtzaamd overstromingsgevaar in een bepaald gebied of een lokaal te hoge dreiging van chemische transporten of verkeersongelukken. Omdat we met risico's beoordelen wanneer inzet van mogelijk dure maatregelen vereist is, moet daarover dan proportioneel voldoende zekerheid zijn – waarbij 'proportioneel' niet voor alle partijen hetzelfde hoeft te zijn. 'Risico' suggereert echter dat er voldoende zekerheid is over wat als gevaar geldt, over hoe gevaren gewaardeerd moeten worden, over hoe groot de kansen zijn dat die gevaren zich voordoen, voor wie en wanneer deze kansen gelden, en impliciet ook over verantwoordelijkheden voor deze gevaren.

2.1.2. De perceptie van onzekerheid

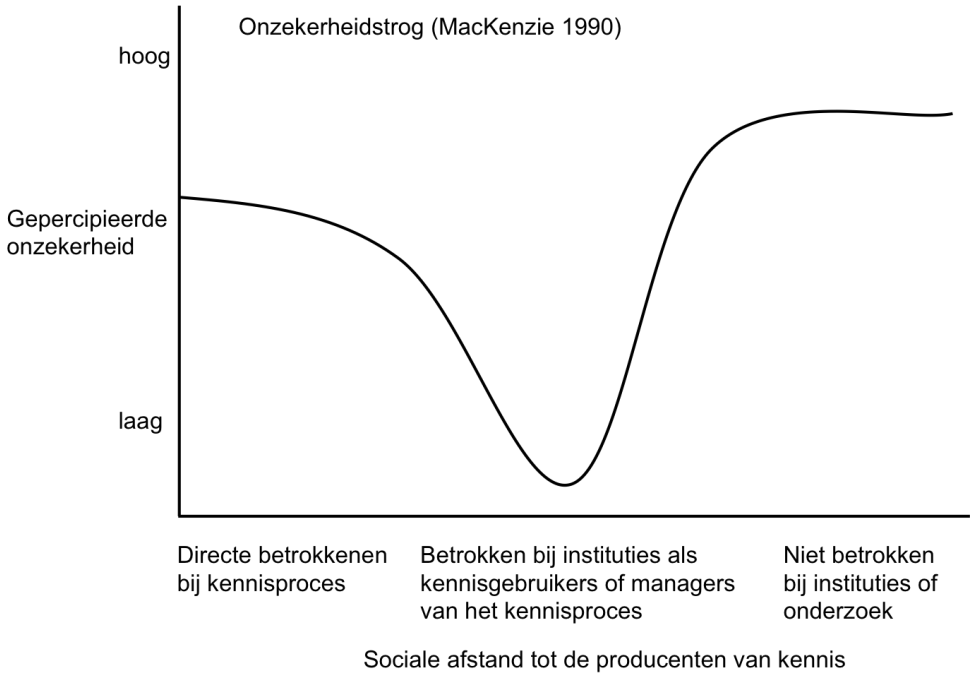
De tegenstelling tussen 'objectieve' en 'subjectieve' risico's kan door al deze complicaties ernstig misleidend zijn. Doorgaans spreekt men van *objectieve* risico's bij gevaren die we vrij precies kunnen

uitrekenen, terwijl subjectieve risico's gaan om perceptie van de kans dat die gevaren zich voordoen. Nu weten we dat mensen allerlei vertekeningen hebben van reële risico's. We voelen ons bijvoorbeeld veiliger omdat we zelf aan het stuur zitten dan wanneer we ons leven toevertrouwen aan het vliegverkeer, terwijl de kans dat ons iets ernstigs overkomt veel kleiner is in een vliegtuig dan in en auto. Als onze perceptie van risico's accuraat was, zou er ook niemand meer meedoen aan loterijen – behalve dan mensen die het een grappige activiteit vinden. 'Objectief' gezien, als het alleen maar om het geld zou gaan, kan je immers beter sparen dan loten kopen. Er zou waarschijnlijk ook niemand meer roken. Op allerlei manieren legt onze perceptie ons echter in de luren – als we even accepteren dat er een eenduidig criterium voor winnen en verliezen aan de orde is. Dat is bijvoorbeeld uitgebreid aangetoond in psychologisch onderzoek naar hoe we beslissingen nemen.

Dat mensen risico's anders percipiëren dan ze eigenlijk zijn, staat zonder meer buiten kijf, maar de voorbeelden die hierbij doorgaans worden gebruikt, zijn voorbeelden waarbij doorgaans het oordeel over de aard van schade buiten kijf staat: overlijden in een ongeluk, financieel verlies. Bij 'het risico op landschapsschade' bijvoorbeeld is het gevaar lang niet zo duidelijk afgebakend. Ook bij maatschappelijke schade hangt het er maar van af wat je het beschermen waard vindt en hoe je dat waardeert. De Amish hebben bijvoorbeeld een heel ander idee over maatschappelijke schade van technologie dan hoogtechnologische Amerikanen. Maar kunnen we ook stellen dat de hoogtechnologische Amerikanen 'objectief' zijn in hun waardering van maatschappelijke gevolgen van technologie, objectiever dan de Amish?

Het subjectieve element in onzekerheid strekt zich ook uit naar hoe de brenger van kennis wordt ingeschat. Voor veel kennis van gevaren zijn we als burgers aangewezen op wetenschappers en deskundigen die beschikken over meetapparatuur, de kennis om gegevens te interpreteren, toegang hebben tot de wetenschappelijk literatuur in hun vakgebied en die ook kunnen beoordelen. Voor niet-specialisten, zelfs wetenschappers uit ander vakgebieden, zijn de technische details moeilijk naar waarde te schatten. We zijn daarom al gauw aangewezen op secundaire indicaties van kwaliteit: de reputatie van een adviesorgaan, het peer review systeem, indicaties van belangeloosheid en onafhankelijkheid. Zo kan het best zijn dat uiterst solide en betrouwbare kennis toch als twijfelachtig en onzeker wordt beschouwd in het beleidsveld, bijvoorbeeld omdat er reden is om te twijfelen aan de integriteit van de boodschapper. Dat hoeft niet noodzakelijk de vorm aan te nemen van botte corruptie of belangenverstrengeling. Zo kan de integriteit van deskundigen bijvoorbeeld ook beschadigd raken doordat ze in het verleden met al te veel stelligheid hebben geprobeerd om burgers gerust te stellen (zoals in het Verenigd Koninkrijk gebeurde met BSE of de 'gekke koeienziekte') of door de manier waarop de media een voortschrijdend inzicht interpreteren (zoals in Nederland gebeurde met HPV vaccinaties). Vooral burgers die argwanend staan tegenover de overheid of officiële instanties zijn niet snel te overtuigen met nog meer informatie uit dezelfde bron. Emoties als argwaan of het gevoel buitengesloten te zijn kunnen dus de perceptie van onzekerheid flink versterken.

Voor technologische systemen, levert de perceptie van betrouwbaarheid een merkwaardig fenomeen op: de onzekerheidstrog. Dit fenomeen werd aanvankelijk gesignaleerd in de beoordeling van ballistische raketten, maar is inmiddels ook vastgesteld ten aanzien van het vertrouwen van het functioneren van andere technologische systemen. De ingenieurs die aan deze raketten hadden ontworpen, beseften hoe complex deze systemen waren en wat er allemaal mis kon gaan. Zij schatten de onzekerheid van deze systemen dus relatief hoog in. De verkopers van deze systemen hadden echter de neiging om de zekerheid te overschatten en wisten daarvan ook generaals en ministers te overtuigen, die de betrouwbaarheid nog eens benadrukten om de aankoop van dergelijk dure systemen te rechtvaardigen. Niet noodzakelijk omdat ze bewust feiten verdraaiden, maar ook omdat ze gewoonweg geen inzage hadden in de technische complexiteiten. Burgers op grotere afstand tot de besluitvorming hadden dan juist weer de neiging om achterdochtig te zijn en om de onzekerheid hoger in te schatten (MacKenzie, 1990).



Figuur 2-1 De onzekerheidstrog van MacKenzie.

Ook bij wetenschappelijke kennis bestaat de neiging om door processen van vereenvoudiging de onzekerheid te minimaliseren. Waar voor de onderzoeker in het laboratorium nog de mitsen en maren, de specifieke condities en omstandigheden nog duidelijk zijn, zijn die doorgaans al niet meer zo gedetailleerd weergegeven in de geobjectiveerde wetenschappelijke publicatie (Knorr-Cetina, 1981) en wordt onzekerheid verder weggepoetst in publicaties voor een breder wetenschappelijk publiek, naar handboeken en uiteindelijk naar populariserende publicaties (Bucchi, 1998).

Dat brengt ons bij de meest merkwaardige paradox van onzekerheid. Men kan weliswaar betogen dat meer (wetenschappelijke) kennis leidt tot een steeds beter beeld van de werkelijkheid, volgens een zogenaamd 'realistische' wetenschapsfilosofie. In de beleidswereld, echter, gaat het om kennis zoals die wordt waargenomen door betrokken actoren in het licht van bijvoorbeeld beslissingen die moeten worden genomen. Zo kan het zijn dat aanvullend onderzoek een beslissing onderuit haalt die tot voor kort nog erg *zeker* leek. Wellicht wordt het beeld van de werkelijkheid daardoor beter (meer zekerheid), maar voor praktische doeleinden in de beleidsvorming is de onzekerheid juist toegenomen.

Bij beleidskwesties die controversieel zijn, bijvoorbeeld omdat er veel op het spel staat, proberen actoren doorgaans kennis in te zetten om hun visie of standpunt kracht bij te zetten of om de positie van de tegenstander te betwijfelen. Burgers huren bijvoorbeeld deskundigen in om een analyse van de overheid nog eens na te rekenen, of bedrijven dragen experimentele resultaten aan om een uitzondering op regelgeving te bedingen. Zeker bij controverses waarbij het probleem slecht is gedefinieerd, kan het met nieuwe kennis mogelijk zijn om steeds nieuwe complicaties aan te dragen: indirecte milieu-effecten, lange-termijn effect, of effecten op steeds grotere afstand. Daarmee treedt een tegen-intuïtief verschijnsel op: meer kennis leidt dan niet tot meer (ervaren) zekerheid, maar juist tot een perceptie van meer onzekerheid. In het ergste geval, kunnen actoren daarvan zelfs misbruik

maken om systematisch beleid te ondermijnen met steeds weer nieuwe kennis die twijfel zaait, zoals dat het geval was in het Amerikaanse klimaatbeleid (Oreskes & Conway, 2010).
Strategische inzet van onzekerheden kan van uiteenlopende aard zijn, bijvoorbeeld:

- "de meetmethode is niet volgens de standaard"
- "de metingen zijn niet competent uitgevoerd"
- "wij hebben andere metingen"
- "jullie hebben niet naar effect X gekeken"
- "jullie nemen aan dat een relatie lineair is, maar dat is niet zo"
- "wij vertrouwen deze resultaten niet, want de onderzoeker is niet onafhankelijk"

Hoe groter de belangen en hoe middelen actoren ter beschikking hebben, hoe groter het gevaar dat dit verschijnsel zich voordoet. Deze processen kunnen destructief zijn, maar het is ook begrijpelijk dat actoren meer zekerheid verlangen in gevallen waar veel op het spel staat. In controveriële omstandigheden zal daarom extra veel zekerheid nodig zijn (door betere communicatie van onderzoek, of door meer onderzoek) en ook extra veel aandacht aan het creëren van vertrouwde bronnen van kennis (neutrale of gebalanceerde deskundige instanties).

2.1.3. Onzekerheid bij nieuwe risico's

Zorgen om nieuwe risico's als vervuiling door microplastics, zoönose, of in verband met zelfrijdende auto's, komen op de beleidsagenda naar aanleiding van onrust of zorg, vaak naar aanleiding van incidenten of media-aandacht. Kennis over gevaren is typisch nog fragmentair. Het is vaak ook nog niet helemaal duidelijk wat mogelijke gevolgen kunnen zijn en al helemaal niet hoe groot die zijn of hoe groot de kans is dat ze zich voordoen. Doordat gevolgen niet helemaal duidelijk zijn, is vaak ook niet helder welke actoren betrokken zijn bij het mogelijke probleem, of bij mogelijke oplossingen ervan. Bijvoorbeeld: zijn vissers relevante actoren bij microplastics? Misschien wel, als zou blijken dat er zorg is over de kwaliteit van vis, maar dat zou pas het geval zijn als die gevolgen beter in kaart zijn gebracht. Bij nieuwe risico's zijn dus typisch grote onzekerheden aanwezig van uiteenlopende aard: over de afbakening van het probleem, betrokkenen, kennis van de omvang van effecten, van kansen, van de complexiteit van het probleem.

Bij 'oude' risico's bestaan typisch al uitgekristalliseerde beoordelingssystemen, meetsystemen die in de loop van de tijd zijn gevalideerd en er is ervaring opgedaan met beoordelingen. Zo hebben we redelijk in beeld hoe de gevaren van bestrijdingsmiddelen gehanteerd kunnen worden. Deze gevaren zijn risico's geworden. Zelfs dan bestaat nog steeds de kans dat plots nieuwe onzekerheden opduiken, bijvoorbeeld op basis van kennis uit niet-traditionele hoek, zoals een populatie-onderzoek naar vogels in plaats van de gestandaardiseerde toxiciteitsproeven en beoordelingsmodellen, zoals dat het geval was bij het bijna-uitsterven van Indiase gieren door diclofenac. Maar over het algemeen zijn de dimensies van de gevaren toch redelijk in beeld, mede omdat er al decennia is geïnvesteerd in het ontwikkelen van kennis over gevaren van bestrijdingsmiddelen.

Bij nieuwe risico's is kennis niet noodzakelijk afwezig, maar vaak fragmentair. Sommige onderdelen van de puzzel zijn bijzonder duidelijk, terwijl we van andere onderdelen niet eens weten dat ze er zijn. Zo weten we na een halve eeuw plastic een heleboel over de eigenschappen van polymeren, maar is het gedrag van deze welbekende stoffen als micro-afval nog veel minder duidelijk. Tot vrij recent hadden we niet eens in beeld dat micro-plastic op mogelijk problematische manier aanwezig was in oppervlaktewater. De gedetailleerde en precieze kennis van enkele stukken van de puzzel kan daardoor een schijnzekerheid bieden: het lijkt alsof we heel precieze kennis hebben, maar precisie is geen volledigheid.

Tegelijk zijn er bij nieuwe risico's al wel actoren die stelling innemen, soms zelfs met vrij heftige emoties. Zo riepen documentaires over schaliegas uit de Verenigde staten grote maatschappelijke onrust op met bijvoorbeeld sensationele beelden van brandend kraanwater. Er is dan

nauwelijks tijd om onzekerheden rustig af te wegen, als sommige actoren al meteen drastische maatregelen eisen.

Meer nog dan bij 'oude', vertrouwde risico's, is het dus van belang om bij het ontwikkelen van een beleidsstrategie voor nieuwe risico's rekening te houden met de aanwezige onzekerheden. Dat vereist enige extra inspanning om verschillende soorten onzekerheden in kaart te brengen en om tot stappen te komen terwijl nog niet alle dimensies van het probleem helemaal in beeld zijn. Daarvoor is het van belang om enkele meer fundamentele complicaties van omgang met onzekerheden goed in beeld te krijgen. Die komen in de volgende paragrafen aan de orde.

2.2. Grondhoudingen over onzekerheid

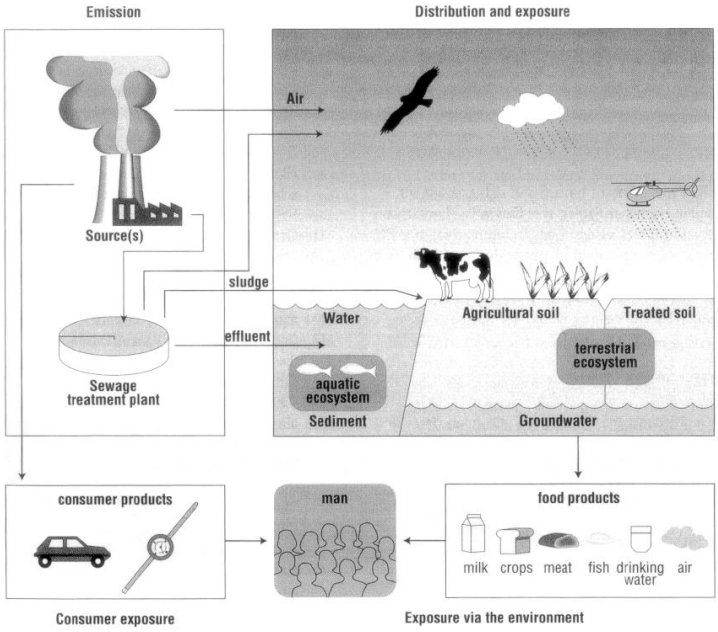
Men zou wellicht graag willen dat onzekerheid tijdelijk is, iets dat op termijn valt uit te rekenen, te vatten in modellen, of in ieder geval binnen de perken kan worden gehouden. Sociaalwetenschappelijk onderzoek laat echter zien dat dit slechts een specifieke opvatting is over onzekerheden, typerend voor hiërarchische organisaties zoals overheden. Dat is het meest helder weergegeven in de zogenaamde 'culturele theorie', een specifieke theoretische benadering gebaseerd op het antropologische werk van Mary Douglas (Douglas, 1978, 1992b; Douglas & Wildavsky, 1982; Thompson et al., 1990). Deze benadering is onder andere gebruikt in beleidswetenschappen (bv. Hood, 1998) en ook eerder gesignaleerd in Nederlands beleidsadvies (bv. Rotmans & Vries, 1997; WRR, 1994). Culturele theorie laat zien dat verschillende opvattingen over de stabiliteit van de natuur en de wereld naast elkaar bestaan, elkaar binnen een samenleving bekritiseren en niet tot fundamentele overrenstemming komen. Fundamentele veronderstellingen over onzekerheid zijn daarbij cruciaal.

In de klassieke versie, werkt culturele theorie met vier verschillende perspectieven ('biases' – letterlijk vooroordelen): het hiërarchische, egalitaire, individualistische en fatalistische perspectief.[3] Het **hiërarchische perspectief** is geassocieerd met sociale verbanden die hiërarchisch zijn georganiseerd en met helder gedefinieerd lidmaatschap, zoals bij klassieke bureaucratische organisaties. In het hiërarchische perspectief, is de wereld weliswaar chaotisch en onvoorspelbaar, maar is deze onvoorspelbaarheid altijd wel onder controle te krijgen, als er maar genoeg kennis is. Als het bijvoorbeeld gaat om de gevaren van verdachte chemische stof X, dan zal het hiërarchische perspectief erkennen dat X allerlei complexe gevolgen kan hebben in de wereld: misschien zijn er toxische effecten voor mensen, voor aquatische organismen, of treden er fysieke veranderingen op in de atmosfeer. Het is meteen typerend voor de hiërarchische benadering om dat soort indelingen te maken. Onzekerheid over mogelijke gevaren kan worden ingedeeld in compartimenten en classificaties. Binnen elk van deze compartimenten kan dan voor zover mogelijk worden uitgezocht hoe groot de gevaren zijn en de onzekerheid worden *gereduceerd*. Als dat onvoldoende mogelijk blijkt, leidt dat typisch tot meer onderzoek en verfijning van de classificatie (bv. humaan toxisch wordt opgesplitst in toxiciteit voor specifieke organen of processen: genotoxisch, teratogeen, immunotoxisch,…).

Deze benadering erkent dat er mogelijk gevaren zijn, maar stelt dat deze gevaren beheersbaar zijn, als we genoeg kennis hebben over de tolerantiegrenzen van mens en milieu. De benadering sluit daarmee aan bij regulerende beleidsinstrumenten, zoals in het toelatingsbeleid voor stoffen: stof X mag in het milieu terecht komen, als het maar niet meer is dan een bepaalde concentratie of hoeveelheid. Het is daarmee een typisch perspectief voor een regulerende overheid, die typisch steunt zoekt in een uitgebreid technisch-wetenschappelijk adviessysteem.

[3] De namen variëren nog wel eens per auteur en bovendien werken sommige analyses met vijf of juist maar drie, of zelfs twee perspectieven. De auteurs benadrukken dat het gaat om het laten zien van het bestaan van variatie in grondhoudingen, eerder dan het classificeren van die variatie. De namen verwijzen naar verschillende typen van sociale verbanden die deze grondhoudingen aanhangen.

We kunnen deze benadering mooi illustreren aan de hand van het model dat vanaf midden jaren negentig centraal stond in het Nederlandse stoffenbeleid: USES, of het “Uniform System for the Evaluation of Substances” (Jager & Visser, 1994), later doorontwikkeld naar een Europees model, EUSES. Hierin werd bepaald hoe stof X tussen de verschillende compartimenten zou migreren en hoe de stof zich zou gedragen gelet op enkele cruciale nadelige effecten. Onzekerheid en onvoorspelbaarheid van deze effecten werd gecompenseerd door veiligheidsfactoren, bijvoorbeeld om de extrapolatie van toxische effecten voor één soort organisme naar andere soorten organismen te ondervangen (Figuur 2-2). Een ander typerend voorbeeld is de leidraad voor omgaan met onzekerheden, ontwikkeld bij het planbureau voor de leefomgeving met overheidsadvisering voor ogen, die tevens de nadruk legt op het hanteerbaar maken van onzekerheden door categorisering



Figuur 2-2 Het USES model compartmentaliseert onzekerheden (Jager & Visser, 1994).

ONZEKERHEIDS-MATRIX			Onzekerheidsgraad *(van zeker weten, via waarschijnlijk en mogelijk naar niet-weten)*			Onzekerheidsaard		Kwalificatie kennisbasis (onderbouwing)			Waarden-geladenheid van keuzes		
Locatie ↓			Statistische onzekerheid (range+kans)	Scenario-onzekerheid (range als 'what-if' optie)	Erkende onwetend-heid	Kennis-gerelateerde onzekerheid	Variabiliteit-gerelateerde onzekerheid	Zwak –	Redelijk 0	Sterk +	Gering –	Midden 0	Groot +
Context		Ecologische, Technologische, economische, sociale en politieke representatie											
Expert-beschouwing		Narratives; storylines; adviezen											
Model	Model-structuur	Relaties											
	Technisch model	Software & hardware-implementatie											
	Model-parameters												
	Model inputs	Input data; driving forces; input scenarios											
Data (in algem. zin)		Metingen; monitoring data; survey data											
Outputs		Indicatoren; uitspraken											

Figuur 2-3 Leidraad omgaan met onzekerheden: categoriseren van onzekerheden (Mathijssen, Petersen, Besseling, Rahman, & Don, 2007).

Het is belangrijk om te benadrukken dat voor de culturele theorie deze benadering niet *fout* is – zij is enkel *specifiek*: andere perspectieven zullen haar veronderstellingen niet delen. De feiten en observaties uit deze benadering kunnen volstrekt correct zijn, maar andere perspectieven zullen er andere feiten en observaties tegenover stellen. We kunnen dat best laten zien door aan te geven hoe andere perspectieven op deze hiërarchische benadering reageren.

Het **egalitaire perspectief** komt doorgaans voor bij sociale verbanden met een sterk 'wij-gevoel', maar waarbinnen geen vaste hiërarchische verhoudingen zijn, zoals bij prille sociale bewegingen. Het label 'egalitair' verwijst dus naar de overtuiging dat iedereen gelijk is binnen de groep. Dit perspectief is argwanend over de voorspelbaarheid van de wereld die voorop staat in het hiërarchisch perspectief. Voor de egalitaristen is de poging van de hiërarchisten om de nadelige gevolgen van stof X vooraf in kaart te brengen eigenlijk een illusie. Stof X voldoet misschien aan alle normen in de compartimenten van het hiërarchische model van de wereld, maar de egalitaristen vinden dat dit model een te radicale vereenvoudiging is van inherent complexe werkelijkheid. Voor egalitaristen zijn in werkelijkheid de interacties complexer, zijn er non-lineariteiten, 'tipping points', chaotische en onvoorspelbare gevolgen, onverwacht gedrag van mensen. We kennen dit type argumenten bijvoorbeeld uit het klimaatdebat, waar een egalitair perspectief bijvoorbeeld wijst op de mogelijk dramatische effecten van een smeltende permafrost door het vrijkomen van grote hoeveelheden methaan. Een ander mooi voorbeeld is een campagne van een grote milieuorganisatie die wees op een onvoorziene blootstelling aan mogelijk hormoon-verstorende effecten van ftalaten (weekmakers in plastics) die vanwege het enigszins taboe karakter niet was opgenomen in de officiële modellen, namelijk menselijke blootstelling via seksspeeltjes. Waar dit voor een hiërarchische perspectief aanleiding is om met aanvullende kennis bijvoorbeeld regulering te verfijnen, zijn er voor het egalitaire perspectief steeds weer andere, onvoorziene gevolgen, die nooit echt allemaal zijn te overzien. In een egalitair perspectief is verfijning van maatregelen voor elke eventualiteit eigenlijk een hopeloze opgave.

Voor het egalitaire perspectief is de wereld niet alleen onvoorspelbaar, maar vooral ook kwetsbaar. In dit perspectief is maar heel weinig nodig om natuurlijke balansen te verstoren, om het evenwicht te verbreken en daarmee onherstelbare schade aan te richten. Als stof X een hormonaal effect heeft, kan zelfs een uiterst lage concentratie nare lichamelijke gevolgen hebben. De egalitarist

ziet dramatische gevolgen als de Golfstroom zou omslaan, of wijst op de onherstelbaarheid van een uitgestorven diersoort. Een combinatie van onvoorspelbaarheid en mogelijk catastrofale gevolgen, brengt de egalitarist tot een uiterst voorzichtige houding.

Waar het hiërarchisch perspectief een oplossing zoekt in regulering en grenswaarden, heeft het egalitaire perspectief een voorkeur voor preventie en zorgvuldige monitoring. Aangezien de wereld wankel en kwetsbaar is, moeten verstoringen bij voorkeur zoveel mogelijk worden voorkomen. Voor de egalitair is het daarom beter om ons eerst maar eens af te vragen of we stof X wel nodig hebben. Misschien is het wel beter als deze stof helemaal niet in de wereld wordt verspreid. Als het dan toch zover komt, is de hiërarchische normstelling vanuit dit perspectief een gevaarlijke illusie: het is niet omdat X aan de norm voldoet, dat de wereld veilig is. De egalitarist wil dat we nauwlettend blijven kijken naar wat stof X in de wereld doet en ziet in elk onvoorspeld effect een reden om te twijfelen aan de normstelling. Waar het hiërarchisch perspectief gevaren probeert te controleren door onzekerheid in kaart te brengen, zal de egalitarist onvermijdelijke onzekerheid zien als een reden om gevaar zoveel mogelijk uit te bannen.

In het **individualistisch perspectief** wordt onzekerheid veel positiever gewaardeerd. Onzekerheid nodigt uit tot initiatief en vernieuwing. Individualisten hebben groot vertrouwen in het creatieve vermogen van mens en natuur om zich aan te passen aan nieuwe omstandigheden. Dit perspectief deelt de twijfel over de mogelijkheid tot controle en beheersing, maar vindt het egalitaire perspectief veel te pessimistisch en behoudend. Waar egalitaristen catastrofale bedreigingen vrezen van klimaatverandering, zien individualisten nieuwe kansen voor het verbouwen van gewassen in andere klimaatzones, nieuwe scheepsroutes langs het pakijs, of nieuwe mogelijkheden voor oliewinning. Waar egalitaristen verandering vrezen als een mogelijk catastrofale verstoring van een wankel evenwicht, omarmen individualisten verandering als een bron van vernieuwing en verbetering.

Dat deze nieuwe mogelijkheden nieuwe complicaties meebrengen, is ook voor de individualisten evident, maar zij verwachten dat daarvoor in de toekomst ook nieuwe oplossingen voor zullen worden gevonden. Individualisten gaan daarmee uit van groot technologisch optimisme en vinden dat andere perspectieven daarvoor te weinig oog hebben. Het is daarom voor individualisten niet nodig om onzekerheden nauwgezet in kaart te brengen, want eventuele problemen worden in de toekomst aangepakt door middel van verdere vernieuwingen. Individualisten wijzen er dan op dat al te krachtige pogingen om gevaren te beheersen of te weren, verdere vernieuwingen steeds moeilijker kunnen maken.

Het individualistisch perspectief is eerder geneigd om onzekerheden uit te proberen: breng stof X eerst maar eens in de wereld en als zich dan problemen voordoen, dan kunnen we daarvoor alsnog een oplossing verzinnen. Eerder dan strak en voor altijd reguleren, is men hier voorstander van gefaseerd optreden, experimenteren en uitproberen.

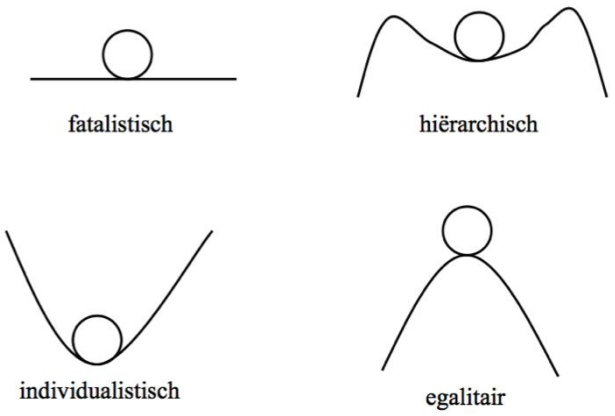
Het vierde perspectief is het **fatalistische perspectief.** In dit perspectief is de wereld fundamenteel onvoorspelbaar en zijn ook de pogingen van om onzekerheid scherp te krijgen eigenlijk onzinnig. De fatalist stelt dat het eigenlijk onmogelijk is om iets over klimaatverandering te zeggen: het kan vriezen en het kan dooien. Wat stof X in de wereld gaat doen, valt niet te zeggen, maar de pogingen van de andere perspectieven om dat te voorspellen en dat onder controle te krijgen, zijn voor de fatalist zinloos en mogelijk zelfs verdacht. Uiteindelijk is onzekerheid een '*fact of life*' en het is maar het beste om daarmee te leren leven.

Fatalisten zoeken dus eigen oplossingen, voor zichzelf of in eigen kring, waarmee ze verder kunnen ook onder slechte omstandigheden. Het zijn robuuste oplossingen, die niet afhankelijk zijn van grote instituties, mogelijk slim, maar liever niet te complex-technologisch. Tegen klimaatverandering wapenen fatalisten zich met woonboten of paalwoningen, want de pogingen om klimaatverandering onder controle te krijgen, vinden ze een illusie. Stof X komt toch in het milieu en dus is het eigenlijk beter om een eigen voedselvoorziening te regelen, die niet afhankelijk is van normering en labels van

instellingen die nooit te vertrouwen zijn. De fatalist beweert dus niet noodzakelijk dat de wereld zelf chaotisch, maar vooral ook dat de kennis over die wereld afkomstig is van instellingen die ondoorgrondelijk en niet te vertrouwen zijn.

De fatalisten worden vaak weggelaten in de analyse, omdat de overheid of beleidswetenschappers het moeilijk vinden om met hun standpunt om te gaan. In tegenstelling tot de andere perspectieven, bemoeien fatalisten zich zelden met het publieke debat, waar immers niet veel te halen valt. Ze zijn daardoor moeilijk vindbaar en laten zich maar moeilijk vertegenwoordigen in interviews, focusgroepen, of inspraakavonden. Toch benadrukt de culturele theorie dat ook dit perspectief waardevolle inzichten heeft. Tegen de andere perspectieven brengt de fatalist een simpel, maar waardevol bezwaar in: "Wat als jullie mooie plannen nou eens in duigen vallen?" Een fatalistisch perspectief benadrukt de waarde van robuuste oplossingen die overeind blijven bij vriezen en bij dooien, bij onzekerheden die niet hanteerbaar lijken.

Deze vier perspectieven worden vaak weergegeven met icoontjes (Douglas, 1992a), als een 'balletje' in een landschap. In het egalitaire perspectief, is de natuur een balletje op een berg: er is maar heel weinig nodig om het balletje onomkeerbaar van de berg te doen donderen. De natuur is fragiel, kwetsbaar. De hiërarchist erkent de mogelijkheid van de catastrofe, maar vindt het risico beheersbaar, zolang de grenzen van de natuur maar kennen. Het balletje ligt is een kuil op de berg en als we niet over de rand van de kuil heen gaan, kunnen we de bal gerust laten rollen. De individualist ziet slechts een grote kuil: het balletje rolt altijd wel weer naar een nieuw evenwicht: de natuur is veerkrachtig. Voor de fatalist is de er slechts een grote vlakte, waarop het balletje alle kanten op kan rollen, onvoorspelbaar (Figuur 2-4).



Figuur 2-4 Vier perspectieven uit de culturele theorie in icoontjes.

De culturele theorie benadrukt dat het meningsverschil tussen de verschillende perspectieven niet ten gronde valt op te lossen, bijvoorbeeld door verder onderzoek (al zal de hiërarchist dat mogelijk wel proberen). Dat betekent niet dat leren onmogelijk is, of dat problemen niet kunnen worden verhelderd of feiten vastgesteld. De fundamenteel verschillende perceptie van de wereld verandert daardoor niet – althans niet volgens deze benadering. Het egalitair perspectief zal steeds nieuwe onvoorspelbare gevaren aanwijzen, de individualist vindt steeds meer belovende oplossingen voor de toekomst en de fatalist vindt steeds nieuwe aanwijzingen voor wantrouwen in de manier waarop de grote instellingen met de wereld omgaan. Meer nog, de culturele theorie stelt dat de vier perspectieven zich profileren en articuleren ten opzichte van elkaar: in de wederzijdse confrontatie worden hun fundamentele

onenigheden verder aangescherpt en gearticuleerd. Het is niettemin wel mogelijk dat twee perspectieven een alliantie aangaan op praktische gronden. Zo kan bijvoorbeeld de individualist voordeel zien bij een duidelijke grenswaarde voor stof X van de hiërarchist (ook al gelooft de individualist daar niet zo in), om zich verder te kunnen met innovatie en zich de andere perspectieven van het lijf te houden. Een alliantie van twee perspectieven in het gekrakeel van vier, betekent al gauw een coalitie met overwicht die de eigen benadering kan doordrukken.

Het advies van de culturele theorie is echter om zowel de kracht als de beperking van elk van de perspectieven te blijven waarderen in de benadering van onzekerheid. Het hiërarchische perspectief is sterk in het hanteerbaar maken van onzekerheid en doelgericht naar door wetenschap geïnformeerde maatregelen, maar heeft de neiging voorspelbaarheid en het eigen kunnen te overschatten. Het egalitaire perspectief is sterk in het wijzen op complicaties, maar heeft daardoor de neiging om te verstarren in behoudsgezindheid. De individualist heeft de kracht van het optimistisch vertrouwen in innovatie, maar is relatief ongevoelig voor de consequenties van falen. Zelfs de fatalist heeft zijn verdiensten, ook al wordt dit perspectief vaak genegeerd. De fatalist wijst op eenvoudige, maar robuuste oplossingen of waarschuwt voor overdreven technocratisch optimisme, ook al laat hij daarmee kansen van grootschaligere ingrepen liggen.

De vier perspectieven hebben alle vier dus ook specifieke aandacht voor andere soorten onzekerheden en andere manier om daarmee om te gaan. De hiërarchist kijkt naar onzekerheden die met verder onderzoek op te lossen zijn, terwijl de fatalist juist wijst op onoplosbare onzekerheden. De egalitarist wijst op rampzalige consequenties van onverwachte gebeurtenissen en de individualist ziet in onzekerheden vooral kansen, bijvoorbeeld voor technologische ontwikkelingen. Een goede analyse van onzekerheden probeert gebruik te maken van de intelligentie van elk van deze perspectieven (zie het stappenplan).

Ondanks redelijk hoge abstractie, heeft de culturele theorie dus toch enkele concrete beleidsaanbevelingen voor omgang met onzekerheden:

- Beleidsmaker, wees u ervan bewust dat het perspectief van de overheid vaak een typisch hiërarchisch perspectief is en dat er in de samenleving andere perspectieven aanwezig zijn die uw wereldbeeld niet delen (ook al zijn ze niet meteen hoorbaar). Dat kan tot scherpe en fundamentele weerstand leiden, op manieren die u niet verwacht.
- Probeer de verschillende perspectieven te raadplegen, want elk heeft mogelijk waardevolle inzichten en oplossingen. Om daarbij ook fatalisten te horen, zal extra moeite nodig zijn.

De culturele theorie is niet zonder bezwaren. Zij zou de neiging hebben om verschillende grondhoudingen te veel in vier hokjes op te delen, daardoor te weinig oog hebben voor subtielere variatie en te veel nadruk leggen op de onoverbrugbare tegenstellingen in de perspectieven. Mensen zijn in de praktijk moeilijk in te delen, omdat ze zich afhankelijk van het onderwerp soms anders opstellen (wat niet rijmt met de theorie). De theorie zou tevens te veel steunen op de eigen uitgangspunten en te weinig empirisch toetsbaar zijn. Niettemin is in onderzoek herhaaldelijk gebleken dat deze benadering nuttig kan zijn om variatie in grondhoudingen te laten zien, in ieder geval als eerste, ruwe schets van verschillende uitgangspunten.

2.3. Probleemtypen

Beleidswetenschappers hebben er op gewezen dat in risico-controverses actoren soms langs elkaar heen praten. Ze slaan elkaar om de oren met feiten, maar zijn het eigenlijk oneens over onderliggende waarden – of omgekeerd. Natuurbeschermers kunnen wel feiten over de aanwezigheid van zeldzame soorten blijven aandragen, maar als bijvoorbeeld uitbaters van recreatieparken niet veel geven om zeldzame soorten, maakt dat weinig indruk. Kwesties waarin waarden radicaal van elkaar verschillen, los je niet op door alleen maar meer feiten aan te dragen, of omgekeerd. Nog ingewikkelder wordt het

als er zowel onenigheid is over waarden en over feiten; als niet alleen natuur anders wordt gewaardeerd, maar men het ook nog oneens is over hoeveel van die betwiste natuur er dan is. Bij controverses waarin (wetenschappelijke) kennis in het spel is, kan dat leiden tot ingewikkelde conflicten die lang kun aanslepen.

Om het onderscheid tussen verschillende soorten problemen in kaart te brengen, gebruiken beleidswetenschappers een probleemtypologie die een onderscheid maakt tussen problemen met en zonder onenigheid over relevante waarden enerzijds en relevante feiten anderzijds (Ezrahi, 1990; Hisschemöller & Hoppe, 1995-1996; Hoppe, 2010).

Eensgezindheid over wensen en waarden	Eensgezindheid over kennis: wat is er aan de hand? groot	klein
groot	Gestructureerde problemen	Onzekere kennis (wetenschappelijke problemen)
klein	Ethische problemen	“Ongetemde” politieke problemen

Figuur 2-5 Soorten beleidsproblemen (Hoppe 2010).

Gestructureerde problemen zijn problemen waarbij voor iedereen duidelijk is wat er op het spel staat en wat daarin belangrijk is, maar ook hoe je dat moet aanpakken. Verkeersongelukken zijn een aardig voorbeeld: we zijn het er redelijk over eens dat verkeersongelukken onwenselijk zijn, zekers als er lichamelijk letsel bij komt kijken, en verkeerskundigen hebben veel kennis over hoe veiligheid met betaalbare maar effectieve middelen kan worden verbeterd. Voor de beleidsmaker kan een gestructureerd probleem richting uitvoering: maak een plan en ga aan de slag. Nu zijn er in een mondige en diverse samenleving vrijwel geen problemen waarbij complete overeenstemming is over zowel waarden als feiten. Zelfs als het over verkeersongelukken gaat, kunnen burgers bezwaren hebben tegen verkeerstechnische ingrepen die hen aangaan, of de belangenorganisaties van fietsers en autorijders kunnen botsen. Toch is het redelijk duidelijk wat tegen elkaar moet worden afgewogen met behulp van welke feiten en metingen. Als er onzekerheden in het spel zijn, is het doorgaans wel duidelijk welke onzekerheden dat zijn en hoe die moeten worden gemeten (bv. aantal slachtoffers, omvang van letsel, kostprijs van ingrepen). Technieken als kosten/baten analyses zijn dan zinvol.

Heel anders gaat het er aan toe bij ethische problemen, waarbij wel overeenstemming is over feiten, maar niet over waarden (het kwadrant linksonder in Figuur 2-5). Een mooi voorbeeld daarvan is het debat over abortus. De technische kant van de zaak is redelijk duidelijk: men is het redelijk eens over hoe abortus medisch verantwoord kan worden uitgevoerd. Er blijft echter onenigheid bestaan over de waarden die op het spel staan: wat geldt als leven, hoe je met dat leven dient om te gaan, hoe je het leven van een ongeboren kind wel of niet dient af te wegen. Meer feitelijke kennis over hoe een abortus kan worden uitgevoerd, helpt dat debat niet verder. Wat eerder nodig is, is een ethisch debat, een debat over waarden en hoe daarin meer overeenstemming is te bereiken. Een kosten/baten analyse

is hier al gauw naast de kwestie, omdat men het niet eens is over hoe kosten en baten moeten worden gewaardeerd.

Bij problemen waarbij overeenstemming is over waarden, maar niet over de kennis waarmee die waarden kunnen worden beschermd, is meer onderzoek doorgaans de aangewezen weg. Zo zijn we het eens dat kanker een vreselijk probleem is, maar onze capaciteit om kanker te genezen en te voorkomen is nog steeds onvoldoende. Ook zijn er verschillende wetenschappelijke benaderingen van het kankerprobleem en het is vaak nog niet helemaal duidelijk welke benaderingen het meest effectief zullen blijken. Ook hier is het type zelden zuiver: ook bij behandeling van kanker spelen lastige ethische problemen een rol, maar toch is het meteen duidelijk dat het probleem van een andere orde is dan abortus of verkeersbeleid. Als we hier een kosten/baten analyse willen maken, is het wel redelijk duidelijk wat als kosten en wat als baten geldt, maar het is niet duidelijk met welke middelen we die balans het best kunnen verbeteren.

De echt lastige problemen zitten rechtsonder in Figuur 2-5: de ongestructureerde of ook wel 'ongetemde' problemen. Dit zijn problemen waarbij in het maatschappelijk verkeer zowel discussie is over de feiten als over de waarden. Ongetemde problemen zijn typisch aanslepende problemen, waarin actoren ruziën over welke belangen wel en niet in het spel zijn, over wat er aan de hand is, of welke maatregelen naar verwachting zullen werken. Bij duurzaamheidskwesties komen regelmatig dergelijke problemen voor: het is niet duidelijk welke waarden meetellen onder duurzaamheid, er is discussie over welke opties meer of minder duurzaam zijn en ook over hoe duurzaamheid moet worden gemeten. Kosten/baten analyses zijn hier doorgaans meteen controversieel, omdat geen eensgezindheid bestaat over wat geldt wel en niet geldt als kosten of baten, noch over hoe je die betrouwbaar kan meten.

Beleidsambtenaren proberen typisch problemen te *structureren.* Dat betekent dat ze orde proberen aan te brengen in de af te wegen waarden en duidelijkheid creëren in welke informatie relevant en betrouwbaar is. Daarmee kan een afwegingskader worden vastgesteld en kan een probleem worden verschoven naar de gestructureerde problemen. Dan kunnen er namelijk plannen worden gemaakt, kunnen beleidsopties tegen elkaar worden afgewogen, en een probleem richting beleidsimplementatie worden gestuurd. Zo hebben bijvoorbeeld de meeste landen het conflict over abortus uiteindelijk weten te pacificeren door procedures te ontwikkelen waarin de verschillende waarden tegen elkaar worden afgewogen. Ook in Nederland blijft echter een onderhuids waarde-conflict bestaan bij een overtuigde minderheid die bezwaren tegen abortus anders waardeert dan het dominante afwegingskader. Het ethische debat heeft niet tot volkomen overeenstemming geleid, maar uiteindelijk heeft de overheid het probleem behandelt alsof het een gestructureerd probleem was en het richting uitvoering geschoven.

Het gevaar bestaat dat probleemstructurering voorbarig gebeurt, of dan probleemstructurering te grote of zwaarwegende oppositie met machtsmiddelen uit het debat drukt. Het resultaat is dan een probleem dat voor de overheid gestructureerd *lijkt*, maar waarbij in praktijk grote maatschappelijke weerstand doorgaat en waarbij mogelijk zinvolle bezwaren niet langer in het afwegingskader worden meegenomen. We kunnen het debat over kernenergie hier als voorbeeld zien. Terwijl de overheid in de jaren zeventig het probleem als een technisch, gestructureerd probleem zag, etterde de maatschappelijke onvrede hierover verder. Er was een helder afwegingskader waarbinnen risico's beheersbaar leken voor beleidsmakers en de ingenieurs die hen adviseerden, maar daarin werden de waarden en de feiten van de tegenstanders niet meegenomen. Wat vanuit het overheidsperspectief een rationele afweging leek binnen de heldere kaders van een gestructureerd probleem, was voor de tegenstanders een absurde redenering waarin verkeerde waarden werden afgewogen aan de hand van onbetrouwbaar geachte feiten. Het resultaat was een lang, slepend, en regelmatig zelfs gewelddadig conflict.

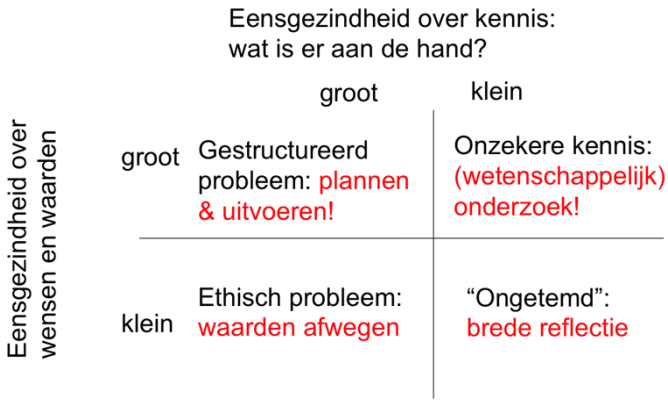
Ook aan deze benadering zitten enkele beperkingen. De eerste beperking is dat het in de praktijk wat lastig kan zijn om te bepalen met precies welk type probleem we te maken hebben. Er is namelijk altijd wel enige onenigheid. Zelfs bij de meest gestructureerde problemen, blijken er bij nader inzien toch nog wel discussies gaande. Wie diep genoeg spit in de wereld van specialistische of wetenschappelijk kennis, ontdekt dat kennis die naar buiten toe hard en onbetwistbaar lijkt, in de technische details toch nog weer mitsen en maren bevat, of lastige veronderstellingen, waar de specialisten onderling van mening verschillen (MacKenzie, 1990). Uiteindelijk is zelfs de meest voorzichtige, deliberatieve probleemstructurering op het eind toch nog een beetje een bruuskering waarbij knopen worden doorgehakt door de laatste tegenstanders terzijde te schuiven.

Een tweede complicatie die daaruit voortvloeit, is dat er discussie kan zijn over waar een probleem thuis hoort en dat het erg lastig is om in die discussie een objectief standpunt in te nemen. Als de overheid kernenergie beschouwde als een gestructureerd probleem, was dat dan onterecht? De tegenstanders beweerden dat kernenergie te snel naar plannen en uitvoeren was gegaan. Gezien de slepende conflicten achteraf is het nu makkelijk oordelen. Voor de tegenstanders van abortus is het probleem nog helemaal niet gestructureerd, want zij bieden nog heftig weerstand in wat zij een fundamenteel ethisch probleem blijven vinden. Oordelen dat abortus door het wettelijk kader eigenlijk een gestructureerd probleem is geworden, is eigenlijk stelling nemen tegen de abortustegenstanders.

Een derde en nog fundamenteler bezwaar is dat het schema ervan uitgaat dat er een helder onderscheid is tussen waarden en feiten – zo helder, dat men ze op twee orthogonale assen in een tabel kan zetten. Vooral vanuit wetenschaps- en techniekonderzoek zijn tegen deze aanname ernstige bezwaren. Deze onderzoekers wijzen er bijvoorbeeld op dat het verzamelen van feiten in wetenschap doordrongen is van waarden: professionele waarden van wetenschappelijke specialismen, normen en standaarden die bepalen wat geldt als betrouwbaar bewijs, afwegingen van waarden die hebben bepaald wat we wel hebben onderzocht en wat we niet de moeite waard vonden (‘non-knowledge’). Omgekeerd zijn er feiten met fikse normatieve lading, zoals feiten waarvoor veel proefdieren nodig zijn, of feiten nieuwe waarden aan de orde stellen, zoals de ontdekking van nadelige gezondheidseffecten voor mee-rokers. Het is met name in ongestructureerde problemen, dat controverses ook gaan over of iets mag gelden als feit of als waarden. Daarmee dreigt het indelen van problemen in vier hokjes ook de aandacht af te leiden van de meer subtiele onenigheden in controverses. De frame-analyse uit de volgende paragraaf biedt daarvoor een mooie aanvulling.

Niettemin heeft de probleemtypologie zeker haar voordelen en ook concrete aanbevelingen:

- Met deze indeling valt in ieder geval een strategische keuze te maken voor beleidsmaatregelen (Figuur 2-6). Gestructureerde problemen moeten richting uitvoering, ethische problemen vereisen een afweging van waarden (waarbij ethici kunnen helpen), onduidelijke feiten vereisen meer onderzoek, en ongestructureerde problemen vereisen deliberatieve aanpakken waarbij deskundigen en actoren gezamenlijk in gesprek gaan.
- Daarnaast waarschuwt deze benadering voor voorbarige structurering van problemen: het al te snel richting uitvoering schuiven van kwesties waarbij nog onvoldoende draagvlak bestaat voor het afwegingskader.



Figuur 2-6 Strategische keuzes bij probleemtypen

2.4. Framing en onzekerheden

Een frame is een interpretatiekader dat betekenis geeft aan een situatie, de situatie definieert, en daarmee aangeeft wat relevante feiten en daarmee ook handelingsperspectieven zijn. Een aanrijding tussen twee auto's kan een verkeersongeval zijn, maar tijdens een Amerikaanse 'demolition derby' is een aanrijding onderdeel van een spel om auto's stuk te rijden. In het eerste geval is de aanrijding geframed als een verkeersongeluk, in het tweede geval als een spel. Verschillende frames leiden tot andere consequenties: een juridische vaststelling van schuld in het eerste geval, een uitzinnig publiek in het tweede geval.

Nog een voorbeeld: drugsgebruik kan worden gezien als onvermijdelijk experimenteel gedrag van burgers, of als een ziekte, of als een vorm van onverantwoord en asociaal gedrag. Zo'n verschillende interpretatie suggereert andere handelingsopties, namelijk respectievelijk begeleiden van het experimenteel gedrag, behandelen met medische hulp, of normhandhavend optreden. In elk van deze frames zijn ook andere feiten relevant. Hoe gebruikers hun drug ervaren is niet bijzonder relevant voor wie het benadert als ontolereerbaar asociaal gedrag. Hiermee is meteen ook duidelijk dat met andere frames andere beroepsgroepen in beeld komen. In dit geval respectievelijk voorlichters, medici andere zorgverleners, of strafrechtelijke instanties. Op hun beurt hebben elk van deze beroepsgroepen ook een aangeleerde manier om problemen te interpreteren en aan te pakken, volgens het frame van de beroepsgroep.

Frames zijn dus niet terug te brengen tot waarden en belangen, noch tot feiten. Ze staan eigenlijk min of meer haaks op de tweedeling waarde versus feit en zijn niet te vangen in objectief versus subjectief. Druggebruik kan gezien worden als recreatief gedrag of als ziekte en voor beide perspectieven zijn feiten en waarden aan te dragen. In een demolition derby kan blikschade een hard feit zijn, maar het is geen relevant feit, want wat telt is of het wrak nog rijdt. Per implicatie zijn frames dus ook meteen cruciaal voor onzekerheden. Omdat frames selecteren welke feiten relevant zijn, selecteren ze meteen ook welke onzekerheid over feiten relevant is. Bij verkeersongelukken is het relevant om uit te zoeken hoeveel blikschade er is, bijvoorbeeld om de kosten van verhoogde verkeersveiligheid af te wegen tegen kosten. In de demolition derby is de hoeveelheid blikschade ook onzeker, maar geen relevante onzekerheid. Het is niet de moeite om die schade uit te zoeken en precies te meten.

Schaal-frames zijn een mooi voorbeeld van hoe frames werken (van Lieshout, Dewulf, Aarts, & Termeer, 2011). Schaal-frames bakenen een probleem af in geografische omvang, of in de tijd.

Moet duurzame landbouw gezien worden als een locaal, regionaal, of mondiaal probleem? Een locaal frame zal afwegingen proberen te maken over grondstoffenverbruik, afvalstoffen als mest, of economische leefbaarheid van locale bedrijven. Een regionaal perspectief weegt af hoe het bijvoorbeeld zit met aanvoer naar de markt of consument. Een globaal perspectief houdt rekening met wat er gebeurt met bijvoorbeeld boeren in ontwikkelingslanden als het rijke noorden gaat werken met dure labels en certificaten voor duurzame producten. Voor alle drie is wat te zeggen en het ene frame hoeft het andere niet uit te sluiten, maar ze geven wel een verschillende richting aan het zoeken naar relevante feiten en relevante onzekerheden. Ook variabele afbakening in relevante tijdshorizon of tijds-frames hebben dat soort gevolgen: is duurzaamheid een kwestie van decennia, een eeuw, of nog langer? Zelfs als er waarschijnlijke feitelijke, causale gevolgen zijn aan te wijzen van ons handelen in een verre toekomst, dan nog is de vraag of we er rekening mee moeten houden omdat we ons er wellicht niet verantwoordelijk voor voelen.

Frame-analyse is een benadering die onder andere wordt gebruikt in beleidswetenschappen om uit te zoeken hoe actoren dezelfde feiten toch radicaal anders kunnen interpreteren. Deze benadering is eigen aan een specifieke benadering binnen de beleidswetenschappen, namelijk de interpretatieve beleidswetenschap, die eerder de nadruk legt op kwalitatieve analyses van taal of betekenissen (bv. Yanow, 1996). Aanhangers van meer kwantitatieve beleidsanalyse, bijvoorbeeld uit economische hoek, verwijten interpretatieve analyses nog wel eens dat ze te zacht zijn, of veel interpreteren. Ook natuurwetenschappers vinden het vaak lastig, omdat wetenschappers uit deze hardere benaderingen is ingehamerd dat ze hun probleem moeten definiëren, zodat ze aan het werk kunnen. Voor de frame analyse is de interessante vraag hoe men het probleem definieert, herdefinieert, of uiteenlopend definieert. Omgekeerd vinden interpretatieve beleidswetenschappers dan weer dat de harde varianten te veel nadruk leggen op uitrekenen van vooraf gedefinieerde problemen, zonder zich af te vragen of ze wel het juiste probleem te pakken hebben.

Hoe vallen frames te identificeren? We kunnen daarvoor drie eenvoudige technieken voor suggereren: door afbakening, door vergelijking, door een narratief. Door enkele eenvoudige vragen te stellen, lukt het al om een eerste schets van aanwezige frames te maken. We kunnen dat meteen illustreren aan de hand van frame-conflicten rond onzekerheden in het oude debat over kernenergie.

Bij het identificeren van frames via **afbakening** vragen we ons af waar de actoren het wel en niet over hebben, hoe ze een kwestie of probleem afgrenzen en wat er daarmee wel of niet relevant wordt gevonden. Complicaties die buiten het frame vallen, zijn als het ware buiten beeld en onzekerheden daarover worden dan ook niet erg relevant gevonden. Zo waren er in het debat over de wenselijkheid van kerncentrales verschillende manier om het probleem af te bakenen. De voorstanders van kernenergie wezen op de beheersbaarheid van risico's van kerncentrales op zich: in de centrale zelf leek een ingenieursbenadering een vrij accuraat beeld van risico's op ongelukken geven en daarmee ook technische oplossingen om de veiligheid te vergroten. Onder de tegenstanders werd het probleem vaak anders afgebakend. Daarbij lag de nadruk niet op wat er *in* een centrale gebeurde, maar juist op wat er in de keten voor en na gebeurde: het aanleveren van splijtstof en het verwerken van afval. In dat frame zijn onzekerheden over de bestendigheid van een pijpleiding van het koelingssysteem nog wel relevant, maar komen ook onzekerheden naar voren over de stabiliteit van aardlagen of van staten die afvalinstallaties moeten beheren. Het frame is dan niet meer 'de kerncentrale', maar 'de productieketen'.

Sommigen gingen dan nog verder en wilden ook de arbeidsomstandigheden van mijnwerkers in uraniummijnen onderdeel maken van het probleem, wat anderen dan weer te ver vonden gaan. Daarmee koppelen onzekerheden opnieuw aan verantwoordelijkheid: of je onzekerheden over arbeidsomstandigheden bij grondstoffenwinning elders ter wereld mee moet nemen in de afwegingen,

hangt mee af van of je je daarvoor verantwoordelijk acht.[4] Nog een andere afbakening is de vraag of de dreiging van proliferatie van kernwapens relevant is, of de dreiging van terrorisme met bijvoorbeeld 'dirty bombs' gemaakt van kernafval dat in de verkeerde handen is gevallen. Door frames zo te indentificeren, kan worden aangegeven wat er 'binnen' een probleem valt en wat er 'buiten valt'.

Bij **vergelijking**, identificeren we frames door ons af te vragen waar de kwestie of het probleem op lijkt: tot welke grotere categorie van dingen behoort het probleem? Het gebruik van het woord 'als' in de vergelijkende zin is vaak een goede aanwijzing. Bij kernenergie, hoorde in het frame van 'kernenergie *als* installatie' het probleem bij complexe materiële systemen zoals chemische fabrieken. Ingenieurs konden argumenteren dat de onzekerheden van kerncentrales hanteerbaar waren, omdat kerncentrales in essentie hetzelfde zouden zijn als rafinaderijen of kunstmestfabrieken: een complex systeem van leidingen, druk, temperatuur en andere fysische parameters. Daarmee had men eigenlijk al sinds de 19de eeuw ervaring en de technische kennis en regetechniek was grondig en gedetailleerd. Voor wie echter de nadruk legt op kernenergie als een probleem van afvalverwerking op termijn van honderden zoniet duizenden jaren, lijkt het probleem van kernenergie niet zozeer op een rafinaderij, maar eerder op het beheren van cultureel erfgoed als de pyramiden of oude kerken. Daarmee worden ook weer heel andere onzekerheden relevant, zoals over de waarschijnlijkheid van bittere oorlogen, falende staten, of corrupte beheersinstanties. Indien we de uraniummijnen bij het probleem betrekken, met onzekerheden over toekomst-bestendige beschikbaarheid en geo-politieke of economische machtsrelaties, dan is kernenergie *als* andere grondstofwinningen.

Bij een **narratieve** identificatie van frames (M. Hajer, 1995; Van Eeten, 2007), gaan we op zoek naar de kern van het verhaal dat actoren over een probleem hanteren: wat is volgens actoren de kern van het probleem? Een eenvoudige manier om hieraan te beginnen, is om te identificeren wie of wat gezien wordt als de dreiging, de schuldige of oorzaak, en de reddende 'held'. Bij kernenergie kunnen we narratieve frames mooi illustreren met de reacties op (bijna) kernongelukken. Na het Tsjernobyl ongeluk (1986) was de dominante reactie van de meeste westerse overheden en hun kernenergiesector: "Dat waren verouderde centrales van een ander type, onze centrales zijn moderner en wij werken voortuderend aan verbeterde veiligheid." De dreiging van kernenergie is het ongeluk, de schuldige is een verouderd technisch systeem en de held is een waakzame sector. De tegenstanders frameden precies dezelfde feiten heel anders: "Kijk, ondanks dat de sector beweerde dat grote ongelukken extreem onwaarschijnlijk zijn, gebeuren ze nu toch." Nu wordt de kernenergie sector niet gezien als de actor die het gevaar zal bezweren, maar als een oorzaak van het probleem. In het eerste frame worden gegevens over nieuwe technische verbeteringen relevant, die in het tweede frame zijn die eigenlijk niet relevant, want de betrouwbaarheid van het tegenkamp werd betwijfeld.

Frame-analyse suggereert dat *frame-reflectie* een weg vooruit kan bieden in complexe maatschappelijke controverses. Als actoren vinden dat verschillende feiten relevant zijn, helpt het niet om zomaar onzekerheden over die feiten te reduceren. Door frames te verduidelijken, zou het mogelijk zijn om aan te geven dat ruziënde actoren het eigenlijk over verschillend afgebakende kwesties hebben. Voorstanders van de frame analyse komen dan uit bij deliberatie: een debat over de afbakening van het probleem, zodat een gedeeld kader kan worden ontwikkeld dat bepaald wat wel en niet relevant is (Maarten Hajer & Wagenaar, 2003).

---

[4] Vergelijkbare spanningen speelden ook in het debate over genetische modificatie: voorstanders argumenteren onzekerheid over toxiciteit of onbedoelde verspreiding hanteerbaar is, terwijl een deel van de tegenstanders het heeft over de gevolgen voor de onderhandelingspositie van kleine boeren ten opzicht van grote zaadbedrijven. Ook hier zijn frames die het probleem afbakenen als een specifiek probleem van een technisch systeem (een kas, een voedingsproduct) of als veel bredere relaties waarbij ook sociaal-economische verhoudingen een rol spelen.

Aan deze benadering zitten enkele beperkende voorwaarden. Zo gaat een open deliberatie over frames ervan uit dat actoren bereid zijn om een redelijk debat aan te gaan en om (in ieder geval tijdelijk) meer manipulatief politiek handelen op te schorten. Zelfs als het mogelijk is om dat met een kleine groep 'redelijke' representanten te doen, is het voor deze representanten vervolgens moeilijk om na afloop een nieuw gevonden frame aan hun achterban te verkopen. Ook het verschil in middelen om aan dit soort deliberatie mee te doen, is een probleem. Doorgaans zal het voor een goed georganiseerde vertegenwoordiging uit een goed-verdienende sector makkelijker zijn om goed geïnformeerde deskundigen af te vaardigen dan bijvoorbeeld voor een ad hoc bij elkaar geroepen comité van verontruste burgers.

Daarnaast is er de beperking dat het soms institutioneel nagenoeg onmogelijk is om aan een frame te tornen, omdat het verankerd zit in regelgeving, instanties, of een jarenlang opgebouwde kennisinfrastructuur. Zo besloot de overheid in de Verenigde Staten om genetisch gemodificeerde organismen (GGOs) te reguleren *als* nieuwe toxische stoffen. Daarmee werd wettelijk bepaald welke milieu-effecten relevant waren voor eventueel regulerend optreden van de overheid, waarbij GGOs werden beoordeeld op (eco)toxiciteit met methodieken die oorspronkelijk waren ontwikkeld voor toxische stoffen. Het overwegen van feiten die buiten dit frame vallen, zoals gevolgen voor de onderhandelingspositie van boeren, wordt dan moeilijker binnen deze institutionele kaders. Het is voor een beleidsmedewerker dan nog wel mogelijk om op het frame te *reflecteren*, eventueel in dialoog met actoren die andere frames hanteren, maar de handelingsmogelijkheden om daar beleidsmaatregelen aan te verbinden zijn dan aanzienlijk ingeperkt. Daarmee blijft er dan ook weerstand vanuit andere frames, waarmee meteen ook mogelijk zinvolle bezwaren of mogelijk relevante feiten terzijde worden geschoven.

Bij nieuwe risico's is er typisch nog geen uitgedokterd en geïnstitutionaliseerd afwegingskader. Er zijn er misschien wel beschikbare kaders waar een nieuwe kwestie onder geschaard zou kunnen worden, zoals in het geval van de Amerikaanse GGO-regulering. Het is echter niet verstandig om nieuwe risico's al te snel in te kapselen in institutionele kaders die voor andere kwesties zijn ontwikkeld, zeker niet in een Nederlandse traditie die het waardeert dat bezwaren van actoren worden overwogen, vooraleer ze door een machtsbesluit terzijde worden geschoven. Daarmee worden immers mogelijk waardevolle alternatieve frames voorbarig geamputeerd.

Omdat een dominant frame nog niet is uitgekristaliseerd in algemeen aanvaarden indicatoren, regelgeving en normering, duidelijk gespecificeerde af te wegen belangen, is er mogelijk juist wel ruimte om met frame reflectie kwesties te verduidelijken – of tenminste onproductieve conflicten te voorkomen. In deze vroege fase van verkenning van nieuwe risico's hoort de nadruk te liggen bij het identificeren van het probleem en het is in ieder geval nuttig om te weten welke frames bij betrokken acotren leven. Er is geen garantie dat dit ook tot een algemeen gedeeld en aanvaard afwegingskader zal leiden. In het geval van kernenergie leidde deliberatie van de 'Brede Maatschappelijke Discussie' ook niet tot een nieuwe consensus, maar tot een afwijzing van de bevindingen door de overheid het nagenoeg ongewijzigd doorzetten van oude beleid.

2.5. Onzekerheid en de politieke orde

2.5.1. Liberale en republikeinse risico's

De analyses van omgang met onzekerheden die tot nu toe aan bod kwamen, gaan voornamelijk uit van ene historisch vacuüm: het is also we voor elke kwestie opnieuw bedenken wat de afwegingskaders zijn, wie waarvoor verantwoordelijk is, of hoe we risico's moeten waarderen. Dat is natuurlijk niet zo. Als het gaat om risico's, gevaren, of onzekerheden, dan hebben we fundamentele principes die in onze maatschappelijke inrichting vervlochten zitten. Die fundamentele principes hebben grote gevolgen voor welke onzekerheden wel en niet worden meegenomen in risico-afwegingen.

Dat abstracte principe valt het best te ilustreren met de manier waarop de overheid omgaat met mogelijke gevaren van nieuwe chemische stoffen: nieuwe chemische stoffen kunnen in gebruik worden genomen als hun schadelijk effect ver genoeg onder verwachte blootstellingsniveaus blijft. Dat principe lijkt een puur technische kwestie, een probleem van betrouwbare toxiciteitsproeven en blootstellingsmodellen. Het principe is echter de uitwerking van een liberale staatsorde, waarin alles is toegestaan wat niet is verboden en waar slechts wordt verboden wat anderen schade berokkent. Daarmee is voor maatschappelijke partijen duidelijk waar de beperkingen liggen en kunnen zijn daarbinnen hun gang gaan: de richting van innovaties wordt volstrekt overgelaten aan de actoren (doorgaans bedrijven). Onzekerheden in een dergelijk afwegingskader worden op een specifieke manier opgevangen: de onzekerheid over of een innovatie de investering waard is, wordt overgelaten aan het bedrijf, maar in ruil daarvoor krijgt het bedrijf zoveel mogelijk duidelijkheid over de risico-afweging. Daarmee wordt zo snel mogelijk duidelijk of de overheid een stof zal tegenhouden, dan wel toestaan. Mogelijk nadelige gevolgen voor mens en milieu moeten daartoe wel gespecificeerd worden – in de praktijk met vormen van toxiciteit als relevant nadelig effect. Onzekerheden over de risico-beoordeling worden opgevangen met publiek onderzoek (bijvoorbeeld validering, monitoring) en verder met veiligheidsfactoren. Onzekerheden over het afwegingskader, onverwachte of exotische effecten van stoffen, worden doorgeschoven naar de maatschappij die 'dat risico moet nemen' vanwege het innoverend potentieel.

Een 'republikeinse opvatting'[5]over chemische stoffen daarentegen (Chapman, 2007) stelt de vraag of het algemeen belang opschiet met een innovatie, zoals een nieuwe chemische stof: worden we er beter van? De vraag is dus niet of een innovatie geen schade verricht, maar of een innovatie tot verbetering leidt. Daarbij komt een ander afwegingskader aan de orde, met natuurlijk ook fiks verschillende onzekerheden. De vraag is dus nadrukkelijk niet of innovatie dient plaats te vinden, of hoeveel, dan wel hoe die innovatie dient te worden gewaardeerd en vervolgens ook hoe men moet omgaan met onzekerheden. Dat klinkt wellicht wat wereldvreemd, maar toch zijn er in onze omgang met innovaties voorbeelden van dergelijke afwegingen. Zo besloten Skandinavische landen in de jaren negentig om bestrijdingsmiddelen te beoordelen op hun bijdrage aan verbeterde bestrijding: middelen moesten beter zijn dan wat al op de markt was. Ook bij farmaceutica onstaat steeds meer discussie over de richting van innovatie, naarmate de kritiek groeit op investering in farmaceutica die weinig bijdragen aan middelen die al op de markt zijn, maar die een lucratieve doelgroep bedienen. Het klinkt misschien alsof dit contrast tussen liberaal en republikeins een consequentie van zeer fundamentele maatschappelijke keuzes die elkaar uitsluiten, maar in de praktijk blijken deze vormen naast elkaar te bestaan in verschillende beleidssectoren. Moderne democratieën zijn nu eenmaal een compromis tussen verschillende opvattingen over wat redelijk, rechtvaardig, of democratisch is (Mouffe, 2000).

In een republikeinse benadering zijn onzekerheden en de verantwoordelijkheden daarvoor anders verdeeld. Het is niet langer enkel aan bedrijven om de onzekerheden van investeringen op te vangen, maar dat wordt mee een publieke zaak. De nadruk van regulering op enkele specifieke 'endpoints' en de onzekerheden over de precieze omvang van die effecten (zoals toxiciteit), kan verschuiven naar een bredere waaier van gevolgen, zoals verduurzaming (Chapman, 2007). Opnieuw verwijst hier 'onzekerheid' niet alleen naar een toestand van de wereld die we nog niet helemaal goed hebben weergegeven, maar ook naar relevantie en verantwoordelijkheid.

[5] De term is gehanteerd door Anne Chapman en verwijst naar *res publica*, de publieke zaak, waarin dus de afweging van innovatie gebeurt in het licht van het algemeen belang, waarbij wat het algemeen belang precies inhoudt, steeds ook onderdeel is van het debat.

2.5.2. Stijlen van regulering

In het risicobeleid worden nog verschillende stijlen van regulering onderscheiden. Er is enige discussie over of deze stjlen vooral nationale of sectorale verschillen zijn en er zijn ook weer allerlei verschillende typologieën om die stijlen te onderscheiden, maar dat zou hier te ver voeren (Halffman, 2005; Jasanoff, 2005; Renn, 1995; Vogel, 1986). De relevantie van deze stijlen is dat ze consequenties hebben voor hoe met onzekerheden wordt omgegaan, voor hoeveel zekerheid voldoende wordt geacht en voor welk soort kennis voldoende zeker wordt geacht. We kunnen dat illustreren met het contrast met de antagonistische ('adversarial') stijl die Amerikaans risicobeleid domineert, versus een meer consensueel model dat gebruikelijker is in sommige Europese landen. Amerikaans risicobeleid, bijvoorbeeld opnieuw ten aanzien van stoffen, steunt sterk op de rechtbank als ultieme arena waar conflicten worden beslecht. In de rechtbank weegt kennis over risico's gebaseerd gestandaardiseerde tests zwaarder door dan het oordeel van een deskundige, die als pion van een partij in de rechtszaak kan worden neergezet en onderuit gehaald. Risico-beoordelaars zijn dus sterk gefocust op het opbouwen van dossiers die de norm van de procedure nauwlettend volgen, zelfs als er misschien reden is om vanwege de specifieke eigenschappen van een stof van het protocol af te wijken. Onzekerheid wordt dus bezworen met zoveel mogelijk gestandaardiseerde procedures, waarin elke vorm van menselijk oordeel maximaal wordt weggepoetst. Dat is het soort van kennis die de meeste kans maakt om overeind te blijven als het tot een (dure) rechtszaak zou komen.

In een meer op consensus gerichte aanpak, is er meer ruimte voor het oordeel van deskundigen, omdat men in geval van onenigheid een rechtszaak probeert te ontwijken. Onderdeel van het zoeken naar consensus kan dan zijn om beredeneerd af te wijken van standaard protocollen. Zo kan het verantwoord worden gevonden om bijvoorbeeld veiligheidsfactoren te verkleinen omdat er bijzonder veel kennis beschikbaar is. Verder wordt het welicht zelfs mogelijk om ad hoc redeneringen te ontwikkelen, bijvoorbeeld ten aanzien van onvoorziene schadelijke effecten. De nadruk ligt hier dan meer op joint fact finding dan op het wederzijds betrappen van niet gevolgde procedures. Ook de positie van deskundigen in de rechtbank een rol (getuige van de partij of neutrale deskundige van de rechtbank).

Bij legalistische, antagonistische regulering ligt is de omgang met onzekerheden dus typisch gericht op het standaardiseren van procedures, waarbij vooral meetonzekerheden moeten worden gereduceerd door precies uitgevoerde tests. Bij meer op concensus gerichte systemen is meer ruimte voor onzekerheden over wat precies gemeten moet worden in deze specifiek situatie, op basis van deskundig oordeel.

Ook hier zien we dus dat wat geldt als voldoende zeker, afhangt van hoe kennis wordt gebruikt in de beleidscontext. In de beleidswereld is kennis niet noodzakelijk zeker genoeg omdat ze in de wetenschappelijke wereld als voldoende wordt beschouwd, maar kunnen er aanvullende garanties worden geëist, doordat er veel op het spel staat (zoals eerder aangegeven), maar ook door de manier waarop wat er op het spel staat wordt afgewogen en door de manier waarop conflicten daarover zullen worden afgehandeld.

Daarnaast maakt het contrast tussen stijlen van regulering duidelijk hoe procedures voor de omgang met onzekerheden verantwoordelijkheden herverdelen. Een uitgesproken gestandaardiseerde procedure zet de deur open voor het afschuiven van verantwoordelijkheid: "ik heb mij aan de procedure gehouden, mij valt niets te verwijten". Strakke procedures kunnen een voorspelbaar kader geven voor innovatie of ondernemerschap, maar ze houden ook het gevaar in dat onzekerheden worden afgeschoven naar de samenleving ten koste van gedeelde verantwoordelijkheid.

2.6. Doenbare onzekerheden

Sceptisch ingestelde filosofen kunnen laten zien dat in principe alles te betwijfelen is. (Misschien is alles wel een illusie.) Ook in meer alledaagse zin valt elk probleem nog weer meer ingewikkeld te maken en valt overal aan te twijfelen – en valt daarvan ook misbruik te maken, bijvoorbeeld om beleid tegen te houden. In de praktijk van beleid, is het niet doenbaar om alle onzekerheden volledig tot in detail uit te zoeken en op hun consequenties na te gaan. Dat is niet mogelijk door tijdsdruk en doordat middelen voor onderzoek beperkt zijn. Zelfs dan, zouden er nog steeds twijfelaars over kunnen blijven.

In de praktijk van beleid maken is het dus niet alleen zaak om een overzicht te maken van welke onzekerheden er spelen bij risico's, maar vooral ook om in die onzekerheden prioriteiten aan te brengen. Het is namelijk ondoenlijk om alle mogelijke onzekerheden tot op de bodem uit te zoeken of om allen twijfelaars te overtuigen binnen de praktische beperkingen van beleid, of onder de druk om acute problemen aan te pakken. Eerder dan een compleet overzicht, waar in perfecte kennis een afgewogen beslissing kan worden genomen tussen alle mogelijke opties ('utopische rationaliteit'), is de praktijk van beleid gevangen in 'beperkte rationaliteit' (*bounded rationality*). Het halsstarrig vasthouden aan utopische rationaliteit, blijkt onder de praktische beperkingen te leiden tot slechter beleid (Ezrahi, 1980; Simon, 1982).

In beleidswetenschappen is geprobeerd om ambitie tot perfectie en volledigheid te vervangen door *heuristieken*, procedures en vuistregels om tot redelijke beslissingen te komen onder condities van onvolledige kennis of onder tijdsdruk. Voorbeelden van dergelijke vuistregels zijn bijvoorbeeld om een beperkt aantal beleidsalternatieven af te wegen, in plaats van alle mogelijke opties; of om vooral te richten op incrementele veranderingen, eerder dan drastische wijzigingen (Lindblom, 1979).

Een zelfde overweging geldt ook voor omgang met onzekerheid. In een vergelijkend onderzoek naar de omgang met onzekerheid in economisch en milieu-advies aan Nederlandse departementen, bleek dat onzekerheden alleen worden meegenomen in beleid als ze hanteerbaar gemaakt worden, als het 'doenbare' onzekerheden worden. Pogingen tot volledigheid, een synoptisch en gedetailleerd overzicht van alle onzekerheden vanuit de deskundige beleidsadviseurs, bleek niet hanteerbaar voor de beleidsmakers. Wat wel werkte, was het testen van een beperkt aantal onzekerheden, bijvoorbeeld in de vorm van varianten in de economische voorspelling: wat zou er met de economische groei gebeuren als volgend jaar de olieprijs drastisch stijgt? (De Vries, 2008; De Vries, Halffman, & Hoppe, 2010; Halffman et al., 2008) Een onvolledige afweging van onzekerheden is beter dan een volledig overzicht van onzekerheden dat niet kan worden meegenomen in de afweging.

Uit dit onderzoek bleek ook dat doenbare onzekerheid alleen ontstaat als beleidsmakers en hun adviseurs hetzelfde begrip hanteren van wat onzekerheden zijn, een zelfde manier om ze te begrijpen en te hanteren, en als er in de samenwerking met deskundige adviseurs gedurende het ontwikkelen van een advies regelmatig overleg is over hoe onzekerheden zullen worden geadresseerd. Anders ontstaat het gevaar dat een wetenschappelijk adviseur weliswaar netjes onzekerheidsanalyses pleegt, maar die onzekerheden aan het eind van een adviestraject 'over de schutting' gooit naar een beleidsmaker, die vervolgens niet in staat is om de overdonderende hoeveelheid onzekerheden in wijsheid te interpreteren. Goede omgang met onzekerheden vereist regelmatige interactie tussen beleidsmakers en onderzoekers binnen een kader van een gedeeld begrip van onzekerheden en hoe ze kunnen worden aangepakt.[6]

Doenbare onzekerheid is natuurlijk geen excuus voor oppervlakkigheid of opportunisme. Vanuit democratisch oogpunt, moet de overheid kunnen uitleggen hoe onder druk van praktische

[6] Aanbevelingen naar aanleiding van het gebruik van de PBL leidraad voor onzekerheden in interactie met beleidsmakers. (Meer detail in Halffman et al., 2008).

beperkingen toch verstandige prioriteiten zijn aangebracht in welke onzekerheden wel en niet zijn onderzocht. Daarnaast is het ook van belang dat daarin een redelijke afweging is gemaakt tussen de aandacht voor onzekerheden over risico's voor de verschillende belangen die op het spel staan en voor onzekerheden waarover burgers zich bij uitstek zorgen maken. Eerlijkheid en openheid over het prioriteren van onzekerheden verdient echter veruit de voorkeur boven de misleidende suggestie dat *alle* onzekerheden in even groot detail kunnen worden onderzocht en afgewogen.

De afwegingen in dit hoofdstuk geven aan hoe complex onzekerheid is. Het is niet alleen een kwestie van meer feitelijk kennis, maar ook van verheldering van frames en frame diversiteit, van mogelijk radicaal andere wereldbeelden en een beleidscontext waarin verantwoordelijkheden worden verdeeld en pragmatische afwegingen moeten worden gemaakt over welke onzekerheden wel en niet aandacht kunnen krijgen, in een lastige communicatie tussen beleidsmakers en deskundigen. In het volgende hoofdstuk zullen wel proberen om in deze complexiteit structuur aan te brengen door middel van een typologie van onzekerheden.

3. Onzekerheids- en risicotypologieën

Niet iedere onzekerheid is hetzelfde; onzekerheden kunnen bijvoorbeeld verschillen qua aard, omvang of oorsprong. Een strategie die goed werkt voor het omgaan met onzekerheid van type A hoeft niet noodzakelijkerwijs ook te werken voor type B. Zo heeft aanvullend onderzoek wel zin om de onzekerheid als gevolg van meetonnauwkeurigheid te beperken, maar niet voor het reduceren van onzekerheid die het gevolg is van indeterminisme (processen die inherent stochastisch zijn). Het onderscheiden van verschillende typen onzekerheden is dus een belangrijke stap in het omgaan met onzekerheden. Dit inzicht wordt in de wetenschappelijke literatuur breed onderkend en heeft geleid tot de ontwikkeling van talrijke onzekerheidstypologieën voor uiteenlopende doelen.

Naast onzekerheidstypologieën, bestaan er ook risicotypologieën op basis van onzekerheid. Daarbij wordt een risico onder andere op basis van onzekerheid gekarakteriseerd, maar ook op basis van andere kenmerken; bijvoorbeeld waar of wanneer het risico optreedt. Risico's kunnen meer of minder onzekerheden bevatten. De kans op een auto-ongeluk is een voorbeeld van een risico dat relatief weinig onzekerheden bevat, terwijl de risico's van schaliegaswinning veel meer onzekerheden bevat. Dergelijke onzekerheden kunnen aanzienlijke gevolgen hebben voor hoe we best met risico's omgaan en dus zijn er risicotypologieën die expliciet rekening houden met onzekerheid. Evenals onzekerheidstypologieën, kunnen risicotypologieën bruikbare aanknopingspunten bieden voor het omgaan met onzekere risico's.

Teneinde mogelijk bruikbare onzekerheids- en risicotypologieën voor het omgaan met nieuwe risico's te identificeren is een literatuurreview uitgevoerd. Paragraaf 3.1 beschrijft hoe deze review is uitgevoerd en geeft een samenvatting van de belangrijkste resultaten. Op basis van de reviewresultaten zijn in eerste instantie zes onzekerheidstypologieën en twee risicotypologieën geselecteerd die respectievelijk in paragrafen 3.2 en 3.3 kort worden samengevat. Op basis van een analyse van de bestaande typologieën wordt in paragraaf 3.4 een typologie voor onzekerheden voorgesteld die het meest geschikt lijkt voor het omgaan met onzekerheden bij nieuwe risico's. Om aan het werk te kunnen gaan, hebben we eerst een causaal model nodig. Het veelgebruikte DPSIR model wordt daarom kort uitgelegd in paragraaf 3.5.

3.1. Literatuurreview

In de wetenschappelijke literatuur is gezocht naar verschillende onzekerheidstypologieën. Daarvoor is in eerste instantie de literatuurdatabase Web-of-Science (https://webofknowledge.com/) van Thomson Reuters gebruikt. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de gehanteerde zoektermen en –velden, inclusief het resultaat (aantal artikelen) van iedere zoekactie. De relevantie van deze artikelen is beoordeeld op basis van een globale scan van de titel en de abstract. Daarbij is met name gekeken naar de relevantie voor het beleidsterrein van nieuwe risico's. Sterk gespecialiseerde studies en case studies zijn buiten beschouwing gelaten. De geselecteerde literatuur is aangevuld met literatuur uit eigen collecties en literatuur die gevonden werd als gevolg van doorverwijzingen.

De geselecteerde artikelen (Tabel 3-1) zijn doorgenomen en nogmaals op relevantie beoordeeld, maar nu op basis van de volledige tekst. Daarbij is met name gekeken naar mogelijk bruikbare onzekerheids- en risicotypologieën en strategieën voor het omgaan met onzekerheden en onzekere risico's. Zo zijn bijvoorbeeld typologieën weggelaten die op een specifieke disciplinaire context betrekking hebben en/of geen beleidsrelevante aanwijzingen opleveren. De resultaten van deze exercitie staan in de bijlagen (Engelstalig). Uiteindelijk zijn op basis van deze tabel vijf onzekerheidstypologieën en twee risicotypologieën geselecteerd die in de volgende paragrafen kort worden beschreven.

Zoekterm(en)	Zoek in	Aantal artikelen	Geselecteerd
uncertainty AND typology	Topic	331	19
uncertainty AND review	Title	227	20
uncertainty AND classification	Title	138	2
uncertainty AND “technology assessment”	Topic	257	8
uncertainty AND risk AND decision	Title	146	15
“scientific uncertainty”	Title	131	13
typology AND ignorance	Topic	14	1
“new risks”	Title	82	2
“emerging risk*” and uncertainty	Topic	19	3
“emerging risk*”	Title	170	7
typology AND “lack of knowledge”	Topic	16	0
typology AND knowledge	Title	42	0
eigen database & experts	--	--	35
doorverwijzingen	--	--	3

Tabel 3-1 Gehanteerde zoektermen en –velden voor het zoeken naar onzekerheidstypologieën in het *Web of Science* (https://webofknowledge.com/), inclusief het aantal gevonden en geselecteerde artikelen.

3.2. Overzicht onzekerheidstypologieën

Op basis van het literatuuroverzicht zijn zes onzekerheidstypologieën geselecteerd die hieronder kort worden beschreven.

3.2.1. Onzekerheidstypologie van Van Asselt en Rotmans (2002)

Van Asselt en Rotmans (2002) analyseren het concept onzekerheid in het kader van integrale beoordelingsmodellering *(Integrated Assessment Modelling)*. Zij propageren in dat kader een typologie voor verschillende bronnen van onzekerheid. Zij betogen dat een pluralistische benadering ten opzichte van onzekerheid is vereist teneinde recht te doen aan het sociaalwetenschappelijke inzicht dat verschillende interpretaties van onzekerheid en uiteenlopende percepties van risico’s legitiem zijn. Deze pluralistische benadering wordt elders in dit rapport beschreven als framing (zie par. 2.4).

Op het hoogste aggregatieniveau onderscheiden Van Asselt en Rotmans (2002) twee categorieën van onzekerheid:

1. *Variabiliteit*. Hiermee wordt bedoeld dat het systeem onder studie zich op verschillende manieren kan gedragen of worden gewaardeerd. Variabiliteit wordt als een kenmerk van de werkelijkheid beschouwd.
2. *Beperkte kennis*, hetgeen wordt gezien als een eigenschap van degenen die een studie uitvoeren of – meer in algemene zin – de stand van onze kennis.

Variabiliteit

Variabiliteit wordt in vijf klassen onderverdeeld:

- *Inherente toevalligheid* (*randomness*): het niet lineaire, chaotische en onvoorspelbare gedrag van natuurlijke processen zoals de voortbeweging van wolken.

- *Waardendiversiteit*: verschillen in mentale beeldvorming (*mental maps*), wereldbeelden en normen & waarden tussen mensen die leiden tot uiteenlopende probleempercepties en -definities.
- *Menselijk gedrag*: niet-rationeel gedrag (d.w.z. gedrag dat afwijkt van de "rationele" modellen zoals die in de economie worden gehanteerd), verschillen tussen wat mensen zeggen dat ze doen en wat ze werkelijk doen en afwijkingen van standaard gedrag.
- *Sociale, economische en culturele dynamiek*: het niet-lineaire, chaotische en onvoorspelbare gedrag van sociale processen de (lastig te voorspellen) effectiviteit van beleidsmaatregelen;
- *Technologische verrassingen*: nieuwe ontwikkelingen of doorbraken in technologie en onverwachte neveneffecten van technologie.

Beperkte kennis
Wat betreft beperkte kennis wordt een continuüm beschreven lopend van onnauwkeurigheid (*inexactness*) tot niet reduceerbare onwetendheid:
- *Onnauwkeurigheid* (*inexactness*): een gebrek aan precisie, metrische onzekerheid, meetfouten en precieze onzekerheden.
- *Gebrek aan metingen & data*: data die verzameld hadden kunnen worden, maar dat niet zijn.
- *Praktisch niet meetbaar*: gegevens die uit praktische overwegingen niet verzameld worden.
- *Conflicterend bewijs*: beschikbare data laten verschillende interpretaties toe.
- *Reduceerbare ignorantie*: processen die we niet kennen maar in de toekomst wel zouden kunnen kennen.
- *Onbepaaldheid* (*indeterminism*): processen die we in essentie kennen maar die nooit volledig te bepalen zijn.
- *Onreduceerbare onwetendheid (ignorance)*: processen en interacties tussen processen die voor mensen niet (of niet ondubbelzinnig) kenbaar zijn.

3.2.2. Onzekerheidstypologie van Renn en Klinke (2004)
Renn & Klinke ontwikkelden in 2004 een classificatiesysteem voor risicotypen en bijbehorende managementstrategieën. Het artikel is gebaseerd op een uitgebreide studie van de German Advisory Council on Global Change gericht op het identificeren van strategieën voor het managen van wereldwijde milieurisico's (German Advisory Council on Global Change, 1998). Voor deze studie werd onder andere een analyse van de literatuur uitgevoerd en werd een panel van deskundigen geraadpleegd.

In het artikel beschrijven Renn & Klinke (2004) verschillende typen onzekerheden. Deze onzekerheidstypologie is tamelijk beperkt en omvat vijf categorieën:
- De identificatie en rechtvaardiging van waarschijnlijkheden (*kansen*) die zijn verbonden aan bepaalde specifieke schadelijke effecten of effectverdelingen.
- *Variabiliteit*: waargenomen of voorspelde variaties in respons op een stimulus tussen individuele doelen zoals mensen, dieren, planten en landschappen.
- *Systematische en willekeurige meetfouten* die typisch worden gekarakteriseerd aan de hand van een betrouwbaarheidsinterval.
- *Onbepaaldheid* (*indeterminancy*) als gevolg van een waarlijk stochastische relatie tussen oorzaak en effect, schijnbaar niet-causale en niet-cyclische willekeurige gebeurtenissen of slecht begrepen, niet-lineaire chaotische gebeurtenissen.
- *Kennisgebrek* (*lack of knowledge*) die het gevolg kan zijn van onwetendheid (*ignorance*), de exclusie van externe factoren als gevolg van systeembegrenzing, meetbeperkingen en andere zaken.

3.2.3. Onzekerheidstypologie van W.E. Walker et al. (2003)

Walker *et al*. (2003) hebben een typologie ontwikkeld voor besluitvorming die zich baseert op modelvoorspellingen. Zij constateren dat beleidsmakers zich over het algemeen bewust zijn van onzekerheden, maar niet altijd onderkennen dat er verschillende typen onzekerheid zijn. Een breed gedragen algemene typologie ontbreekt. Dit is onder andere van belang bij het operationaliseren van het voorzorgsbeginsel. Walker *et al*. (2003) willen met hun typologie de communicatie tussen (beleids)analisten onderling verbeteren, maar hopen ook de communicatie tussen (beleids)analisten, beleidsmakers en belanghebbenden te verbeteren. Zij denken dat een goede typologie de identificatie en prioritering van effectieve en efficiënte onderzoeksactiviteiten stimuleert.

Walker *et al*. (2003) plaatsen hun typologie binnen "het beleidsproces" dat volgens hen bestaat uit (1) probleemdefinitie, (2) probleemanalyse, (3) reflectie op de resultaten en (4) de beheersbeslissing en –implementatie. Bij deze verschillende beleidsfasen zijn verschillende actoren (analisten, beleidsmakers, belanghebbenden) in verschillende mate betrokken.

De typologie van Walker *et al*. (2003) is gericht op onzekerheden in systeemmodellering. Een systeemmodel wordt omschreven als een abstractie van het systeem dat wordt bestudeerd en dat karakteristieke oorzaak-gevolg processen van dit systeem bevat. Modellen kunnen verschillende vormen aannemen, bijvoorbeeld een conceptueel model in de vorm van een flowdiagram, maar vaak wordt het uitgedrukt in een set wiskundige relaties tussen parameters (mathematisch model) en vervolgens in een computerprogramma geïmplementeerd (computermodel). Systeemmodellen worden veel gebruikt om te voorspellen hoe het systeem zich zal ontwikkelen in reactie op externe factoren. Om de (diepe) onzekerheden in deze externe factoren (bv toekomstige ontwikkelingen binnen de samenleving) het hoofd te bieden, worden wel scenario-analyses uitgevoerd; deze analyses geven een beeld hoe het systeem zich kan ontwikkelen als functie van verschillende alternatieve toekomstscenario's.

Walker *et al*. (2003) definiëren onzekerheid als iedere afwijking ten opzichte van het onbereikbare ideaal van compleet determinisme. Ze onderscheiden drie dimensies van onzekerheid:

1. de plaats (of *locatie*) in het beleids- en/of modelleringsproces waar de onzekerheid zich voordoet;
2. de *mate* van onzekerheid;
3. de *aard* van de onzekerheid.

Een onzekerheid valt dus te karakteriseren op basis van de plaats in het beleids- of modelleringsproces waar deze zich voordoet, de mate waarin de situatie (beschikbare kennis) afwijkt van het onbereikbare ideaal van compleet determinisme en de achterliggende oorzaak (aard) van deze afwijking. Iedere dimensie van onzekerheid wordt door Walker *et al*. (2003) nader gespecificeerd met behulp van een aantal categorieën of klassen.

Locatie

De volgende generieke locaties waar zich onzekerheden kunnen voordoen worden in het beleids- of modelleringsproces onderscheiden:

- *Context*: Wat is precies het probleem? Wat hoort er wel bij en wat hoort er niet bij?
- *Model*: In hoeverre is het model een adequate weerspiegeling van de processen die in het bestudeerde systeem relevant zijn? Worden alle relevante processen meegenomen, worden deze adequaat beschreven en op een juiste manier in de computer geïmplementeerd?
- *Input*: Vormen de gehanteerde invoerparameters een accurate afspiegeling van de situatie waarvoor men een voorspelling wil doen?

- *Parameteronzekerheid*: Hoe betrouwbaar zijn de waarden die worden gebruikt om het model door te rekenen? Hierbij wordt verder onderscheid gemaakt tussen exacte, vaste, a priori vastgestelde en gekalibreerde parameters.
- *Uitkomstonzekerheid*: Hoe groot is de geaccumuleerde onzekerheid in de modeluitkomsten die voor de beleidsmaker relevant zijn? Deze onzekerheidsklasse wordt dus bepaald door context-, model-, input- en parameteronzekerheid.

Mate

De mate van onzekerheid is een belangrijke factor bij het kiezen van een strategie voor het omgaan met onzekerheid. Walker *et al*. (2003) hanteren de volgende terminologie om de mate van onzekerheid te karakteriseren:

- *Determinisme* waarbij we alles precies weten;
- *Statistische onzekerheid* is onzekerheid die in statistische termen kan worden omschreven. *Meetonzekerheid* wordt door Walker *et al*. (2003) een voorbeeld van statistische onzekerheid genoemd die verder wordt onderverdeeld in *sampling error* (representativiteit metingen), *inaccuracy* (systematische fout) en *imprecision* (variantie van herhaalde metingen).
- *Scenario-onzekerheid* is de situatie waarbij op basis van rationele overwegingen waarden kunnen worden toegekend aan een parameter of proces maar de waarschijnlijkheid van deze waarden niet kunnen worden bepaald.
- *Onderkende onwetendheid (recognized ignorance)* is de situatie waarin we weten dat bepaalde parameters of processen relevant zijn, maar geen informatie over deze parameters of processen hebben omdat een rationele basis voor het toekennen van waarden aan parameters of het beschrijven van processen ontbreekt. De interne processen in een “black box model” kunnen worden opgevat als een vorm van onderkende onwetendheid.
- *Totale onwetendheid (total ignorance)* is de situatie waarin we niet weten dat we iets niet weten dat wel relevant is voor het eindpunt dat wordt voorspeld.

Aard

Er worden twee extreme typen onzekerheid onderscheiden die qua aard verschillen:

- *Epistemische onzekerheid* is het gevolg van imperfecte kennis. Epistemische onzekerheid kan worden verkleind door kennis te *verbeteren*.
- *Variabiliteitsonzekerheid* (ook wel ontologische, aleatorische of stochastische onzekerheid genoemd) is een gevolg van de inherente variabiliteit die veel humane en ecosystemen kenmerkt.

De verschillende typen onzekerheid kunnen in kaart worden gebracht met behulp van een onzekerheidsmatrix (Tabel 3-2). Een ingevulde matrix geeft een systematisch en grafisch overzicht van de essentiële karakteristieken van onzekerheid in relatie tot het gebruik van modellen voor beslissingsondersteunende activiteiten.

Locatie		Mate			Aard	
		Statistisch	Scenario	Erkende ignorantie	Epistemisch	Variabiliteit
Context	Natuurlijke, technologische, economische, sociale en politieke representatie					
Model	Structuur					
	Technisch					
Input	Sturende variabelen					
	Systeemgegevens					
Parameters						
Uitkomst						

Tabel 3-2 De onzekerheidsmatrix van Walker *et al*. (2003).

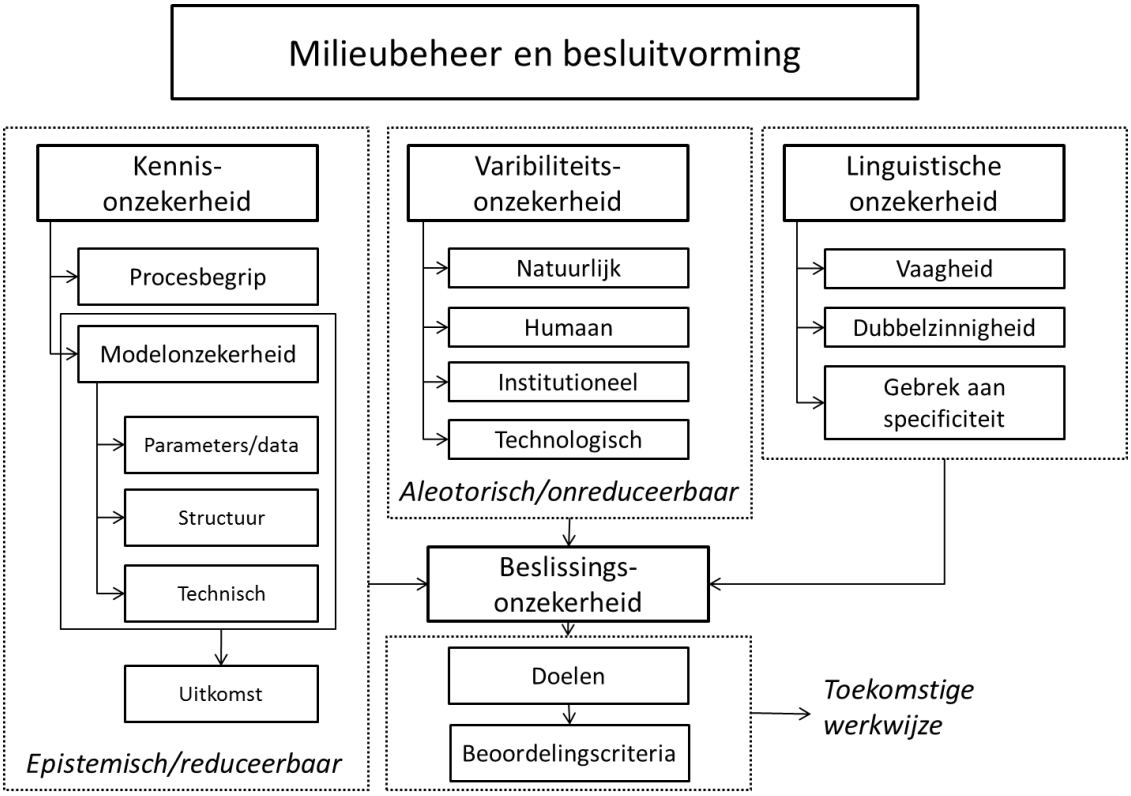
Er zijn verschillende varianten op de typologie van Walker *et al*. (2003), onder andere van (Refsgaard, van der Sluijs, Hojberg, & Vanrolleghem, 2007), (Knol, Petersen, van der Sluijs, & Lebret, 2009), (Briggs, Sabel, & Lee, 2009), (Skinner, Rocks, Pollard, & Drew, 2014) en (Mirakyan & De Guio, 2015). Ook de onzekerheidstypologie die het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in haar handleiding voor onzekerheidsbeoordeling en communicatie (Petersen et al., 2013) hanteert, is gebaseerd op de typologie van Walker *et al*. (2003).

3.2.4. Onzekerheidstypologie van Ascough *et al.* (2008)

Ascough *et al*. (2008) ontwikkelden een typologie voor onzekerheden teneinde beter rekening te kunnen houden met onzekerheden in besluitvormingsprocessen. Zij richtten zich daarbij met name op complexe milieuproblemen en het gebruik van modellen in deze besluitvorming. Hun typologie leunt sterk op die van Walker *et al*. (2003). Er worden vier hoofdcategorieën van onzekerheid onderscheiden (Figuur 3-1):

1. *Kennisonzekerheid* (*knowledge uncertainty*) heeft betrekking op onze beperkte kennis over het systeem. Kennisonzekerheid kan door aanvullend onderzoek worden gereduceerd. Kennisonzekerheid wordt verder onderverdeeld in *(beperkt) procesbegrip* en *modelonzekerheid*. *Procesbegrip* omvat alle zaken die onze kennis over het systeem beperken, zoals disciplinaire beperkingen, de beperkte ruimtelijke en temporele schalen waarop kennis van toepassing is, precisie en de beperkte beschikbaarheid van data. *Modelonzekerheid* wordt verder onderverdeeld in *parameter/data onzekerheid*, *modelstructuuronzekerheid*, *technische onzekerheid* en *uitkomstonzekerheid*. De laatste categorie is de cumulatie van de voorgaande drie (conform W.E. Walker et al., 2003).
2. *Variabiliteitsonzekerheid* (*variability uncertainty*) heeft betrekking op de inherente variabiliteit van menselijke en natuurlijke systemen. Variabiliteitsonzekerheid kan volgens Ascough *et al*. (2008) niet worden gereduceerd. Het wordt onderverdeeld in *natuurlijke*, *humane*, *institutionele* en *technologische* variabiliteit. Opvallend is dat variatie in humane waardenopvattingen tot humane variabiliteit wordt gerekend.
3. *Beslissingsonzekerheid* (*decision uncertainty*) speelt pas nadat eventuele risico's zijn ingeschat en heeft betrekking op de nagestreefde doelen en betrokken waarden.

4. *Linguïstische onzekerheid* (*linguistic uncertainty*) is onzekerheid die voortkomt uit het feit dat onze natuurlijke taal vaag, dubbelzinnig en contextafhankelijk is en de betekenis van woorden over de tijd kan veranderen. Linguïstische onzekerheid wordt onderverdeeld in *vaagheid* (*vagueness*), *meerduidigheid* (*ambiguity*) en *gebrek aan specificatie* (*underspecificity*).



Figuur 3-1 Onzekerheidstypologie van Ascough *et al*. (2008).

3.2.5. Onzekerheidstypologie van Brugnach *et al.* (2008)

Brugnach *et al*. (2008) doen suggesties om de traditionele benadering van onzekerheid te verbreden. Zij beschrijven onzekerheid aan de hand van de rol, betekenis en relatie met betrokkenen in het besluitvormingsproces. Dit wordt ook wel een "relationele benadering" genoemd; dit houdt in dat een object of begrip pas betekenis krijgt door zijn relatie met andere objecten en/of begrippen. Zo krijgt ruimte in een relationele benadering pas betekenis als zich objecten in deze ruimte bevinden. In een relationele benadering is onzekerheid niet langer iets dat moet worden beperkt of uitgebannen, maar dat ook kan worden aangepakt door problemen anders te "framen" zodat het probleem een andere betekenis krijgt. Brugnach *et al*. (2008) onderscheiden drie typen van onzekerheid:

1. Onvoorspelbaarheid (unpredictability);
2. Onvolledige kennis (incomplete knowledge);
3. Meerdere kennisframes (multiple knowledge frames).

De eerste twee onzekerheidstypen zijn vergelijkbaar met respectievelijk de categorieën ontologische en epistemische onzekerheid van Walker *et al*. (2003) die de aard van onzekerheid beschrijven. Het derde type onzekerheid doet zich voor als er verschillende – en soms conflicterende – beelden zijn over hoe het systeem moet worden begrepen. Deze beelden kunnen allemaal legitiem en plausibel zijn.

Er kunnen zich bijvoorbeeld verschillen van inzicht voordoen in hoe het systeem moet worden afgebakend, of op wat of wie de focus moet liggen. De verschillen kunnen ook voortkomen uit uiteenlopende interpretaties van dezelfde informatie.

Naast de drie onzekerheidstypen onderscheiden Brugnach *et al*. (2008) drie "kennisobjecten" waar zich onzekerheden kunnen voordoen. Dat zijn het natuurlijke, het technische en het sociale systeem. Het natuurlijke systeem is onze (natuurlijke) fysieke omgeving, het technische systeem zijn de (technische) ingrepen die we daarin plegen, zoals het aanleggen van dammen en wegen, en het sociale systeem omvat de economische, culturele, wettelijke, politieke, administratieve en organisatorische aspecten. Brugnach *et al*. (2008) presenteren een tabel met voorbeelden van de drie typen onzekerheden in de drie verschillende systemen (Tabel 3-3).

	Onvoorspelbaarheid (onvoorspelbaar systeemgedrag)	**Onvolledige kennis** - gebrek aan informatie - onbetrouwbare informatie - gebrek aan theoretisch begrip - onwetendheid	**Meerdere kennisframes** - verschillende en/of conflicterende manieren om het systeem te begrijpen - verschillende waarden en geloven - inzichtverschillen over ernst problematiek, ontwikkeling problemen en prioritering acties
Natuurlijk systeem - klimaateffecten - waterkwantiteit - waterkwaliteit - ecosysteem	Onvoorspelbaar gedrag van het natuurlijk systeem, bv: Hoe beïnvloedt klimaatverandering extreme weerssituaties?	Onvolledige kennis over het natuurlijk systeem, bv: Wat zijn betrouwbare meting van het waterniveau?	Meerdere kennisframes over het natuurlijke systeem, bv: Is het belangrijkste probleem in dit rivierstroomgebied waterkwantiteit of ecosysteemstatus?
Technisch systeem - infrastructuur - technologieën - innovaties	Onvoorspelbaar gedrag van het technische systeem, bv: Wat zullen de neveneffecten van technologie X zijn?	Onvolledige kennis over het technisch systeem, bv: Tot aan welk waterniveau zal de dijk het houden?	Meerdere kennisframes over het technische systeem, bv: Moeten er dijken worden aangelegd of uiterwaarden worden gecreëerd?
Sociaal systeem - organisatorische context - stakeholders - economische effecten - politieke aspecten - wettelijke aspecten	Onvoorspelbaar gedrag van het technische systeem, bv: Hoe zullen stakeholders bij de volgende overstroming reageren?	Onvolledige kennis over het sociale systeem, bv: Wat zijn de economische consequenties van een overstroming voor de verschillende stakeholders?	Meerdere kennisframes over het sociale systeem, bv: Wat is de meest geschikte manier om watertekort het hoofd te bieden. Marktwerking of onderhandelingsplatforms?

Tabel 3-3 Voorbeelden van de drie onzekerheidstypen in ieder van de drie kennisobjecten (Brugnach *et al*., 2008).

3.2.6. Onzekerheidstypologie van Myhr (2010)

Myhr (2010) ontwikkelde een eigen typologie voor onzekerheid ten behoeve van een sociaalwetenschappelijke analyse van de wetenschapsreview rond genetische modificatie die in 2003 in het Verenigd Koninkrijk is uitgevoerd. Binnen de discussie over genetisch gemodificeerde gewassen onderscheidt Myhr twee hoofdklassen van onzekerheid:

1. *Onzekerheid* (*incertitude*) die wordt veroorzaakt door een gebrek aan wetenschappelijke begrip en/of onvolledige beschrijving van een fenomeen.
2. *Linguïstische onzekerheid* komt voort uit meerduidigheid, contextafhankelijkheid, gebrek aan specificiteit en vaagheid in de taal die wordt gebruikt om processen of producten te omschrijven.

Onzekerheid (incertitude)

Er is volgens Myhr (2010) sprake van onzekerheid (*incertitude*) als mogelijke uitkomsten bekend zijn, maar de kans daarop niet. Deze klasse van onzekerheid wordt onderverdeeld in:

- *Epistemische onzekerheid* is onzekerheid als gevolg van gebrek aan kennis bijvoorbeeld bij een nieuwe activiteit of een heel complex proces. Epistemische onzekerheid kan met aanvullend onderzoek worden gereduceerd.
- *Onwetendheid (ignorance)* is onzekerheid waarbij zowel de gevolgen als de kansen niet (volledig) bekend zijn.

Linguïstische onzekerheid
Linguïstische onzekerheid kan niet worden gereduceerd door additioneel onderzoek, maar door conversatie en het opstellen van precieze definities van de systeemcomponenten en gehanteerde termen. De meest voorkomende vorm van linguïstische onzekerheid is volgens Myhr (2010) *meerduidigheid* (*ambiguity*). Er is bijvoorbeeld geen meerduidigheid over wat de consequenties zullen zijn van het telen van genetisch gemodificeerde gewassen voor de menselijke gezondheid, ecosystemen en biodiversiteit. Een andere vorm van linguïstische onzekerheid is *contextafhankelijkheid en gebrek aan specificiteit* hetgeen betrekking heeft op onzekerheid die het voorkomt uit een onvoldoende duidelijke omschrijving van de context waarbinnen een term wordt gebruikt. Myhr (2010) noemt als voorbeeld een gebrek aan gezamenlijk begrip van de conceptuele basis voor risicobeoordeling van genetisch gemodificeerde gewassen. Zowel de stappen in het risk assessment proces als de terminologie zijn volgens Myhr (2010) niet eenduidig gedefinieerd.

3.3. Overzicht risicotypologieën op basis van onzekerheid

Op basis van de literatuurreview zijn ook twee risicotypologieën op basis van onzekerheid geselecteerd die hieronder kort worden beschreven. Het zijn indelingen van risico's waarbij expliciet rekening wordt gehouden met de mogelijke onzekerheid in de kennis over die risico's.

3.3.1. Risicotypologie van Stirling & Gee (2002)

In een artikel over de relatie tussen voorzorg en wetenschap presenteren Stirling & Gee (2002) een typologie voor risico's. Stirling & Gee (2002) spreken zelf over een onzekerheidstypologie, maar de dimensies die zij hanteren – namelijk waarschijnlijkheden en uitkomsten – komen overeen met de dimensies van een risico; vandaar dat de typologie in dit rapport onder de risicotypologieën wordt geschaard. De typologie is gebaseerd op de Engels-Franse term "*incertitude*". Deze term wordt als overkoepelende term voor verschillende soorten risico gehanteerd. Risico's worden op basis van twee dimensies gekarakteriseerd:
- de beschikbaarheid van kennis over mogelijke uitkomsten;
- de beschikbaarheid van kennis over waarschijnlijkheden.

Op basis van deze twee dimensies onderscheiden Stirling & Gee (2002) vier type risico's (Figuur 3-2):
- *Risico* (*risk*). Hiervan is sprake als zowel de mogelijke uitkomsten als de bijbehorende kansen bekend zijn. Als voorbeeld noemen Stirling & Gee (2002) kwesties rond verkeersveiligheid.
- *Onzekerheid* (*uncertainty*). Er is sprake van onzekerheid als de mogelijke uitkomsten bekend zijn, maar er onvoldoende wetenschappelijke basis is om een rationele uitspraak te doen over de bijbehorende kansen. Als voorbeeld noemen Stirling & Gee (2002) het ontstaan van een nieuw pathogeen.
- *Meerduidigheid* (*ambiguity*). Bij meerduidigheid is er geen eenduidigheid over de uitkomsten, bijvoorbeeld als gevolg van de veelzijdigheid, complexiteit en de strekking van verschillende vormen van milieurisico's en de uiteenlopende manieren om deze risico's te kaderen en prioriteren. Als voorbeelden noemen Stirling & Gee (2002) institutionele aannames rond regulering van voedselveiligheid en de selectie van gevaarscategorieën en vectoren in chemische risicobeoordeling.

- *Onwetendheid* (*ignorance*). Hiervan is sprake op het moment dat zowel de kansen als de uitkomsten niet goed bekend zijn. Op het moment dat men ignorantie onderkent, erkent men de mogelijkheid van verrassingen. Voorbeelden zijn de relatie tussen gekkenkoeienziekte in runderen en de ziekte van Creutzfeldt-Jakob in mensen en de ontdekking van het mechanisme van hormoonverstoring in de regulering van chemische stoffen.

Kennisbasis waarschijnlijkheden	**Kennisbasis uitkomsten**	
	Uitkomsten duidelijk omschreven	*Uitkomsten slecht omschreven*
Sterke basis voor waarschijnlijkheden	**Risico** (risk)	**Meerduidigheid** (ambiguity)
	Onzekerheid (incertitude)	
Zwakke basis voor waarschijnlijkheden	**Onzekerheid** (uncertainty)	**Onwetendheid** (ignorance)

Figuur 3-2 Onzekerheidstypologie van Stirling & Gee (2002).

3.3.2. Risicotypologie van Renn & Klinke (2004)

Naar aanleiding van een uitgebreide studie in opdracht van de *German Advisory Council on Global Change*, gericht op het identificeren van strategieën voor het managen van wereldwijde milieurisico's (WGBU 1998), presenteren Renn & Klinke (2004) een typologie van risico's waarbij onzekerheid een belangrijke rol speelt. Er worden zes typen risico's onderscheiden:

1. *Het zwaard van Damocles*. Het zwaard dat aan een paardenhaar boven het hoofd van de hoveling van Dionysus bungelt staat voor welomschreven risico's. De oorzaken, processen en gevolgen behorende bij het risico zijn bekend: als het paardenhaar breekt, sterft Damocles. De kans op een ongeluk is klein, maar als het fout gaat kunnen de gevolgen dramatisch zijn. Hierbij worden kernenergie en grote dammen (bijvoorbeeld de Drieklovendam in China) als voorbeelden genoemd.
2. *De Cyclops*. De reus met één oog staat voor een eenzijdige blik op risico's. De mogelijke gevolgen behorende bij het risico zijn bekend, maar de oorzaken en/of onderliggende processen niet. Hierdoor kan de kans niet goed worden ingeschat, maar als het fout gaat zijn de gevolgen dramatisch. Hierbij worden El Nino en grootschalige aardbevingen als voorbeelden genoemd.
3. *Pythia*. De priesteres van het Orakel van Delphi staat voor risico's waarvan zowel de kans als de mogelijke gevolgen niet duidelijk zijn gedefinieerd: de Pythia spreekt in raadselen. Hierbij worden zelfversterkende effecten van klimaatverandering en de toepassing van GGO's in de landbouw als voorbeelden genoemd. Dit risicotype onderscheidt zich van het volgende (Doos van Pandora) omdat er wel een soort bewustzijn is of causaal verband wordt vermoed tussen de oorzaken en mogelijke schadelijke gevolgen.
4. *Doos van Pandora*. De doos met ongeluk die door de nieuwsgierige Pandora werd geopend staat voor risico's als gevolg van activiteiten die momenteel worden ontplooid, maar waarvan de mogelijke schadelijke gevolgen vooralsnog volledig onbekend zijn. De factor tijd speelt hierbij een belangrijke rol, in die zin dat de schadelijke gevolgen zich vaak pas vele jaren na het initiëren van de activiteit openbaren. Niet alleen zijn de kansen en mogelijke schadelijke gevolgen niet duidelijk omschreven, ook de causale verbanden ontbreken. Als voorbeeld wordt de toepassing van chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) genoemd waarbij het gat in de ozonlaag zich pas openbaarde vele jaren na de wereldwijde introductie en toepassing van CFK's.

5. *Cassandra*. De beeldschone koningsdochter die de Trojaanse oorlog en de val van Troje voorspelde, maar door niemand werd geloofd, staat voor risico's waarvan de kans en gevolgen bekend en groot zijn maar die door (verschillende partijen in) de samenleving worden gebagatelliseerd, onder andere als gevolg van de lange periode die verstrijkt tussen de activiteit die het risico veroorzaakt en de openbaring van de schadelijke gevolgen. Hierbij worden klimaatverandering en het verlies aan biodiversiteit als voorbeelden genoemd.
6. *Medusa*. Deze angstaanjagende godendochter die mensen kon doen verstenen staat voor risico's waarvan wetenschappers beweren dat de kans en gevolgen bekend, klein en beheersbaar zijn, maar die in de samenleving als groot risico worden gepercipieerd. Er is dus een grote kloof tussen wetenschappelijke risicobeoordeling en risicoperceptie in de samenleving. Elektromagnetische straling wordt hierbij als voorbeeld genoemd.

Risico	**Kans**	**Omvang effect**	**Latentieduur***	**Strategieën**
Damocles	Klein	Groot	Nvt	Schade beperken Kansen vaststellen Veerkracht verhogen
Cyclops	Onbekend	Groot	Nvt	Verrassingen voorkomen Beheersing noodsituaties
Pythia	Onbekend	Onbekend	Nvt	Implementatie voorzorgsbeginsel Alternatieven ontwikkelen Kennis verbeteren
Pandora	Onbekend	Onbekend	Groot	Reductie en begrenzing Beheersing noodsituaties
Cassandra	Groot	Groot	Groot	Bewustwording Vertrouwen opbouwen Publieke participatie
Medusa	Klein	Klein	Nvt	Risicocommunicatie Belonen & straffen

* Deze kolom is aan de oorspronkelijke tabel van Renn & Klinke (2004) toegevoegd om het verschil tussen Pythia en Pandora duidelijker naar voor te laten komen (Nvt = Niet van toepassing)

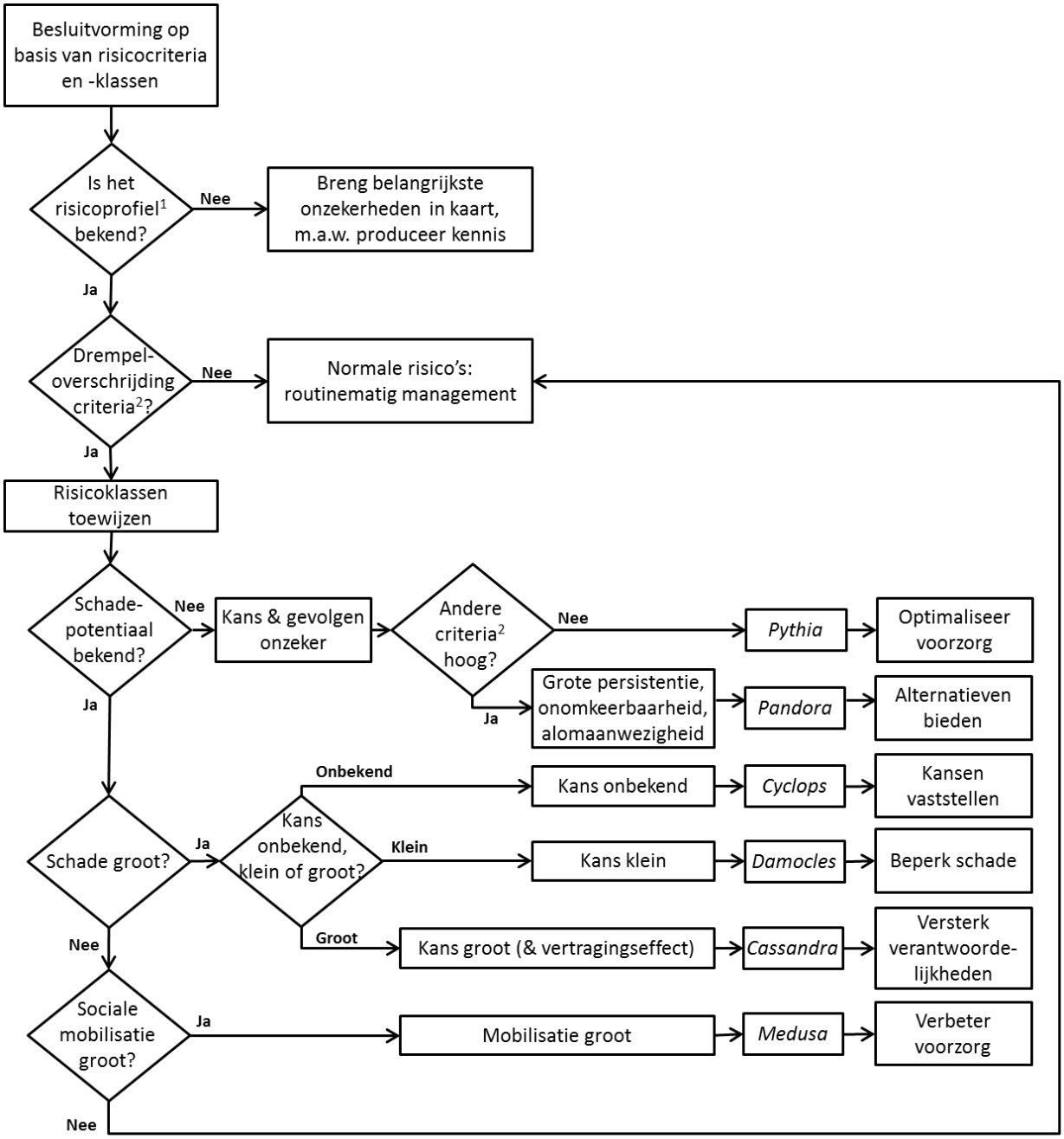
Tabel 3-4 Risicotypologie van Renn & Klinke (2004) en bijbehorende managementstrategieën.

Tabel 3-4 geeft een overzicht van de verschillende risicotypen van Renn & Klinke (2004), inclusief de bijbehorende managementstrategieën die daarbij door hen worden gesuggereerd. De typologie is in belangrijke mate gebaseerd op twee belangrijke risicodimensies, namelijk de kans dat een gebeurtenis zich voordoet en de omvang van de schadelijke gevolgen. In Tabel 3-4 is hier een derde dimensie aan toegevoegd, namelijk de latentieduur (*effect delay*), ofwel de tijdsspanne die verstrijkt tussen het initiëren van de risicoactiviteit en de openbaring van schadelijke effecten. Daarnaast identificeren Renn & Klinke (2004) nog zes andere dimensies die zij belangrijk achten voor risicotypering namelijk onzekerheid (*incertitude*), alomtegenwoordigheid (*ubiquity*), persistentie, omkeerbaarheid, aantasting van gelijkheid en mobilisatievermogen (Tabel 3-5). Deze laatste twee dimensies omvatten de sociale aspecten van risico's.

Dimensie	Toelichting
Omvang van de schade	Schadelijke effecten in natuurlijke eenheden zoals doden, gewonden en productieverlies.
Kans op gebeurtenis	Schatting voor de relatieve frequentie van een discrete of continue verliesfunctie
Onzekerheid (*incertitude*)	Somindicator voor de verschillende componenten van onzekerheid
Alomtegenwoordigheid (*ubiquity*)	Beschrijft de geografische spreiding van mogelijke schadelijke gevolgen (gelijkheid binnen generaties)
Persistentie	Beschrijft de mate waarin de schade zich over de tijd uitstrekt (gelijkheid tussen generaties)
Omkeerbaarheid (*irreversibility*)	Geeft aan in hoeverre het mogelijk is om na beëindiging van een activiteit de oorspronkelijke situatie te herstellen
Latentietijd (*delay effect*)	Periode die verstrijkt tussen het initiëren van de activiteit en de openbaring van schadelijke effecten; de latentietijd kan fysisch, chemisch of biologisch van aard zijn
Aantasting gelijkheid	Beschrijft de discrepantie tussen degenen die baat hebben bij de activiteit en degenen die het risico dragen
Mobilisatievermogen	Wordt opgevat als aantasting van individuele, sociale en culturele normen en waarden die aanleiding kunnen geven tot sociale conflicten of psychologische reacties van individuen of groepen die zich gekwetst voelen als gevolg van het risico's; dit kan ook het gevolg zijn van een gepercipieerde ongelijke verdeling van baten en risico's

Tabel 3-5 De negen risicodimensies (*criteria for evaluating risks*) van Klinke & Renn (2002).

Klinke & Renn (2002) presenteren op basis van de negen risicodimensies (die zij aanduiden met de term *criteria*) een beslisboom om risico's aan de hand van een aantal vragen te typeren en een bijbehorende managementstrategie te selecteren (Figuur 3-3). De beslisboom gaat er van uit dat er voldoende informatie beschikbaar is om het risicotype vast te kunnen stellen (vraag 1). Zo niet, is additioneel onderzoek noodzakelijk. Daarnaast suggereren Klinke & Renn (2002) dat betrokken partijen en instanties voor iedere dimensie drempelwaardes (normen) definiëren (vraag 2). Als deze drempels niet worden overschreden gaat het om een regulier risico dat met regulier management kan worden afgehandeld.



Figuur 3-3 De beslisboom van Renn & Klinke (2002) voor het evalueren en classificeren van risico's.

([1] het risicoprofiel is de globale karakterisering van het risico op basis van de negen risicodimensies uit Tabel 3-5; [2] de criteria komen overeen met de negen risicodimensies in Tabel 3-5).

3.4. Een onzekerheids- & risicotypologie voor nieuwe risico's

De onzekerheids- en risicotypologieën die in de vorige paragrafen zijn beschreven bevatten een aantal overeenkomstige elementen, maar ook aanzienlijke verschillen. Het meest in het oog springende verschil is dat tussen onzekerheidstypologieën enerzijds en risicotypologieën op basis van onzekerheid anderzijds. Hierbij dringt zich de vraag op of het bij nieuwe risico's primair gaat om het omgaan met onzekerheden van nieuwe risico's of om het omgaan met onzekere risico's. In het eerste geval is een bruikbare onzekerheidstypologie van belang; in het tweede geval een risicotypologie op basis van onzekerheid. Beide typologieën kunnen echter niet geheel los van elkaar worden gezien. Een goede risicotypering op basis van onzekerheid vereist immers inzicht in de diversiteit aan onzekerheden die het risico kenmerken. En de typering van een onzekerheid kan worden beïnvloed door het (gepercipieerde) risico of gevaar.

Hieronder wordt een typologie gepresenteerd voor het typeren van onzekerheden bij nieuwe risico's. Uitgangspunt is dat voorafgaand aan een karakterisering van de risico's (met Klinke & Renn, of Stirling ea, of een equivalent), eerst een analyse wordt gemaakt van onzekerheden, die op zich weer enkel mogelijk is door een eerste probleemverkenning te maken. Het gaat dan bijvoorbeeld om een inventarisatie van de activiteiten die het risico veroorzaken, de processen die daar uit voortvloeien en eventuele nadelige effecten. Dat kan door het opstellen van een (meer of minder uitgebreide) oorzaak-gevolg keten, bijvoorbeeld aan de hand van het DPSIR raamwerk, dat aan het eind van dit hoofdstuk wordt gepresenteerd.

Het in kaart brengen van nieuwe risico's is echter geen sinecure, juist vanwege de vele onzekerheden. Als gevolg van fragmentarische kennis, uiteenlopende percepties en diverse belangen is er typisch sprake van meerduidigheid; verschillende personen of groepen in de samenleving zullen het probleem en de bijbehorende onzekerheden op een andere manier ervaren, waarderen en definiëren. Men kan proberen deze diversiteit in probleemopvattingen te inventariseren. Dit kan bijvoorbeeld door de betrokken actoren te identificeren en hen te vragen hoe zij het nieuwe risico percipiëren bijvoorbeeld door middel van *fuzzy cognitive mapping*. Maar het identificeren van relevante actoren is bij nieuwe risico's echter niet altijd eenvoudig. Als bijvoorbeeld nog onduidelijk is welke schadelijke effecten kunnen optreden, dreigt een catch 22-situatie: de diversiteit in probleemopvattingen is afhankelijk van de betrokken actoren, maar deze actoren kunnen niet altijd worden geïdentificeerd omdat de effecten nog onduidelijk zijn. Denk bijvoorbeeld aan vissers die mogelijk schade ondervinden als gevolg van microplastics maar als belangengroep pas in beeld komen als hier voldoende wetenschappelijk aanwijzingen voor zijn.

Als een nieuw risico niet eenduidig en/of volledig in kaart kan worden gebracht is de consequentie dat ook de typering van het risico en de bijbehorende onzekerheden niet eenduidig zal zijn. Verschillende probleemopvattingen kunnen immers tot de identificatie van verschillende onzekerheden leiden en dientengevolge tot een andere risicotypering en een andere prioritering en aanpak van het probleem. Het is voor een beleidsmaker relevant om zich hiervan bewust te zijn. Het is immers denkbaar dat een oplossingsrichting die op basis van een bepaalde probleemopvatting wordt gekozen minder goed past bij andere probleemopvattingen. Als de diversiteit aan probleemopvattingen bekend is kan hiermee rekening worden gehouden bij het ontwerpen van een beleidsstrategie, bijvoorbeeld door het nemen van maatregelen die voor diverse problemen geschikt zijn of door een combinatie van maatregelen die recht doet aan de diversiteit in probleemopvattingen.

De conclusie luidt dat onzekerheid bij nieuwe risico's bijdraagt aan meerduidigheid en onvolledigheid, zowel wat betreft probleemopvatting als de typering van het risico en de bijbehorende onzekerheden. Het is van belang om deze meerduidigheid en onvolledigheid te onderkennen en waar mogelijk ook te beschrijven zodat hier bij het ontwikkelen van een adequate beleidsstrategie rekening mee kan worden gehouden. Kritische reflecteren kan daarbij een belangrijk hulpmiddel zijn. Indien de middelen en tijd beperkt zijn kan dit op kleine schaal, bijvoorbeeld door intern binnen het ministerie

met een groep mensen vanuit verschillende perspectieven het probleem te definiëren. Als meer middelen beschikbaar zijn kunnen hiervoor tools zoals actor-analyse en *fuzzy cognitive mapping* worden ingezet, bij voorkeur in een iteratief proces waarbij aangepaste probleemdefinities tot de identificatie van nieuwe actoren kunnen leiden en vice versa.

De onzekerheidstypologie bij nieuwe risico's kent de volgende typen onzekerheid: framing-onzekerheid, kennisonzekerheid, diversiteit, indeterminisme en onwetendheid. Deze typen worden hieronder kort toegelicht.

Framing-onzekerheid

Framing-onzekerheid heeft betrekking op de diversiteit aan probleemopvattingen die binnen de samenleving bestaat. Zoals hierboven geconstateerd, kan het ontbreken van kennis bijdragen aan deze diversiteit in probleemopvattingen, maar framing-onzekerheid kan ook andere oorzaken hebben zoals verschillen in normen en waarden, (toegang tot) kennis en taalgebruik.

De klasse framing-onzekerheid vertoont overeenkomsten met onzekerheidstypen die door anderen zijn beschreven zoals "meerdere kennisframes" (Brugnach *et al*., 2008), contextonzekerheid (Walker *et al*., 2003) en meerduidigheid (Myhr, 2010; Ascough *et al*., 2008; Stirling en Gee, 2002). Onzekerheidstypen zoals waardendiversiteit (Van Asselt en Rotmans, 2002) en linguïstische onzekerheid (Myhr, 2010; Ascough *et al*., 2008) kunnen bijdragen aan framing-onzekerheid en worden daarom als subcategorieën van framing-onzekerheid beschouwd.

Er zijn verschillende instrumenten beschikbaar om (aspecten van) framing-onzekerheid te identificeren en beschrijven, zoals het DPSIR raamwerk, actor-analyse en *fuzzy cognitive mapping*. Het kwadrant van Hoppe (paragraaf 2.3) kan helpen om een indruk te krijgen of framing-onzekerheid samenhangt met waardendiversiteit en/of kennisonzekerheid. De beschreven grondhoudingen ten aanzien van onzekerheid (paragraaf 2.2) kunnen ook als hulpmiddel worden gebruikt bij de identificatie van uiteenlopende probleemopvattingen, bijvoorbeeld door deze in een rollenspel als rolbeschrijving te hanteren.

Kennisonzekerheid

Kennisonzekerheid wordt hier gedefinieerd als onzekerheid die het gevolg is van een gebrek aan kennis en die door het verzamelen van nieuwe kennis (onderzoek) naar verwachting binnen een redelijke termijn kan worden gereduceerd. Kennisonzekerheid kan zowel betrekking hebben op het maatschappelijke domein (bijvoorbeeld kennisgebrek over framing, normen en waarden, betrokken actoren, verantwoordelijkheden, toegang tot kennis en/of wet- en regelgeving) als op het fysieke/technische domein (bijvoorbeeld kennisgebrek over oorzaak-gevolg processen, mogelijke schadelijke effecten en/of de effectiviteit van mogelijke interventies).

De gekozen definitie van kennisonzekerheid wijkt af van gangbare definities zoals beperkte kennis (Van Asselt & Rotmans, 2002), kennisgebrek (Renn & Klinke, 2004), epistemische onzekerheid (Walker *et al*., 2003; Myhr, 2010), kennisonzekerheid (Ascough *et al*., 2008) en onvolledige kennis (Brugnach *et al*., 2008). Het belangrijkste verschil is dat kennisonzekerheid hier wordt beschouwd als een bron van onzekerheid die op redelijke termijn kan worden gereduceerd, terwijl dit bij andere definities niet wordt geëxpliciteerd. Dit heeft een aantal implicaties, namelijk:

- Het gebrek aan kennis moet worden onderkend anders kan het immers niet als zodanig worden gelabeld. Dit kan alleen als het kennisgebrek kan worden gekoppeld aan bepaalde processen, actoren, waarden, enzovoorts die relevant worden geacht voor het nieuwe risico. Het in kaart brengen van (de diversiteit aan) probleemopvattingen speelt ook hier dus een belangrijke rol.
- Toekenning van het label "kennisonzekerheid" vereist een inschatting van de haalbaarheid om het geïdentificeerde kennisgebrek te reduceren. Daarbij spelen verschillende aspecten een rol.

Zo kan men zich afvragen of een proces überhaupt kenbaar is, bijvoorbeeld bij processen die als inherent stochastisch worden beschouwd zoals bewegingen van wolken of tumorvorming (zie indeterminisme). Daarnaast speelt de vraag op welke termijn het fenomeen kenbaar is, hetgeen met name relevant is voor het managen van het nieuwe risico. In beide gevallen gaat het om subjectieve inschattingen die worden beïnvloed door framing-onzekerheid.

De gehanteerde definitie van kennisonzekerheid heeft als praktisch voordeel dat deze kan direct worden gekoppeld aan nieuw onderzoek als potentiële managementstrategie. Het is wel belangrijk dat hierbij de framing-onzekerheid en subjectiviteit in beschouwing worden genomen. Bijvoorbeeld: Is het onderzoek relevant voor alle geïdentificeerde probleemopvattingen? En: Hoe verhoudt de urgentie van het probleem zich tot de verwachte termijn waarop het onderzoek resultaten biedt?

Diversiteit

Diversiteit wordt hier gedefinieerd als variatie in systeemcomponenten die voor het risico relevant zijn. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om variatie in de ruimte, in de tijd, tussen mensen, in beleidskaders of in probleemopvattingen. Diversiteit wordt vaak gezien als een gegeven, ofwel een inherente eigenschap van het systeem; het is niet door aanvullend onderzoek te reduceren maar kan wel door aanvullend onderzoek beter worden beschreven. Hierdoor kan een gedetailleerder beeld ontstaan van het risico, bijvoorbeeld waar het optreedt, wanneer het optreedt, wie of wat de slachtoffers zullen zijn, wat voor waarden en normen in het spel zijn, welke beleidskaders door overheden worden gehanteerd en hoe groot de diversiteit aan probleemopvattingen in de samenleving is.

De gekozen definitie van diversiteit is gebaseerd op wat andere auteurs variabiliteit (Van Asselt & Rotmans, 2002; Renn & Klinke, 2004), variabiliteitsonzekerheid / ontologische onzekerheid (Walker *et al*., 2003; Ascough *et al*., 2008) of onvoorspelbaarheid (Brugnach *et al*., 2008) noemen. Opvallend is dat auteurs niet altijd eenduidig zijn over wat precies onder variabiliteit valt. Zo rekenen Van Asselt & Rotmans inherente toevalligheid van een systeem (*randomness*) tot variabiliteit, maar onbepaaldheid tot beperkte kennis (epistemische onzekerheid). Beide fenomenen lijken echter nauw gerelateerd: een proces kan als inherent toevallig worden beschouwd als gevolg van een gebrek aan kennis. Dit voorbeeld illustreert dat diversiteit en kennisgebrek nauw verwant zijn; als relevante diversiteit niet wordt onderkend of de informatie ontbreekt om deze te beschrijven, leidt dit tot onzekerheid.

De relevantie van diversiteit in het maatschappelijke systeemcomponenten (probleemopvattingen, normen en waarden, etc.) voor het omgaan met nieuwe risico's is hierboven reeds benoemd. Voor het natuurlijke systeem is deze relevantie minder voor de hand liggend. Vaak wordt diversiteit gekoppeld aan bepaalde systeemcomponenten op het moment dat een redelijk scherp beeld bestaat van de processen die een rol spelen. Als het bijvoorbeeld gaat om de humane risico's van gevaarlijke stoffen, dan is diversiteit in gedrag en gevoeligheid van mensen relevant om te bepalen hoeveel (en welke) mensen mogelijk gevaar lopen. Voor nieuwe risico's geldt dat de relevante processen en systeemcomponenten nog niet helder zijn. Het kennen van diversiteit krijgt in een dergelijke context vaak minder prioriteit. Dat ligt anders als er sprake is van een diversiteit aan potentieel risicovolle activiteiten, zoals bij nanotechnologie. De veelheid aan mogelijke toepassingen kan leiden tot een diversiteit aan mogelijke processen en schadelijke effecten. In dergelijke gevallen ligt het voor de hand om de diversiteit van de risicobeoordeling te beperken, bijvoorbeeld door case-by-case assessments uit te voeren. De relevantie van diversiteit voor nieuwe risico's en de strategie hier het best bij past is dus mede afhankelijk van waar deze diversiteit zich voordoet.

Indeterminisme

Indeterminisme wordt hier gedefinieerd als onzekerheid die door het verzamelen van nieuwe kennis (onderzoek) naar verwachting niet, of niet binnen een redelijke termijn, kan worden gereduceerd. Daarmee is indeterminisme de tegenhanger van kennisonzekerheid, die wel met meer kennis kan worden gereduceerd. Er kunnen verschillende oorzaken aan indeterminisme ten grondslag liggen, bijvoorbeeld praktische beperkingen om relevante parameters te bepalen (bijvoorbeeld de blootstellingsdosis die correspondeert met een tumorrisico van één op de miljoen) of complexiteit van de onderliggende processen (bijvoorbeeld de processen die de beurswaarde van aandelen bepalen).

De klasse indeterminisme wordt in de literatuur breed onderkend, bijvoorbeeld in de onzekerheidstypologieën van Van Asselt & Rotmans (2002) en Renn & Klinke (2004). Minder gebruikelijk is het om hier een praktische dimensie aan te koppelen; het gaat dus niet zozeer om de vraag of een parameter of proces ten principale aan de hand van onderzoek wel of niet kan worden gekarakteriseerd, maar in praktische zin en binnen welke termijn. Daarmee komt het subjectieve karakter van indeterminisme nadrukkelijker naar voren; wat iemand als indeterminisme beschouwt zal dus mede worden bepaald door zijn of haar kennisachtergrond, normen en waarden, probleemopvatting, et cetera. Het is immers niet altijd a priori duidelijk wat kennis in de toekomst zal kunnen verklaren en wat te chaotisch of ondoenbaar blijft. Evenals voor kennisonzekerheid, geldt ook voor indeterminisme dat onderkenning van het fenomeen niet los kan staan van de (diversiteit aan) probleemopvatting(en).

Het is evident dat indeterminisme niet door middel van extra onderzoek kan worden aangepakt. Het vereist een managementstrategie die rekening houdt met het feit dat bepaalde gebeurtenissen kunnen optreden, zonder dat details bekend zijn, zoals waar of wanneer de gebeurtenis optreedt, wie het slachtoffer is of hoe de samenleving op dat moment reageert. Het leidt tot beleid dat onvoorspelbaarheid accepteert en daar rekening mee houdt door robuuste oplossingen te zoeken.

Onwetendheid

Onwetendheid wordt hier gedefinieerd als onzekerheid die het gevolg is van een gebrek aan kennis zonder dat we weten dat deze kennis voor het nieuwe risico relevant is en ontbreekt. Onwetendheid onderscheidt zich van kennisonzekerheid en indeterminisme omdat in beide laatste gevallen een notie van kennisgebrek aanwezig is, maar deze notie ontbreekt dus bij onwetendheid.

Onwetendheid wordt in de wetenschappelijke literatuur breed onderkend en vaak aangeduid met de Engelse term "*ignorance*" (Van Asselt & Rotmans, 2002; Myhr, 2010) of "*complete ignorance*" (Walker *et al*., 2003). In wat meer populaire artikelen wordt ook wel de term "*unknown unknowns*" gehanteerd, waarbij vaak wordt gerefereerd aan een uitspraak van de voormalige minister van defensie van de Verenigde Staten, Donald Rumsfeld, in de aanloop naar de Irak-oorlog.

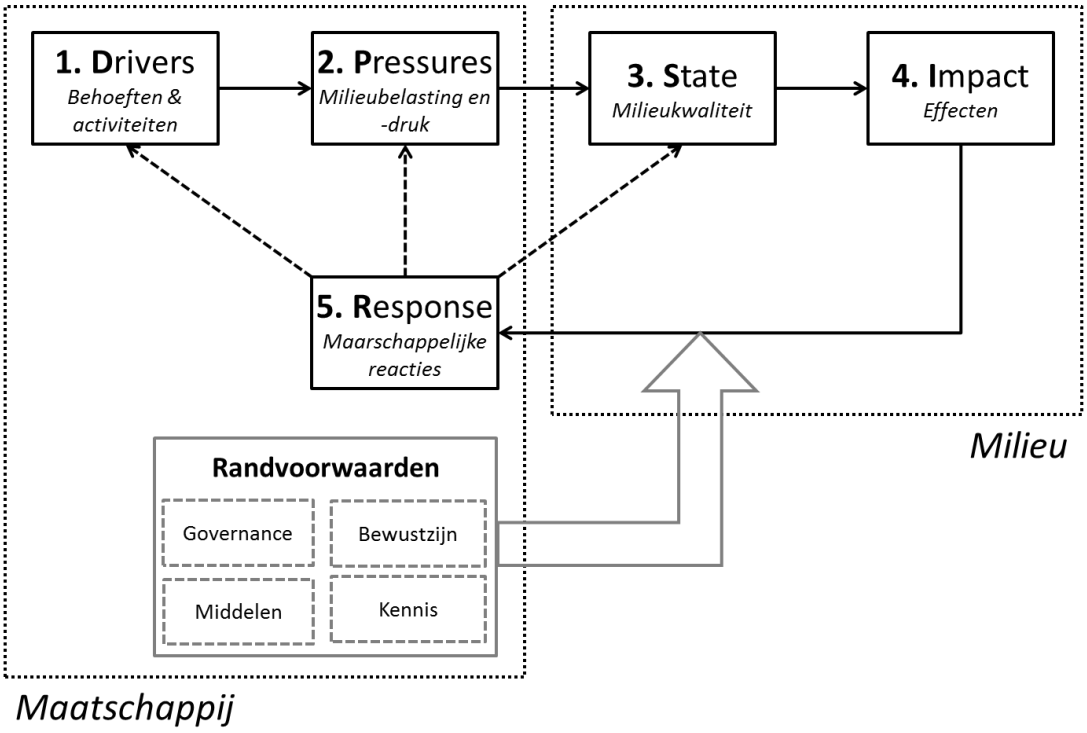
Onwetendheid kan aanleiding geven tot onverwachte processen en effecten. Het is lastig onwetendheid te bepalen of hier rekening mee te houden: hoe kun je immers iets bepalen of er rekening houden als je niet weet dat het er is? Toch is onwetendheid minder ongrijpbaar dan in eerste instantie lijkt. Zo wordt in de dagelijkse praktijk vaak aangenomen dat de kans op onverwachte gebeurtenissen afneemt naarmate een systeem beter is onderzocht of wordt begrepen. Als dit inzicht klopt, kan de mate waarin een probleem is bestudeerd in relatie tot de complexiteit ervan, een mogelijke indicator vormen voor (de mate van) onwetendheid, ofwel de kans op onverwachte processen en effecten. Als de mate van onwetendheid groot wordt geacht, ligt het voor de hand om het risico in ruimte en tijd zo veel mogelijk te beperken. Bij risicovolle activiteiten kan bijvoorbeeld worden gedacht aan experimenteren op kleine schaal.

3.5. Methoden om nieuwe risico's in kaart te brengen

In de literatuur zijn talrijke modellen beschreven om (milieu)beleidsproblemen te structureren en beschrijven. Een model dat in de milieuwetenschappen veel wordt gebruikt is het DPSIR raamwerk. Dat wordt hieronder beschreven. Vervolgens wordt dit model kritisch beschouwd en aangepast zodat het ook toepasbaar wordt op andere problemen zoals drones en zelfrijdende auto's.

3.5.1. DPSIR

Het DPSIR raamwerk is een hulpmiddel om verschillende processen die een rol spelen bij het ontstaan en aanpakken van milieuproblemen in onderling verband te beschrijven en presenteren ((Bell, 2012; A. J. Gregory, Atkins, Burdon, & Elliott, 2013; Ness, Anderberg, & Olsson, 2009). Het DPSIR raamwerk is primair een communicatiemiddel: het creëren van een gezamenlijk referentiekader bevordert de uitwisseling van beelden en opvattingen en voorkomt miscommunicatie. DPSIR wordt door verschillende overheidsinstanties, zoals het Europese Milieuagentschap (EEA), als gemeenschappelijk referentiekader gepropageerd (Smeets & Weterings, 1999).



Figuur 3-4 Het DPSIR raamwerk.

DPSIR staat voor *Drivers*, *Pressures*, *State*, *Impact* en *Responses*. De termen laten zich niet direct in het Nederlands vertalen. Hier worden respectievelijk de termen "Behoeften & activiteiten", "Milieubelasting en –druk", "Milieukwaliteit", "Effecten" en "Maatschappelijke reacties" gehanteerd (Figuur 3-4). De verschillende stappen van het DPSIR raamwerk worden hieronder nader toegelicht.

Drivers (behoeften & activiteiten)

De *drivers* omvatten de maatschappelijke behoeften en activiteiten die tot milieugebruik leiden. Denk bijvoorbeeld aan landbouw, visserij, verkeer of industriële productieprocessen. De drivers worden in het Nederlands ook wel aangeduid als de (basis)oorzaken van een milieuprobleem. DPSIR maakt geen

onderscheid tussen behoeften (bijvoorbeeld de menselijke behoefte aan voedsel) en de activiteiten die daar uit voortvloeien (bijvoorbeeld landbouw en visserij). Een dergelijk onderscheid kan soms zinvol zijn omdat de relatie tussen menselijke behoeften en activiteiten een aangrijpingspunt voor sturing kan vormen. Als bijvoorbeeld verschillende, alternatieve activiteiten gericht zijn op dezelfde menselijke behoefte, ligt het voor de hand om de voorkeur te geven aan het minst milieubelastende alternatief.

Pressures (milieubelasting of –druk)
De *pressures* zijn alle vormen van milieubelasting en –druk die voortvloeien uit de menselijke behoeften en activiteiten. Bij landbouw kan men bijvoorbeeld denken aan de bestrijdingsmiddelen die in het milieu terechtkomen. Maar ook landgebruik is een vorm van milieubelasting en –druk omdat het gebruik land aan de natuur onttrekt. Uitputting van grondstoffen en de kans op een explosie zijn andere voorbeelden van milieubelasting en –druk.

State (milieukwaliteit)
De *state* heeft betrekking op de toestand van het milieu; de milieukwaliteit. Voorbeelden zijn de concentraties bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater, de voorraad van een bepaalde grondstof of de hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer. Als de kwaliteit van het milieu goed is zullen geen schadelijke effecten optreden en kan het milieu diensten aan de maatschappij verlenen zoals de productie van voedsel en het zuiveren van (drink)water.

Impact (effecten)
De impact is een aantasting van een bepaalde menselijke waarde die een direct of indirect gevolg is van het menselijk handelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om aantasting van biodiversiteit, menselijke gezondheid of de voedselproductie.

Respons (maatschappelijke reacties)
De *respons* is de maatschappelijke reactie die een gevolg is van de aantasting van bepaalde maatschappelijke waarden. Denk daarbij aan natuurbeheersmaatregelen om de biodiversiteit te verhogen, een verbod op het gebruik van pesticiden of maatregelen om het energiegebruik terug te dringen. Een respons is geen automatisme, het is afhankelijk van een aantal randvoorwaarden zoals het (maatschappelijke) bewustzijn van de aantasting van bepaalde waarden en de beschikbaarheid van kennis, adequate governance-structuren en middelen.

3.5.2. Een model voor het karteren van onzekerheden bij nieuwe risico's.

Het DPSIR model is zeer bruikbaar voor het in kaart brengen van milieuproblemen, maar leent zich minder goed voor nieuwe risico's waarbij de processen in de fysieke omgeving een minder dominante rol spelen, zoals bij drones en zelfrijdende auto's. Daarnaast worden de onderliggende maatschappelijke processen bij de onderkenning en aanpak van het probleem slechts zeer globaal beschreven terwijl onzekerheid met name hier een belangrijke rol kan spelen zoals blijkt uit onzekerheidstypen als waardendiversiteit (Van Asselt & Rotmans, 2002), contextonzekerheid (Walker *et al*., 2003) en linguïstische onzekerheid (Ascough *et al*., 2008; Myhr 2010). In deze paragraaf zal het DPSIR model enerzijds worden vereenvoudigd zodat het ook toepasbaar wordt op problemen waarbij het fysieke milieu een minder dominante rol speelt en anderzijds worden uitgebreid zodat de maatschappelijke processen die ten grondslag liggen aan de onderkenning en aanpak van het probleem beter tot hun recht komen.

De schakels Drivers, Pressures, State en Impacts worden teruggebracht tot een simpel oorzaak-gevolg model dat bestaat uit drie schakels:

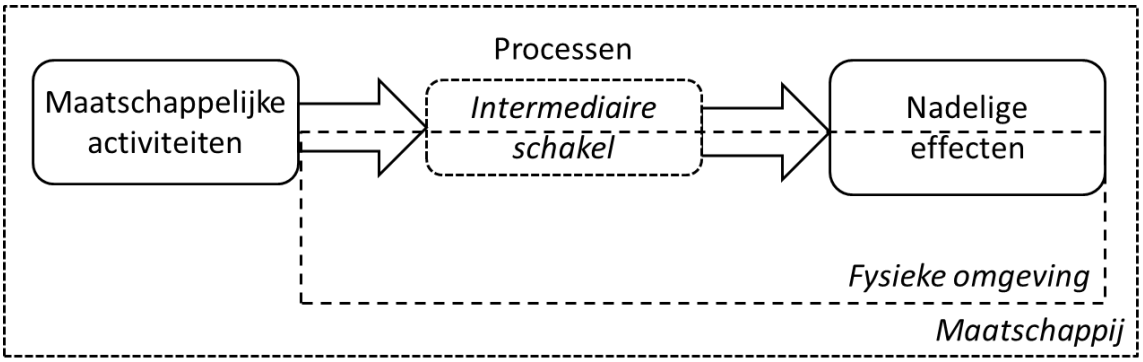
1. Activiteiten

2. Processen
3. Nadelig gewaardeerde effecten

De *activiteiten* vormen de aanleiding voor het risico; zij zetten bepaalde *processen* in gang die uiteindelijk tot *nadelig gewaardeerde effecten* kunnen leiden. Het oorzaak-gevolg proces kan zich volledig in het maatschappelijke domein afspelen, zoals bij drones of zelfrijdende auto's, of deels in het maatschappelijke domein en deels in de fysieke omgeving zoals bij microplastics, medicijnen in water of schaliegas. Op het moment dat men het probleem in kaart probeert te brengen zijn dus 3 vragen van belang:

- Welke maatschappelijke activiteiten leiden tot het risico?
- Welke nadelig gewaardeerde effecten worden met het risico geassocieerd?
- Wat weten we over de processen die de maatschappelijke activiteiten en nadelig gewaardeerde effecten met elkaar verbinden?

Bepaalde risico's, zoals microplastics, worden niet zozeer gekarakteriseerd aan de hand van menselijke activiteiten of nadelig gewaardeerde effecten, maar aan de hand van een intermediaire processtap. In het geval van microplastics is het de aanwezigheid van microplastics in het milieu dat als risico wordt beschouwd. In dergelijke gevallen kan het zinvol zijn het oorzaak-gevolg schema uit te breiden met een intermediaire processchakel. Uiteindelijk leidt dit tot het volgende generieke oorzaak-gevolg schema voor nieuwe risico's:



Figuur 3-5 Generiek oorzaak-gevolgschema.

Dit generieke schema is eigenlijk slechts een algemenere vorm van het DPSIR model en bestaat uit oorzaak, gevolg en feedback, een schema dat in klassieke modellering wordt gebruikt. Bij een nieuw risico zal in beginsel minimaal één van de schakels de basis vormen voor de definitie van het risico. Bij nanotechnologie zijn dat bijvoorbeeld de maatschappelijke activiteiten (toepassingen van nanotechnologie) en bij microplastics de intermediaire schakel (microplastics in het milieu). Verlies aan biodiversiteit is een voorbeeld van een probleem dat wordt gedefinieerd op basis van de schakel nadelige effecten.

Kenmerkend voor nieuwe risico's is het feit dat er slechts beperkte informatie beschikbaar is over de oorzaak-gevolg keten. Er is een zekere notie dat bepaalde maatschappelijke activiteiten verbonden zijn met (een kans op) nadelig gewaardeerde effecten, maar het verband is niet eenduidig. Dit gebrek aan kennis kan op verschillende schakels betrekking hebben:

- Effectonzekerheid. In dit geval bestaat onzekerheid over de aard en omvang van mogelijke nadelig gewaardeerde effecten.

- Procesonzekerheid. In dit geval bestaat onzekerheid over de processen die maatschappelijke activiteiten en nadelig gewaardeerde effecten met elkaar verbinden.
- Activiteitonzekerheid. In dit geval bestaat onzekerheid over de maatschappelijke activiteiten die het risico veroorzaken.

Activiteit-, proces- en effectonzekerheid zijn onderling afhankelijk. Als bijvoorbeeld niet bekend is welke processen kunnen optreden als gevolg van een maatschappelijke activiteit, dan zullen ook de aard en omvang van de nadelig gewaardeerde effecten onbekend zijn. Maar het kan ook zo zijn dat de processen (en bijbehorende nadelig gewaardeerde effecten) wel in kwalitatieve zin omschreven kunnen worden, maar dat onvoldoende kennis beschikbaar is om de relaties te kwantificeren. In dergelijke gevallen is wel de aard van de nadelig gewaardeerde effecten bekend, maar niet de omvang en/of de kans dat deze zich zullen voordoen. Als de effecten de basis voor de risicodefinitie vormen, geldt een soortgelijke redenering voor de maatschappelijke activiteiten. En als een risico is gedefinieerd op basis van een intermediaire schakel in de oorzaak-gevolgketen, kan er zowel onzekerheid bestaan over de maatschappelijke activiteiten die bijdragen aan het risico, als over de nadelig gewaardeerde effecten die hieruit voortkomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor microplastics waarbij enerzijds onzekerheid bestaat over welke bronnen in welke mate bijdragen aan microplastics in het milieu, en anderzijds over de aard en omvang van mogelijke nadelig gewaardeerde effecten.

Waardenconflicten
Het DPSIR raamwerk leent zich onder andere om het maatschappelijk dilemma rond milieuvraagstukken en nieuwe risico's te illustreren. In de samenleving kan frictie ontstaan omdat er verschillende waarden in het geding zijn; enerzijds de waarden die zijn gekoppeld aan de drivers (bijvoorbeeld het bevredigen van bepaalde menselijke behoeften of het verdienen van geld aan bepaalde menselijke activiteiten) en anderzijds de waarden die zijn gekoppeld aan de impact (bijvoorbeeld aantasting van de menselijke gezondheid of biodiversiteit). Deze waarden zijn vaak ongelijk over de samenleving verdeeld; degenen die baat hebben bij de menselijke activiteiten zijn niet altijd degenen die de schadelijke effecten ondervinden. Vaak is er ook sprake van segregatie in ruimte en tijd, bijvoorbeeld als de effecten zich elders of veel later voordoen dan de oorzaak.
Als het DPSIR raamwerk wordt gebruikt om een milieuprobleem of nieuw risico te beschrijven is het van belang om na te gaan of alle waarden die bij het dilemma betrokken zijn door het DPSIR raamwerk worden gevangen. Dit laat zich illustreren met het voorbeeld van schaliegaswinning. Een deel van de omwonenden lijkt hier verontrust over de mogelijke waardedaling van hun huis. Deze waardedaling kan een gevolg zijn van de toegenomen kans op bodeminstabiliteit, maar ook van andere processen zoals een hoger gepercipieerd risico of een toegenomen gevoel van onveiligheid. Als een DPSIR door één persoon, zoals een technicus of beleidsambtenaar, wordt opgesteld, is de kans groot dat dergelijke subtiele secundaire effecten buiten beschouwing worden gelaten. Vandaar dat het belangrijk is om voorafgaand aan het opstellen van een DPSIR van alle belanghebbenden de waarden die in het geding zijn goed te inventariseren. Dit wordt door Klinke & Renn (2010) concern assessment genoemd en is nauw gerelateerd aan het feit dat verschillende actoren soms ook verschillende frames hanteren (zie paragraaf 2.4).

DPSIR en nieuwe risico's
De term nieuwe risico's wordt gebruikt om een groot aantal potentiële risico's aan te duiden waarover nog weinig bekend is, zoals nanotechnologie, microplastics, schaliegaswinning, medicijnen in water, zoönose en zelfrijdende auto's. Door deze nieuwe risico's aan de hand van het DPSIR raamwerk te karakteriseren wordt duidelijk dat de problemen conceptueel aanzienlijk van elkaar verschillen (Tabel

1). Een aantal nieuwe risico's heeft direct betrekking op de drivers (bijvoorbeeld nanotechnologie, schaliegaswinning en zelfrijdende auto's), terwijl er ook nieuwe risico's zijn die betrekking hebben de state (bijvoorbeeld microplastics en medicijnen in water) of de impact (bijvoorbeeld zoönose). Alle problemen, met uitzondering van zoönose, hebben als kenmerk dat de effecten niet eenduidig zijn hetgeen het nemen van kosteneffectieve maatregelen bemoeilijkt. Voor zoönose geldt dat de driver (boerderijen) bekend is. Dit probleem kenmerkt zich door een zeer kleine kans op grootschalige effecten. Voor vrijwel alle nieuwe risico's, met uitzondering van nanotechnologie, lijkt een concern assessment (inventarisatie frames) een zinvolle optie om scherp te krijgen wat precies de zorgen van de betrokkenen zijn. Bij nanotechnologie wordt concern assessment bemoeilijkt door de vele mogelijke toepassingen.

4. Stappenplan omgaan met onzekerheden bij nieuwe risico's

4.1. Uitgangspunten stappenplan

Om de analyse van onzekerheden hanteerbaar te maken, presenteren we hier een stappenplan waarin de verschillende aspecten van onzekerheid aan bod komen.

Het stappenplan gaat uit van:

- Een reeks aandachtspunten, waarin de typologie voor onzekerheden is verwerkt tot vragen.
- Voor het beantwoorden van de vragen, verwijzen we waar mogelijk naar tools en technieken, deels uit eerdere hoofdstukken, maar ook buiten het rapport.
- Een combinatie van *desk research* (analyse, 'binnen') en contact met actoren uit het veld ('buiten') in een iteratief proces: heen en weer tussen analyse en overleg.
- Integratie van de onzekerheidsanalyse met de bredere probleemanalyse, omdat een analyse van wat je *niet* zeker weet, niet los te koppelen is van wat je *wel* zeker weet.

Het beantwoorden van deze vragen moet niet worden gezien als een invuloefening. Het is eerder een instrument om de belangrijkste onzekerheden te identificeren en onder de aandacht te brengen, zodat mogelijke gevaren of gepaste maatregelen in kaart kunnen worden gebracht. Het doorlopen van de vragenlijst is dus eerder agenderend, dan dat het onzekerheid oplost of afdekt: voor nieuwe fenomenen worden onzekerheden aangewezen, waardoor het mogelijk wordt om prioriteiten aan te brengen en handelingsperspectieven te formuleren.

De realiteit van beleidsontwikkeling wordt sterk gestructureerd door de hoeveelheid tijd en middelen die beschikbaar zijn. Daarom bestaat het stappenplan uit hoofdvragen en steeds specifieker wordende deelvragen. **In de toepassing van het stappenplan is het de bedoeling dat in ieder geval wel de hoofdvragen aan bod komen, maar de mate van detail in de deelvragen, is afhankelijk van de hoeveelheid tijd en middelen.** In de eenvoudigste vorm moet het stappenplan in een middag uit te voeren zijn. In een meer gedetailleerde vorm kan dat oplopen tot een onderzoek van maanden, mede in het licht van de aandacht en prioriteit van de betrokken kwestie op de beleidsagenda. Het stappenplan wijst daarmee op een verbreding van de blik op onzekerheden, ook wanneer de politieke discussie zich toespitst op specifieke aspecten.

Het stappenplan geeft niet aan wanneer overleg met 'buiten' precies moet plaats vinden, al verdient het sterk de aanbeveling om dat al vroeg in het proces te doen, bij de probleemverkenning. Ook in de meer technische onderdelen van de onzekerheids-analyse kunnen betrokken maatschappelijke partijen echter iets bij te dragen hebben. Het verdient daarom aanbeveling om iteratief te werk te gaan: desk research af te wisselen met overleg en raadpleging van het maatschappelijke veld.

De stappen volgen elkaar logisch op en we bevelen sterk aan om het ook in deze volgorde uit te voeren, al kan het mogelijk zijn dat volgende stappen tot correcties in de eerder stappen leiden (bv bijstelling van het causaal model). Er is in ieder geval een causaal model nodig om aan de onzekerheidsanalyse te kunnen beginnen, zelfs als is dat misschien een voorlopig en nog betrekkelijk eenvoudig model.

Een overzicht van het stappenplan is te vinden in Figuur 4-1. Vervolgens worden de onderdelen preciezer toegelicht in de tekst.

Figuur 4-1 Schema stappenplan omgaan met onzekerheden.

4.2. De stappen in detail

Probleemverkenning
Voorafgaand aan de onzekerheidsanalyse dient een probleemverkenning te zijn uitgevoerd. Strikt genomen is die geen onderdeel van de onzekerheidsanalyse, maar ze is wel nodig voor een nader onderzoek naar onzekerheden.

Stap 1 Causaal model: Wat is het probleem?
Breng oorzaken en gevolgen in beeld: *maak een causaal model*, bijvoorbeeld in de vorm van een diagram. Dat kan een los schema van de samenhang tussen oorzaken en gevolgen zijn, maar er zijn ook technieken om dat proces meer te structureren (zoals DPSIR). Het model hoeft niet gekwantificeerd of hyper-gedetailleerd te zijn, maar functioneert in de eerste plaats als een overzicht van het probleem.
Betrek hierbij het maatschappelijke veld. Bij nieuwe risico's is vaak vooraf niet duidelijk wat oorzaken en gevolgen zijn, of is daarover discussie. Overleg kan aanleiding zijn om verder oorzaak-gevolg verbindingen toe te voegen.

Tools
- DPSIR schema, in deze fase best te beperken tot DPSI (zie par. 3.5)
- Pad-diagram met afhankelijke en onafhankelijke variabelen, fuzzy cognitive map
- Vergelijkbare technieken of een opsomming van betrokken factoren

Stap 2 Actor-analyse: Wie is erbij betrokken?
Maak een actor-analyse: een analyse van maatschappelijke krachtenveld, de betrokken actoren en in welke positie ze innemen in het probleem. Er bestaan verschillende schema's om actoren in te delen, bv. of ze veel of weinig obstructiemacht hebben, of ze nauw betrokken zijn als gebruiker, uitvoerder, beleidsmaker, of partner. Door echter uit te gaan van het causaal model, kunnen ook actoren in beeld komen die *potentieel* belangrijk kunnen zijn, maar zich nog niet hebben opgeworpen. (Zo zouden vissers belangrijk kunnen worden in het probleem van micro-plastics, ook al hebben ze zich nog niet als betrokkene gemanifesteerd.)

Tools
- Diagram van actoren die veel/weinig betrokken zijn, tabel van machtige/niet machtige versus groot belang/klein belang (overzicht: Reed, 2008).
- 'sneeuwbalmethoden': vraag actoren om andere relevante actoren, of noteer welke actoren worden genoemd in publicaties en zoek daar dan publicaties van.

Onzekerheidsanalyse
Zodra een eerste probleemverkenning beschikbaar is, zijn er aanknopingspunten om onzekerheden in kaart te brengen. (Of anders geformuleerd: zodra duidelijk is wat je wel meent te weten, wordt het mogelijk om in kaar te brengen wat je niet weet.) We volgen bij het stappenplan de typologie van onzekerheden uit hoofdstuk 3.4. (Zie daar voor meer gedetailleerde uitleg.)

Stap 3 Framing onzekerheid: Hoe is het probleem geframed?
Frames zijn te identificeren door (zie paragraaf 2.4):
- Hoe is het probleem afgebakend? (wat hoort er wel/niet bij)
- Op welke andere problemen lijkt het? (bij welke problemen, beleidsvelden is het ingedeeld)
- Hoe wordt het gepresenteerd? (pitch, verhaal, taalgebruik)

Framing onzekerheid is de vraag of het begrip van het probleem uit de probleemverkenning wel de enige mogelijke of de meest aangewezen benadering is. Het is zeer wel mogelijk dat actoren uit het veld een ander begrip hebben van wat relevante feiten zijn en een ander begrip van welke causale relaties er toe doen. Mogelijk zijn actoren het daar onderling niet over eens (frame-onenigheid), maar zelfs als ze het wel eens zijn, hoeft dat nog niet te betekenen dat ze het ook bij het rechte eind hebben. Er zijn wellicht goede redenen om een probleem anders in te delen, waardoor ook weer nieuwe actoren in beeld kunnen komen. Wat een meer correct frame is, is niet alleen ingegeven door belangrijke causale verbanden die in beeld zijn, maar ook door kansen die ontstaan om bijvoorbeeld beleidsimpasses te doorbreken (bijvoorbeeld: een meer integrale framing van waterbeheer kan nieuwe actoren in beeld brengen, waardoor ook nieuwe oplossingen mogelijk worden).

De probleemafbakening en frame-analyse moeten bij uitstek zowel desk-research als interactie zijn, een combinatie van werk 'binnen' als 'in het veld', omdat afwijkende frames vaak niet zichtbaar of begrijpelijk zijn zonder met hun aanhangers te communiceren. Het ontwikkelen van een consensus over framing is daarbij vaak geen haalbaar doel, maar reflectie op framing kan wel verhelderend zijn, conflict verminderen, of tot creatieve doorbraken leiden.

We besteden hier verder nog specifieke aandacht aan een reeks processen die tot frame-onzekerheid kunnen leiden, met een reeks specifiekere vragen die wijzen naar mogelijke oplossingen.

Symbolische framing, afbakening door taal, talige onzekerheid:
Is het probleem onbedoeld afgebakend door de naam die het heeft gekregen?
Is er afwijkend begrip van het probleem onder actoren door ander taalgebruik?
Bijvoorbeeld: 'biobrandstoffen' impliceert een andere afbakening van het probleem dan de term 'agrobrandstoffen', een term die door sommige NGO's wordt geprefereerd omdat ze geen probleem hebben met brandstoffen uit afvalmaterialen, maar wel uit landbouw.
Mogelijke aanpak: overweeg herbenoemen van het probleem, of een term die voor iedereen aanvaardbaar en helder zijn.

Politieke of bestuurlijke framing:
Is het probleem onhandig afgepaald door een politieke of bestuurlijke aanwijzing?
(Door verkokering, door een slecht overwogen instructie, of door een machtige actor?)
Blijven daardoor belangrijke oorzaak/gevolgen buiten beeld, of wordt een integrale afweging lastig?
(Doordat ze bij een andere beleidsmaker horen of doordat ze onbespreekbaar zijn.)
Bijvoorbeeld: de aanpak van microplastics staat momenteel los van zwerfvuil omdat daarvoor al een ander beleidsprogramma verantwoordelijk is, terwijl zwerfvuil wel een belangrijke bron is.
Mogelijke aanpak: Overweeg samenwerking met andere beleidsmakers, andere actoren, of leg uit waarom een andere afbakening zinvoller zou zijn.

Verschillende framing, frame-diversiteit onder actoren:
Zijn er actoren die het probleem (radicaal) anders framen?
Leidt verschil in framing tot misverstanden of zelfs conflicten?
Hebben betrokken deskundigen ook verschillende frames, bv door hun eigen disciplinaire invalshoek?
Bijvoorbeeld: een deel van de oppositie tegen GGO's kwam voort uit bezwaren tegen de economische afhankelijkheid van boeren in arme landen ten opzichte van grote zaadbedrijven. Verdedigers van GGO's wijzen op veiligheid in termen van voedselveiligheid voor consumenten, maar dat is een andere probleemafbakening. Dat soort verschillen in frames kunnen tot misverstanden en vastlopende discussies leiden. Het is moeilijk om hierbij aan wetenschappers te vragen om tot overeenstemming te komen, omdat hier compleet verschillende disciplines relevant zijn: ontwikkelingseconomie en humane toxicologie.

Mogelijke aanpak: Zeker als ook verschillende wetenschappelijke benaderingen hier doorheen spelen, hebben we mogelijk te maken met een ongestructureerd probleem (zie par. 2.3). Deze problemen laten zich niet zomaar oplossen door meer feiten, omdat niet iedereen dezelfde feiten relevant vindt. Dan is *brede deliberatie* met stakeholders en deskundigen samen aangewezen. '*Frame-reflectie*' is het verduidelijken van frame diversiteit, die kan leiden tot herindelen of anders framen van het probleem (breder, meer inclusief; creatief/pragmatisch; of opsplitsen in deelproblemen waarvan sommige wel gestructureerd zijn). Dat kan mogelijk gericht op een gedeeld frame, of op zijn minst op een erkenning van het verschil, of de identificatie van ontbrekende cruciale informatie. Deliberatie en frame reflectie zijn vaak gebaat bij een ervaren facilitator of mediator, die frames expliciet en bespreekbaar kan maken.

Wereldbeelden
Spelen contrasterende wereldbeelden een rol? (zie par. 2.2)
Bijvoorbeeld: Mensen met een 'individualistisch' wereldbeeld zijn optimistisch over toekomstige technologie die problemen gaat oplossen (bv. slimme apparaten om plastic uit het water te halen), terwijl mensen met een 'egalitair' wereldbeeld dat een druppel op een hete plaat zullen vinden, omdat we aan de rand van een globale ramp zouden staan. Op feitelijke gronden, is niet te zeggen wie gelijk zal krijgen, maar beide perspectieven kunnen met productieve suggesties komen voor maatregelen.
Andere wereldbeelden zijn erg moeilijk in te beelden door je alleen maar in gedachten in te leven in het perspectief van een ander. Contact met radicaal anders-denkenden is nodig: de entrepreneur, de wantrouwige burger, de activist, de ambtenaar.
Mogelijke aanpak: Wereldbeelden gaan over hele diepe overtuigingen, die niet zomaar te veranderen zijn. De beste weg vooruit is aanvaarden dat ze niet 'oplosbaar' zijn, maar dat ze allemaal een bijdrage kunnen leveren aan een oplossing en dat ze ook elkaars blinde vlekken afdekken.

Let bij deze analyse in het bijzonder op:
- Diversiteit in de tijdsschaal: op welke termijn wordt er gedacht?
- Diversiteit in ruimtelijke schaal: definieert men de problemen lokaal/regional/international?
- Wie wordt verantwoordelijk geacht? Wie moet actie ondernemen in verschillende frames of wereldbeelden? (Bv hiërarchisten kijken naar de overheid, fatalisten vertrouwen de overheid nauwelijks.)

Eindresultaat:
- Deze analyse kan aanleiding geven om het causale model te herzien. Mogelijk komen nieuwe causale relaties in beeld. Het zou nu ook duidelijk moeten worden op welke onderdelen van het causaal model de verschillende actoren focuseren.
- Brengt een andere probleemafbakening andere actoren in beeld, met mogelijk een ander krachtenveld? Overweeg nieuwe contacten, nieuwe deelnemers aan het veld.
- Er is nu een globale analyse mogelijk over welk soort probleem hier speelt en hoe een algemene strategie kan worden uitgezet (zie probleemtypen, par. 2.3).

Stap 4 Kennisonzekerheid: Wat is bekend over de genoemde oorzaken en gevolgen?
Als we na stap 3 een redelijk beeld hebben van de oorzaken en gevolgen die een rol spelen in het probleem en welke frame-diversiteit daarin zit, is de volgende stap om te identificeren welke kennis wel en niet beschikbaar is over deze relaties. Hierbij is het de vraag hoeveel kennis er is, hoe precies en hoe betrouwbaar deze kennis is, mede op basis van hoe goed is gedocumenteerd waar de kennis vandaan komt en wat er onderweg mee is gebeurd (bijvoorbeeld het her-verwerken van statistische data door opeenvolgende gegevensbeheerders).

Beschikbare kennis
Van welke relaties in het causale model is de omvang bekend?
Hoe precies is de kennis? (meetfouten, schattingen, aannames)
Is er conflicterend bewijs, of bevindingen die niet doorslaggevend zijn?
Welk onderzoek kan kennis verbeteren?
Bijvoorbeeld: weten we precies hoeveel mensen blootgesteld worden aan een gevaar, gegeven dat we weten wat de blootstellingsroutes zijn? Het gaat hier om de aanwezigheid van onderzoek, metingen, of andere gegevens.
Mogelijke aanpak: Meer onderzoek, bv preciezere metingen, betere meetnetten, verzamelen of beschikbaar maken van data, of modellering. Hiervoor is typisch overleg nodig met deskundigen.

Betrouwbaarheid van kennis
Is de oorsprong van de gegevens duidelijk, gedocumenteerd en betrouwbaar? ('pedigree' van data)
Hoe betrouwbaar is de oorsprong van de kennis? (betrouwbare instantie, neutrale partij)
Bijvoorbeeld: Is kennis gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek gepubliceerd in de vakliteratuur, of uit rapporten? Is duidelijk hoe metingen zijn verricht en in welke omstandigheden?
Mogelijke aanpak: Deskundige review van data, selectie van min en meer betrouwbare gegevens, analyse van waar meer betrouwbaar onderzoek nodig is, mogelijk opvragen van de herkomst van gegevens.

Gerespecteerde bronnen van kennis
Wie heeft kennis over de verschillende relaties in het causale model?
Welke kennisinstellingen zijn betrouwbaar?
Worden die instellingen ook door de actoren in het veld vertrouwd?
Bijvoorbeeld: In sommige beleidsdomeinen zijn adviesinstanties aanwezig met een grote reputatie, waarvan het oordeel door nagenoeg het gehele veld wordt gerespecteerd, zoals de Gezondheidsraad. (Ook al is er wel eens kritiek.)
Mogelijke aanpak: Als gepercipieerde onzekerheid onder de beleidsactoren ontstaat doordat bronnen van kennis onbetrouwbaar worden gevonden, kan er gewerkt worden aan verbeterd vertrouwen. Mogelijk oplossingsrichtingen zijn het creëren of raadplegen van kennisinstellingen die als neutraal worden gezien, deliberatie over hoe/welke gegevens moeten worden verzameld ('*joint fact finding*'), of het ontwikkelen van procedures voor kennisontwikkeling (bv standaard beoordelingsmethoden).

Oorzaken van selectieve kennis
Welke processen beperken de beschikbare kennis?
Waarom is over sommige onderdelen van het causale model minder kennis beschikbaar?
Bijvoorbeeld: Kennis is het resultaat van investering in onderzoek en die investering hangt af van geldschieters die daar de waarde van zien (overheden, fondsen, bedrijven en burgers). Zo is over sommige ziekten veel meer bekend dan over andere omdat er bijvoorbeeld meer patiënten zijn of een meer aantrekkelijke markt. In andere gevallen is kennis wel aanwezig, maar wordt die niet gedeeld omdat daar intellectueel eigendom mee in het gedrang komt, de concurrentiepositie van bedrijven, of veel banaler: door gebrek aan communicatie.
Mogelijke aanpak: Verschuiven onderzoeksprioriteiten, onderhandelen over beschikbaar maken van kennis, verbeterde communicatiekanalen (bv kenniscentra)

Let bij deze analyse in het bijzonder op:
- Het raadplegen van deskundigen is hier cruciaal, ook buiten de netwerken die hun weg naar de overheid al weten te vinden.

- Niet alleen wetenschappers hebben kennis: ook bedrijven of andere actoren kunnen kennis hebben en het is van belang om te weten welke kennis ze betrouwbaar achten.

Eindresultaat:
- Deze analyse geeft een overzicht van waar de grootste blind vlekken zitten in het causaal model. Dat maakt het mogelijk om prioriteiten op te stellen voor een kennis-agenda, bij voorkeur in overleg met het veld.
- Hier is ook een kennispolitieke analyse mogelijk van de mogelijke hefbomen om kennis te ontwikkelen of beschikbaar te maken.

Stap 5 Diversiteit: Is er rekening gehouden met diversiteit?
De wereld is uiterst divers: variaties in ruimte, tijd, tussen mensen, etc. In modellen neemt men vaak een gemiddelde of een stereotype geval. Bij risicobeoordelingen gaat men bijvoorbeeld in eerste instantie uit van een gemiddeld mens, met gemiddeld gedrag, omdat anders de modellen ingewikkelder worden. Maar dat is gevaarlijk, want risicovolle situaties doen zich vaak bij extremen voor, niet bij gemiddelden. Als we alles uitmiddelen dan missen we relevante informatie. Het meenemen van variatie is essentieel om te bepalen waar wanneer welk effect optreedt en bij wie. Het 'plat slaan' van variatie is bijvoorbeeld een keuze van een modelleur (mogelijk uit noodzaak vanwege kennisgebrek) die als gevolg kan hebben dan je niet goed kunt inschatten wanneer, waar en bij wie het effect optreedt. Dergelijke complicaties spelen een rol bij de variabiliteit van mensen en hun gedrag, maar ook bij de variatie in fysieke omstandigheden, zoals lokale variatie in ondergrond, waterhuishouding, of temperatuur. Nadat in beeld is gebracht wat onzekerheid is over welke processen een rol spelen, waar in de kennis over die processen onzekerheid zit, is nu dus de vraag hoe representatief deze kennis is voor de diversiteit van de wereld. Statistisch zou je dit kunnen uitdrukken als aandacht voor spreiding, naast aandacht voor het gemiddelde, al is niet altijd vooraf duidelijk op basis waarvan die spreiding moet worden uitgedrukt. In meer politieke zin, is diversiteit ook een vraag naar een rechtvaardige spreiding van gevaren, ook voor kwetsbare groepen (bv in '*environmental justice'*).

Lichamelijke variabiliteit van mensen, organismen
Pakken risico's anders uit bij mensen van verschillende leeftijd, gezondheid, sekse, etniciteit, met andere gedragingen en leefgewoonten?
Bijvoorbeeld: Toxische effecten kunnen anders uitpakken bij ander gewicht of sekse. Voor heel specifieke verschijnselen bestaat zelfs variatie tussen etnische afkomst. Hoewel deze processen vooral bekend zijn uit de gezondheidszorg, spelen ze ook bij milieuproblemen, zoals bij variabele gevoeligheid voor luchtverontreiniging.
Mogelijke aanpak: Grotere veiligheidsmarges, onderzoek naar specifieke risico-populaties of extremere blootstellingsscenario's.

Variabiliteit van plaatsen
Pakken de risico's anders uit op andere plaatsen, met andere lokale omstandigheden? (Andere waterhuishouding, ecologische omstandigheden, ondergrond, stapelende risico's)
Bijvoorbeeld: Sommige gebieden hebben al te maken met verhoogde milieurisico's door de nabijheid van bijvoorbeeld industrie of veel verkeer, waardoor nieuwe risico's extra hard kunnen aankomen.
Mogelijke aanpak: Studie van lokale variabiliteit, rekenen/redeneren met extremere scenario's.

Maatschappelijke diversiteit
Wat wordt verondersteld over het functioneren van maatschappij, overheid, regelgeving, of vertrouwen daarin bij de inschatting van risico's?
Geldt deze kennis ook nog in andere maatschappelijke condities, zoals economische crisis of grote conflicten?
Passen analyses van risico's die elders zijn gemaakt ook in onze manier om betrouwbaarheid vast te stellen, om verantwoordelijkheden aan te wijzen, of conflicten op te lossen? (zie par. 2.5)
Bijvoorbeeld: Bij de inschatting van de risico's van schaliegas, wezen tegenstanders van schaliegaswinning op de schadelijke effecten die zich voordeden in de Verenigde Staten. Daartegen werd het bezwaar opgevoerd dat de regelgeving en handhaving hier veel beter zijn. Voor een inschatting van omvang van risico's uit bijvoorbeeld een ander land, moet dus worden onderzocht welke veronderstellingen er worden gemaakt over maatschappelijke omstandigheden, zoals het goed functioneren van toezicht en handhaving. Bij risico's op langere termijn, zoals veiligheid van opslag van kernafval, komt ook maatschappelijke stabiliteit in beeld.
Mogelijke aanpak: Analyse van veronderstellingen over maatschappelijk functioneren, aandacht voor robuuste oplossingen, aandacht voor mogelijk andere politieke orde bij overnemen van analyses.

Diversiteit in de praktijk
Wat wordt verondersteld over hoe het er in de praktijk aan toe gaat?
Zijn er signalen dat aannames uit risicobeoordelingen niet aansluiten bij reële omstandigheden?
Bijvoorbeeld: Zijn laboratorium-condities sterk afwijkend van veldcondities, zijn condities op de werkvloer anders dan regulering veronderstelt, of geldt de risicobeoordeling ook nog bij ontduiking van bestaande regelgeving? Bij de beoordeling van risico's in arbeidsomstandigheden bijvoorbeeld, bestaat het gevaar dat beoordelingen niet aansluiten bij hoe het er in de praktijk aan toe gaat, omdat veiligheidsvoorschriften lastig of onrealistisch of impopulair zijn. Hierbij is contact met het veld van groot belang, typisch onderaan organisaties, bij mensen betrokken in de uitvoering, niet aan de top van organisaties. Taboes kunnen hier een rol spelen, zoals de moeilijke bespreekbaarheid van afwijkend seksueel gedrag dat niet aansluit bij wat in een risicomodel over dat gedrag wordt verondersteld.
Mogelijke aanpak: Overleg met mensen uit de praktijk (onderaan organisaties), doorredeneren van wat de consequenties zijn als regels niet worden/kunnen worden nageleefd, onderzoek naar praktijksituaties (bv participerende observatie).

Let bij deze analyse in het bijzonder op:
- Waar wordt met gemiddelde mensen gerekend, 'normale' omstandigheden, standaard-situaties?
- Contact met mensen uit de praktijk, de werkvloer, minderheden, afwijkende mensen

Eindresultaat:
- Overzicht van voor risicobeoordeling relevante diversiteit.
- Identificatie van diversiteit die aanleiding kan geven tot extremere scenario's
- Analyse van cruciale veronderstellingen over maatschappelijk en praktisch functioneren
- Aandacht voor robuuste oplossingen die in diverse condities kunnen functioneren

Stap 6 Indeterminisme: Welke processen zijn onvoorspelbaar?
Indeterminisme omvat onzekerheid die zelfs met meer kennis niet te reduceren valt: te grote complexiteit, toeval, onvoorspelbare feedback-processen. De grens met kennisonzekerheid is deels een kwestie van inschatting, omdat in sommige gevallen we mogelijk in de toekomst ontdekken dat wat inherent onvoorspelbaar leek, toch een zekere logica bevat. Niettemin blijven er altijd onvoorspelbare processen, zeker als we daarbij ook naar de complexiteit van maatschappelijke ontwikkelingen kijken.

Feed-back processen
Welke processen uit het causale model kunnen elkaar positief of negatief versterken op manieren die onvoorspelbaar zijn?
Bijvoorbeeld: Bij klimaatverandering spelen allerlei processen die elkaar kunnen versterken en waarvan na een paar loops algauw niet meer precies valt te zeggen hoe ze zullen uitpakken, zoals het vrijkomen van methaangas uit smeltende permafrost.
Mogelijke aanpak: Worst/best case scenario's, robuust beleid, voorzorg

Onvoorspelbaarheid, toeval, te grote complexiteit
Bij welke processen in het causaal model speelt toeval een grote rol?
Welke processen zijn 'niet uit te rekenen'?
Van welke processen is het praktisch onmogelijk om meer kennis te verzamelen?
Bijvoorbeeld: bij verkeersongelukken kunnen we redelijk inschatten hoeveel gewonden er zullen vallen in een bepaald gebied en bepaalde periode, maar niet wie bij een ongeluk betrokken zal raken. Een voorbeeld van praktische beperking van kennis is kennis waarbij proefdieren of proefpersonen nodig zijn, waardoor op ethische gronden geen kennis kan worden verzameld, ook al is dat puur technisch bekeken wel mogelijk.
Mogelijke aanpak: verzekering, risico-spreiding, voorzorg

Maatschappij-dynamiek
Welke maatschappelijke processen zijn van grote invloed op het causale model, maar zijn niet te voorspellen?
Bijvoorbeeld: Sociale bewegingen of hypes kunnen veranderingen mogelijk maken die dwars tegen economische voorspellingen ingaan. Denk bijvoorbeeld aan de onverwachte populariteit van 'biologische' voeding, SMS-en, of barstende economische bubbels. Technologische ontwikkelingen zijn vaak uiterst moeilijk te voorzien, ook al proberen technologie-goeroes wel voorspellingen te doen, bijvoorbeeld door extrapolaties (zoals de ontwikkeling van de prijs van zonnepanelen).
Mogelijke aanpak: outsiders en trend-watchers kunnen nieuwe ontwikkelingen signaleren (maar zitten er ook heel vaak naast), adaptief beleid, participatie, maatschappelijk robuuste oplossingen

Het effect van kennis ('performativiteit' van kennis)
Hoe zullen voorspellingen het gedrag van mensen (en daardoor het model) veranderen?
Wat is het effect van het voorstellen van het probleem met dit causaal model?
Bijvoorbeeld: een voorspelling van economische krimp kan leiden tot zuinigheid, die juist weer verder krimp kan versterken. Door een probleemanalyse breed te maken, kunnen nieuwe actoren betrokken raken, waardoor het krachtenveld verandert en nieuwe connecties ontstaan (bijvoorbeeld nieuwe technologische opties). Of nog: door een sterk economisch geformuleerd model, kunnen actoren in economisch beredeneerd gedrag geduwd worden (bijvoorbeeld investeren in zonnepanelen omdat het geld oplevert, niet uit zorg om duurzaamheid).
Mogelijke aanpak: voorzichtig met ongefundeerde voorspellingen die hypes kunnen veroorzaken, iteratief en interactief tewerk blijven gaan ten aanzien van framing, communicatiestrategie

Eindresultaat:
- Overzicht van onzekerheden die zullen blijven en die vooralsnog moeten worden geaccepteerd.
- Elementen voor worst/best case-scenario's
- Elementen voor een communicatiestrategie

Stap 7 Onwetendheid: Wat als er verassingen komen?
Zelfs als we het hele causale model redelijk in beeld menen te hebben, met een volledige analyse van alle kennis en onzekerheden, dan nog is het best mogelijk dat we compleet worden verrast door geheel onverwachte gebeurtenissen, die we niet hadden zien aankomen. Gebeurtenissen elders, buiten ons blikveld, of zelfs in een ander beleidsterrein kunnen compleet onverwachte gevolgen hebben. Dat geeft aanleiding tot de vraag hoe onomkeerbaar of flexibel beleidsaanpakken zijn. Verrassingen kunnen natuurlijk ook van positieve aard zijn ('meevallers').

Hoeveelheid onderzoek
Hoeveel onderzoek is er al gedaan naar de verschillende onderdelen van het causale model? Hoeveel ervaring hebben we er inmiddels mee?
Bijvoorbeeld: Door onderzoek te doen, kunnen ook verrassingen naar boven komen, bijvoorbeeld omdat een onderzoeker in het veld iets onverwachts waarneemt waar hij/zij niet naar op zoek was. Als er voor bepaalde onderdelen van het causale model nog nauwelijks onderzoek is verricht, is de kans ook klein dat verrassingen aan het licht hadden kunnen komen. Hiermee dekken we echter niet verrassingen die van buiten het causale model komen.
Mogelijke aanpak: Identificeer processen waarnaar nog weinig onderzoek is gedaan als mogelijke onderzoeksprioriteiten.

Robuustheid van modellen
Wat als we aannames radicaal veranderen?
Bijvoorbeeld: Wat zou er gebeuren als de economische omstandigheden radicaal veranderen? Wat zou er gebeuren als leefpatronen veranderen? Dat hoeft niet de suggestie te wekken dat er rampen of radicale dingen staan te gebeuren, maar kan tegelijk ook verduidelijken wat de cruciale verbanden zijn.
Mogelijke aanpak: Doorredeneren met radicale aannames.

Maatschappelijke robuustheid van beleid bij verrassingen
Wat zijn de consequenties als we toch ongelijk hebben doordat er iets onverwachts gebeurt?
Bijvoorbeeld: Onverwachte ontwikkelingen kunnen zijn: terroristische aanslagen, natuurrampen, maar ook disruptieve technologische innovaties, of volksopstanden (bv de val van de Berlijnse Muur). Het is niet zozeer zaak om te identificeren welke verrassingen er aan zitten te komen (dat is juist per definitie onmogelijk), maar om te kijken hoe erg het zou zijn als plannen in duigen vallen.
Mogelijke aanpak: Analyse van robuustheid van beleid ('no regret' opties), kwalitatieve scenario's (wat als X gebeurt?), rampscenario's, let op waarschuwingen van outsiders.

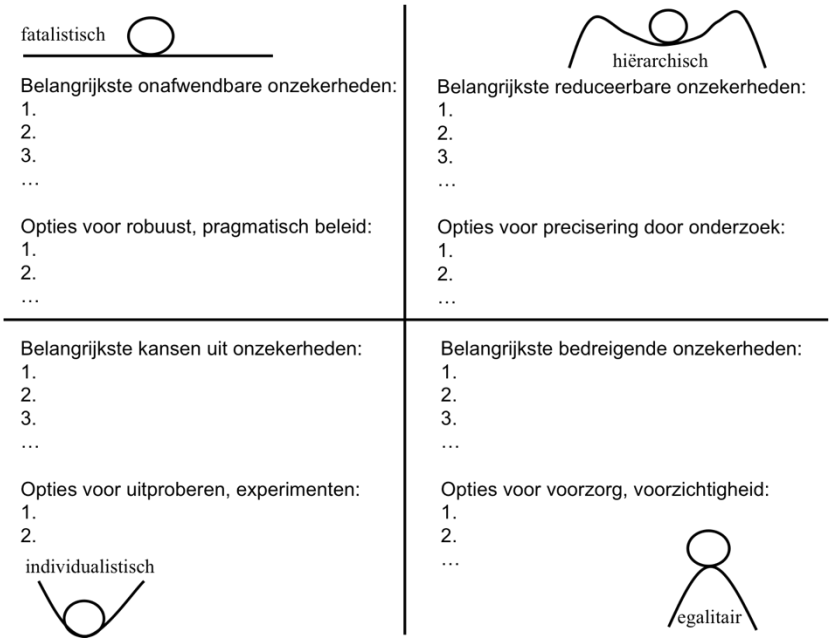
Let hierbij vooral op:
- Hoe ernstig is het als het mis gaat?
- Outsiders, radicale scenario's (zonder ze gelijk te hoeven geven).

Eindresultaat:
- Analyse van de kwetsbaarheid van beleid
- Identificatie van mogelijk blinde vlekken

Stap 8 Synthese: Welke onzekerheden verdienen hoe aandacht?
Wat zijn de grootste, meest kritische onzekerheden?
Welke onzekerheden krijgen prioriteit en hoe gaan we daarmee om?
Wie moet dat gaan doen? (Wie wordt 'eigenaar' van deze onzekerheid?)

Maak nu een profiel van onzekerheden: een overzicht van waar de grootste onzekerheden zitten en welke daarvan prioritair zijn. Kritische onzekerheden zijn de onzekerheden die doorslaggevende effecten kunnen hebben in het model. We kunnen onzekerheden prioriteren met 'plussen en minnen', maar elke suggestie dat de uiterst diverse vormen van onzekerheid met enige precisie bij elkaar op te tellen zouden zijn (bv in een score), is eerder misleidend.

Het is echter niet omdat er onzekerheden zijn, dat die ook weggewerkt moeten worden. Sommige onzekerheden zijn te reduceren door meer onderzoek, andere moeten we aanvaarden als een gegeven en bij beleid uitgaan van onvoorspelbaarheid. We kunnen nu teruggrijpen op de verschillende wereldbeelden (zie par. 2.2) om aan te geven waar de verschillende benadering het meest te bieden hebben.



Figuur 4-2 Prioritering onzekerheden en omgang vanuit verschillende wereldbeelden

Let hierbij vooral op:

- Het is doorgaans erg moeilijk om je echt in te leven in een radicaal ander wereldbeeld, dus het kan helpen om typische vertegenwoordigers mee te laten helpen.
- Zeker bij controversiële onderwerpen, waarbij discussie is over welke onzekerheden hoe relevant zijn voor de inschatting van risico's, is het zinvol om de synthese voor te leggen aan de actoren.

Eindresultaat:

- Een plan voor omgang met onzekerheden, met daarin specificaties van welk onderzoek er nodig is, welke voorzorgsmaatregelen er nodig zijn, waar experimenten plaats kunnen vinden en waar pragmatische ingrepen mogelijk zijn.

Risico-karakterisering

Stap 9 Welk soort risico is dit? Wat is dan de beste strategie?
Voor de omgang met (nieuwe) risico's is in laatste instantie niet de onzekerheidsanalyse doorslaggevend, maar de risico-analyse. Er is nu een inschatting nodig van welk type probleem, welk type risico er speelt (eventueel op deelonderwerpen), om tot een beleidsstrategie te komen.

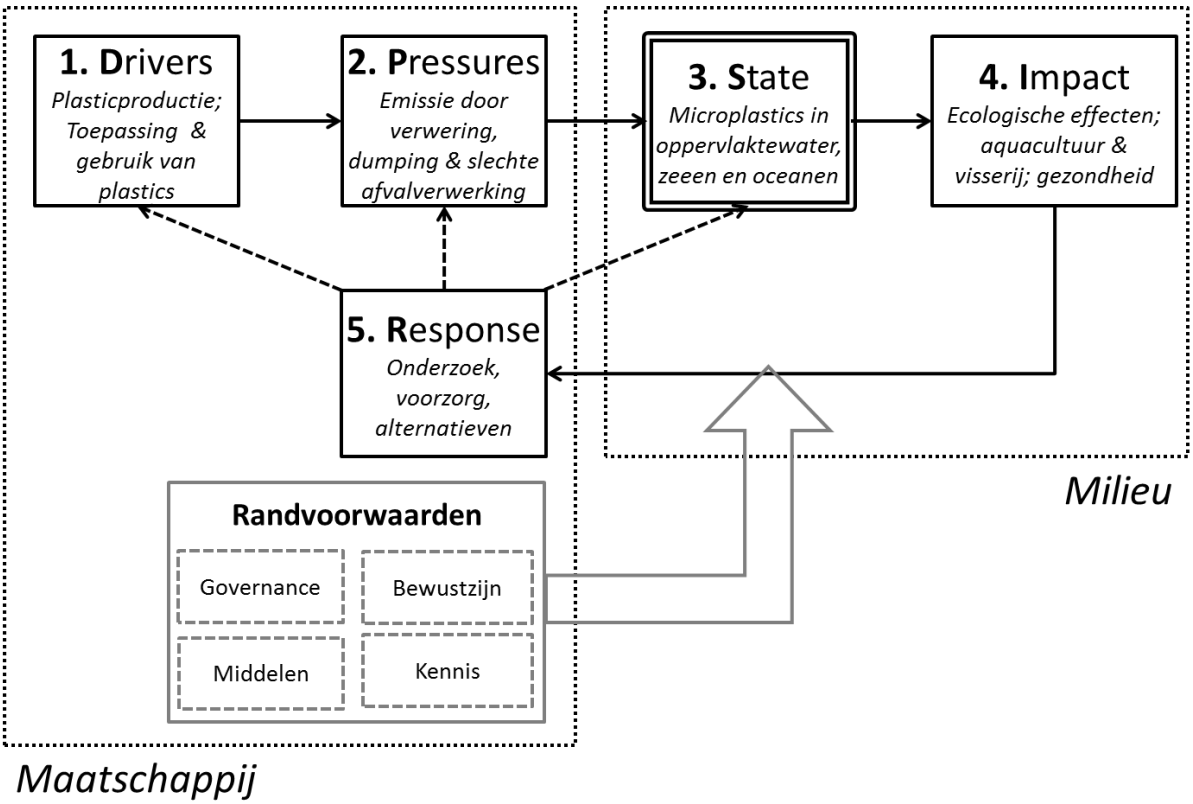
We gaan hier niet uitgebreid op in, omdat dit buiten de afbakening van het rapport valt, maar verwijzen hier naar de typologie van Klinke en Renn met de Griekse mythologische figuren (zie par. 3.3.2) en de probleemtypering van Hoppe (zie par. 2.3), en naar de aanpak zoals die in het rapport *Rode Draden* is ontwikkeld (Min I&M, 2014).

Eindresultaat:
- strategie voor omgang met risico's – handelingsperspectieven (zie bv Tabel 3-4).

5. Toepassing stappenplan: voorbeelden

5.1. Casus: Microplastics in water

Stap 1 Causaal model: Wat is het probleem?
Er is een causaal model ontwikkeld voor het probleem "microplastics in water" aan de hand van het DPSIR raamwerk (Figuur 5-1). Startpunt voor de beschrijving van het probleem vormt de constatering dat de hoeveelheid microplastics in water toeneemt. In DPSIR termen is dit een verandering in de toestand ("State") van het systeem; vandaar dat dit blok in Figuur 5-1 met een dubbele lijn is geaccentueerd. Er zijn aanwijzingen dat microplastics in water tot nadelig gewaardeerde effecten zouden kunnen leiden, maar welke dit precies zijn en de omvang hiervan is nog onduidelijk.



Figuur 5-1 DPSIR schema voor microplastics

Enkele voorbeelden van effecten in water:

- Microplastics kunnen na opname door organismen tot verstoring van bepaalde interne processen leiden, met als gevolg dat de groei en/of voortplanting van deze organismen wordt verstoord. Filterorganismen zoals mosselen en andere sedimentdieren, lijken de grootste risicogroep te vormen.
- Microplastics kunnen als spons voor toxische stoffen dienen. Na opname van de microplastics in organismen kunnen deze toxische stoffen in het organisme vrijkomen en schade berokkenen.

- Microplastics kunnen directe en/of indirecte schade toebrengen aan de visserij. Bij directe effecten gaat het om de reductie in vangst doordat de vissen en andere consumptiedieren directe nadelige effecten van de microplastics ondervinden. Bij indirecte effecten gaat het om de daling van omzet, omdat consumenten geen vis met microplastics willen eten.
- Microplastics kunnen als basis dienen voor de hechting van pathogenen die zich vervolgens relatief snel met waterstromen kunnen verspreiden.

De microplastics kunnen in water terechtkomen door directe emissie naar het water (primaire microplastics) of door afbraak en slijtage van grotere plastics (secundaire microplastics). Plasticdeeltjes in cosmetica zijn een voorbeeld van primaire microplastics; plasticdeeltjes die ontstaan bij de afbraak van plastic afval in water zijn een voorbeeld van secundaire microplastics. Momenteel wordt veel onderzoek gedaan naar de verschillende bronnen die bijdragen. Er is nog discussie over de precieze bijdrage van de verschillende bronnen (bijvoorbeeld in welke mate de slijtage van autobanden bijdraagt), maar over het algemeen bestaat er een redelijk beeld van de belangrijkste oorzaken. De productie van plastics staat aan de basis van het probleem. Deze productie heeft in de afgelopen 50 jaar een enorme vlucht genomen als gevolg van de talrijke toepassing van plastics in de samenleving. Hier ligt een diversiteit aan verschillende behoeften aan ten grondslag, zoals de behoefte aan disposables, transport van goederen, cosmetica, *et cetera*.

Stap 2 Actor-analyse: Wie is erbij betrokken?

Op basis van literatuur en het interview met de dossierhouder is een eerste inschatting gemaakt van de belangrijkste actoren rond microplastics in water. Er worden vijf actorklassen onderscheiden:

- Groepen die microplastics als probleem ervaren: ngo's (Plastic Soup Foundation; natuur- & milieuorganisaties), aquacultuur, commerciële visserij, sportvisserij, drinkwaterbedrijven, burgers
- Groepen die microplastics mede veroorzaken: plasticindustrie, retail-bedrijven, autobandenindustrie, cosmeticaproducenten, coatingindustrie, scheepvaart, wasmachinefabrikanten, consumenten, *et cetera*.
- Groepen die een specifieke rol spelen bij het aanpakken van het probleem: onderwijssector (educatie & voorlichting)
- Overheden (inclusief waterbeheerders)
- Wetenschap

Stap 3: Framing-onzekerheid

De titel ("microplastics in water") bevat drie afbakeningsdimensies, namelijk "water", "micro" en "plastic". Uit de term "water" kan worden afgeleid dat microplastics in lucht en/of bodem niet bij het probleem horen. Er kan verschil van mening bestaan over de vraag of sediment er bij hoort. Strikt genomen niet, maar als "water" wordt opgevat als "watersysteem" dan hoort sediment er wel bij. De term "micro" duidt op deeltjes van een bepaalde grootte; beleidsmatig wordt daarbij een grens van 5 mm als bovengrens gehanteerd. Grotere plastics horen strikt genomen dus niet bij het probleem, maar weer wel bij de oorzaak want zij vormen immers een bron van secundaire microplastics. Bestuurlijk is echter afgesproken dat het controleren van macroplastic afval niet onder het beleidsveld van microplastics in water valt, maar onder het beleidsveld van zwerfvuil. De term "plastic" kan tot slot ook op verschillende manieren worden geïnterpreteerd. Er zijn immers vele verschillende soorten plastics die verschillen in eigenschappen zoals persistentie.

De titel laat dus ruimte voor verschillende interpretaties en het lijkt dan ook aannemelijk dat verschillende actoren het probleem op verschillende manieren framen. Er is in het kader van deze casus geen uitgebreid framing-onderzoek onder actoren gedaan, maar er kan wel een aantal opmerkingen worden gemaakt. In het interview met de dossierhouder is de aquacultuur en

commerciële visserij bijvoorbeeld niet expliciet als actor benoemd. Dat kan een toevallige omissie zijn, of een bewuste taakverdeling tussen departementen, maar ook een gevolg zijn van onzekerheid over de effecten van microplastics. Dit kan er toe leiden dat een potentieel belangrijk perspectief niet in de beleidsaanpak wordt meegenomen. Een ander voorbeeld van een mogelijke framing-onzekerheid heeft betrekking op schadelijke effecten als gevolg van de consumptie van plasticdeeltjes waarbij zowel kleine microplastics als macroplastics een rol kunnen spelen. Maar horen die schadelijke effecten nu wel of niet bij het probleem van microplastics? Verschillende actoren kunnen hier verschillende ideeën over hebben.

Framing-onzekerheid lijkt momenteel in de discussie rond microplastics nog geen grote rol te spelen. Maar de ogenschijnlijke consensus kan wel eens omslaan op het moment dat er ingrijpende maatregelen nodig zijn. Op dat moment ligt het voor de hand dat degenen die de kosten hiervan dragen meer duidelijkheid willen over de aard en omvang van de veronderstelde schadelijke effecten. Juist op dergelijke momenten kunnen eventuele framing-verschillen op de voorgrond treden.

Stap 4 Kennisonzekerheid: Wat is bekend over de genoemde oorzaken en gevolgen?

De primaire bron van kennisonzekerheid zit bij microplastics rond de schadelijke effecten. De wetenschappelijke basis voor het optreden van schadelijke effecten bestaat uit hypothesen en casestudies die vaak onder laboratoriumcondities zijn uitgevoerd. De wetenschappelijke kennis is beperkt en fragmentarisch. De wetenschappelijke artikelen die over schadelijke effecten van microplastics worden gepubliceerd zijn weliswaar peer-reviewed, maar focussen vaak op een klein stukje van het probleem. Onder dergelijke omstandigheden kan veelal niet worden uitgesloten dat sprake is van selectief zoeken naar informatie die de hypothese bevestigt (positive bias). Een kritische review en maatschappelijke duiding van de beschikbare wetenschappelijke kennis ontbreekt momenteel. De aard en omvang van de effecten is dus onzeker. Die onzekerheid ligt vooral in de toekomst. Er zijn op dit moment geen aanwijzingen voor het optreden van grootschalige schadelijke effecten, maar de concentratie van microplastics in het milieu toont een gestaag stijgende lijn en er is sprake van ophoping. De complexiteit van het probleem is groot. Eén en ander betekent dat onderzoek niet op korte termijn (bv binnen vijf jaar) tot eenduidige antwoorden zal leiden, maar op relatief korte termijn kan mogelijk wel wat meer zekerheid worden verkregen door het kritisch reviewen, compileren en duiden van de beschikbare kennis, bijvoorbeeld in internationaal kader.

Er bestaat ook kennisonzekerheid over de oorzaken van microplastics. Het gaat dan met name over de vraag welke bronnen hoeveel bijdragen. Hier wordt momenteel redelijk veel onderzoek naar gedaan. Er zijn reeds verschillende internationale rapporten over gepubliceerd en het lijkt erop dat op redelijk korte termijn (3-5 jaar) een tamelijk helder beeld zal ontstaan van de belangrijkste bonnen, al kan de situatie natuurlijk van locatie tot locatie verschillen. Deze kennis is met name van belang om draagvlak te creëren voor eventuele kostbare brongerichte maatregelen in sectoren die een belangrijke bijdrage leveren aan het probleem.

Stap 5 Diversiteit: Is er rekening gehouden met diversiteit?

Bij microplastics is nadrukkelijk sprake van diversiteit in organismen, plaatsen en maatschappelijke processen. Bij organismen gaat het met name om de vraag of het aantonen van onschadelijkheid voor een aantal soorten ook impliceert dat geen schadelijke effecten zullen optreden bij andere soorten. Met name in de diepe oceanen waar (micro)plastics kunnen sedimenteren en lange tijd persisteren, komen soorten voor die we niet of nauwelijks kennen en al zeker niet in het laboratorium kunnen testen. Er is ook sprake van een grote mate van diversiteit in locaties, maar er is relatief veel kennis aanwezig over de processen die deze ruimtelijke variabiliteit veroorzaken zodat het mogelijk zou moeten zijn een redelijke slag te slaan naar de locaties waar de hoogste concentraties voorkomen.

De diversiteit in maatschappelijke processen die bijdraagt aan het probleem van microplastics is hierboven reeds uiteengezet. Bij het aanpakken van het probleem is het van groot belang dat rekening wordt gehouden met de diversiteit in culturele en bestuurlijke contexten. Het gaat hier immers om een mondiaal probleem. Oplossingsrichtingen die in bepaalde landen werken zullen in andere landen niet werken. Zo heeft het bouwen van een microplasticfilter voor rioolwaterzuiveringsinstallaties of wasmachines weinig zin voor landen waar dergelijke installaties en machines niet of nauwelijks worden gebruikt. Maar ook voor Nederland is de aanwezigheid van kunststof in de meest uiteenlopende sectoren een bron van grote diversiteit in de maatschappelijke processen.

Stap 6 Indeterminisme: Welke processen zijn onvoorspelbaar?
Op korte termijn zal geen duidelijkheid ontstaan over de precieze aard en omvang van de effecten, dus dit kan (op de korte termijn) als indeterminisme worden beschouwd. Tegelijkertijd is duidelijk dat er op dit moment geen sprake is van zeer ernstige acute schadelijke effecten op het aquatische of mariene ecosysteem of de volksgezondheid. De ontwikkeling van de markt voor de plastics op de middellange termijn is ook een indeterminisme, maar lijkt afdoende getackled te kunnen worden aan de hand van scenariostudies.

Stap 7 Onwetendheid: Wat als er verassingen komen?
Omdat er nog vrij weinig onderzoek is gedaan naar microplastics, lijkt de kans op verrassingen reëel. Onderzoek en monitoring kan een hulpmiddel vormen voor vroege detectie van verrassingseffecten. De ontwikkeling van filtertechnieken voor microplastics uit water kan een optie zijn voor het mitigeren van eventuele verrassingseffecten op de aquacultuur en/of volksgezondheid. Effecten op het mariene systeem lijken lastiger te mitigeren als gevolg van de globale schaal en de lange termijn waarop het fenomeen zich manifesteert. Dit globale en lange termijn karakter van het probleem lijkt radicale veranderingen in economische omstandigheden of leefpatronen minder relevant te maken.

Stap 8 Synthese: Welke onzekerheden verdienen hoe aandacht?

1. Framing-onzekerheid: welke actoren zijn bij het probleem betrokken en hoe ervaren zij het probleem? Voer een interactieve actor-analyse uit: vraag iedere geïdentificeerde actor om het probleem te beschrijven en nieuwe actoren te identificeren.
    a. Bepaal of en waar consensusvorming mogelijk en wenselijk is.
    b. Toets robuustheid van het voorgenomen beleid, dat wil zeggen: kijk of het voorgenomen beleid recht doet aan de diversiteit aan framings.
2. Kennisonzekerheid: wat is de aard en omvang van de schadelijke effecten van microplastics?
    a. Korte termijn: kritische review, compilatie en maatschappelijke duiding van wetenschappelijke kennis over mogelijke effecten van microplastics. Bij voorkeur uitgevoerd door een internationaal orgaan en met betrokkenheid van een diversiteit aan maatschappelijke actoren.
    b. Middellange termijn: initieer onderzoek naar aard en omvang van schadelijke effecten, met name bij reële blootstellingsconcentraties.
3. Diversiteit in oplossingsrichtingen. Gezien de grote variatie in bronnen en contexten zal het niet mogelijk zijn om één oplossing te vinden voor alle situaties. De “one solution fits all” bestaat niet voor microplastics. Dit betekent dat moet worden gewerkt aan een cocktail van verschillende oplossingsrichtingen. Dit kan bijvoorbeeld door gemotiveerde en creatieve mensen met verschillende achtergronden samen te laten werken aan een het oplossen van een probleem, binnen een lokale or regionale context. Een platform om de uitwisseling van ideeën tussen dergelijke groepen te stimuleren kan als katalysator dienen.

4. Diversiteit aan ecologische eindpunten waarbij zich mogelijke schadelijke effecten kunnen voordoen. Het lijkt lastig om deze diversiteit op korte termijn te beschrijven, met name waar het gaat om de biodiversiteit in de diepere wereldzeeën. De enige manier om hier mee om te gaan lijkt het hanteren van een extra veiligheidsfactor.
5. Ruimtelijke variaties in blootstellingsconcentraties (diversiteit). Deze zouden redelijk goed beschreven moeten kunnen worden aan de hand van metingen en bestaande modellen. De concentraties in diepe zeeën vormen mogelijk een knelpunt.
6. Onwetendheid is tamelijk groot, dus er is een aanzienlijke kans op verrassingseffecten.
    a. De implementatie van goede monitoringsystemen kan een optie zijn maar is op korte termijn waarschijnlijk nog niet haalbaar vanwege gebrek aan gestandaardiseerde meettechnieken, zowel in water als in biota.
    b. De ontwikkeling van filtertechnieken om microplastics uit water voor aquacultuur te filteren.
7. Indeterminisme in toekomstig gebruik van plastics: scenariostudies uitvoeren om te kijken hoe de concentraties microplastics in water zich in de toekomst zou kunnen ontwikkelen.

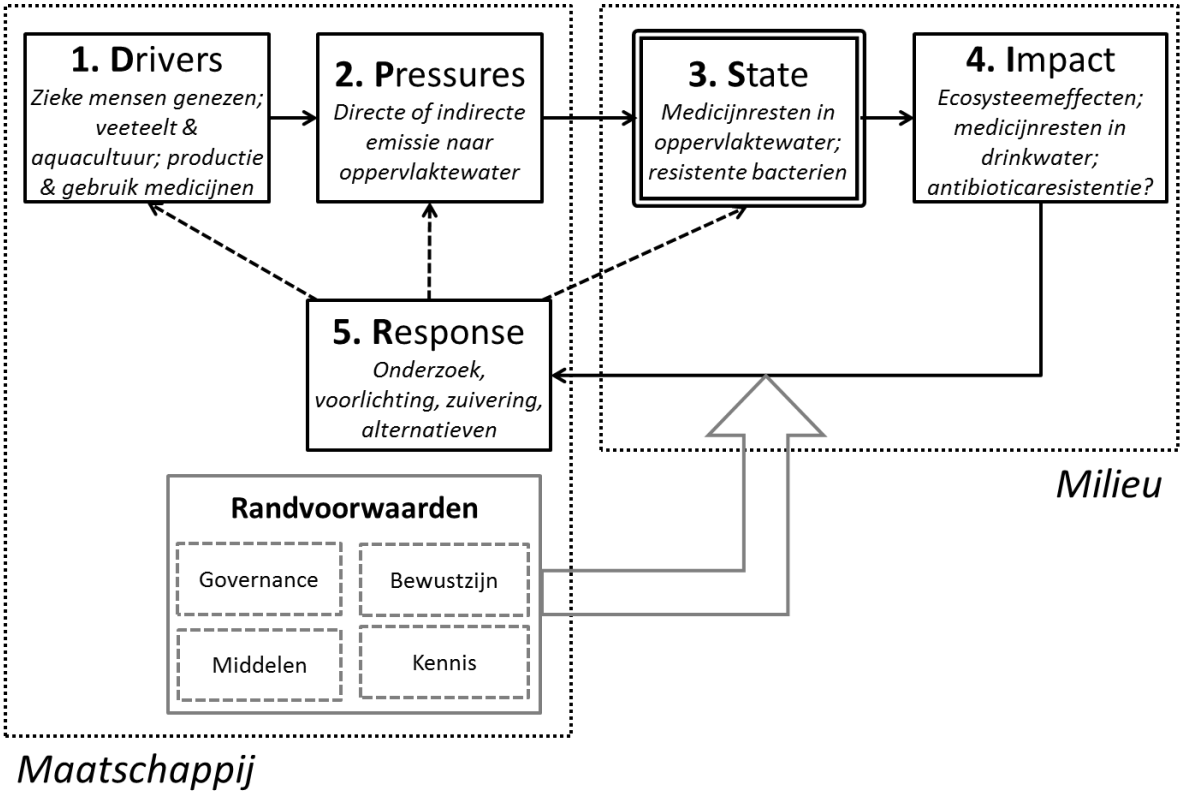
Stap 9 Welk soort risico is dit? Wat is dan de beste strategie?

In termen van Renn & Klinke (2004) gaat het hier om een *Pandora*-geval, dat wil zeggen een risico waarvan de aard en omvang van de effecten, evenals de kans dat deze optreden, onbekend zijn, en met een relatief lange latentieduur. Dit vraagt om voorzorg, dat wil zeggen waar mogelijk het nemen van kosteneffectieve maatregelen om het risico te beperken. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan maatregelen zoals emissiebeperking bij productie en transport van plastic pellets, filters op wasmachines, verbeterde afvalinzamelingssystemen en het financieren van onderzoek naar mogelijke alternatieven voor plastic. Renn & Klinke (2004) noemen de ontwikkeling van alternatieven ook expliciet als optie. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan afbreekbare plastics, maar ook hier kleven vooralsnog veel nadelen aan. Tot slot noemen Renn & Klinke (2004) nog reductie & begrenzing en beheersing van noodsituaties als opties. Reductie van emissie is reeds benoemd onder voorzorg. Beide andere opties, begrenzing en beheersing van noodsituaties, lijken vooralsnog minder voor de hand liggend. Begrenzing lijkt niet haalbaar vanwege het mondiale karakter van het probleem. Beheersing lijkt niet aan de orde omdat vooralsnog geen voorstelling kan worden gemaakt van de aard van de noodsituatie.

5.2. Casus: Medicijnresten in water

Stap 1 Causaal model: Wat is het probleem?
Er is een causaal model ontwikkeld voor het probleem "medicijnresten in water" aan de hand van het DPSIR raamwerk (Figuur 5-2). Startpunt voor de beschrijving van het probleem vormt de constatering dat de steeds meer medicijnresten in oppervlaktewateren worden aangetoond, met name rond rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). In DPSIR termen is dit een verandering in de toestand ("State") van het systeem; vandaar dat dit blok in Figuur 5-2 met een dubbele lijn is geaccentueerd. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat medicijnresten, met name rond rioolwaterzuiveringsinstallaties, tot nadelig gewaardeerde effecten bij bepaalde organismen kunnen leiden. Ook bestaan er zorgen over de drinkwatervoorziening. Enkele voorbeelden en aanwijzingen:

- Feminiserend effect van estrogenen op vissen rond RWZI's is in het Verenigd Koninkrijk aangetoond (Sumpter, 1995).
- Resten van psychofarmaca kunnen tot gedragsveranderingen bij vissen leiden.
- In India en Pakistan is de populatie Indiase gieren gedecimeerd als gevolg van de toepassing van diclofenac voor de preventieve behandeling van vee.
- Hoge concentraties antibiotica kunnen tot resistentievorming leiden. De angst bestaat dat deze resistentie zich van riool en/of RWZI's en eventueel oppervlaktewater naar de mens wordt overgedragen.
- Er worden steeds meer medicijnresten in drinkwater aangetroffen. Dit leidt tot berichten in de media die mogelijk onrust veroorzaken bij burgers.



Figuur 5-2 DPSIR schema voor medicijnresten

Medicijnresten kunnen via verschillende routes in het oppervlaktewater terechtkomen. De belangrijkste route is dat de medicijnen na gebruik door mensen en dieren (met name veterinair gebruik), eventueel na omzetting in het lichaam, via plas en poep weer worden uitgescheiden. Humane medicijnen zullen veelal in het riool terechtkomen en via het riool naar een zuiveringsinstallatie worden getransporteerd. Daar wordt een deel verwijderd en de rest wordt op het oppervlaktewater geloosd. Medicijnresten kunnen ook direct op het oppervlaktewater worden geloosd, bijvoorbeeld veterinaire medicijnen of directe lozing door mensen die niet op het riool zijn aangesloten. Er bestaat veel inzicht in de verschillende bronnen die bijdragen aan medicijnresten in water, zowel qua productie als qua gebruik, zeker als het gaat om humane medicijnen. In veel landen zijn kwantitatieve gegevens over productie en gebruik echter niet vrij beschikbaar. De onderliggende behoeften van het medicijngebruik zijn wel duidelijk: het streven naar gezondheid voor de mens en productiemaximalisatie in veeteelt en aquacultuur.

Stap 2 Actor-analyse: Wie is erbij betrokken?
Op basis van literatuur en het interview met de dossierhouder is een eerste inschatting gemaakt van de belangrijkste actoren rond medicijnresten in water. Er worden vijf actorklassen onderscheiden:

- Groepen die medicijnresten als probleem ervaren: ngo's (natuur- & milieuorganisaties), drinkwaterbedrijven, watersporters, sportvissers, burgers
- Groepen die bijdragen aan medicijnresten in water: farmaceutische bedrijven, ziekenhuizen, veesector, aquacultuur, consumenten.
- Groepen die een specifieke rol spelen bij het aanpakken van het probleem: onderwijssector (educatie & voorlichting)
- Overheden (inclusief waterbeheerders)
- Wetenschap

Stap 3: Framing-onzekerheid
De titel ("medicijnresten in water") bevat drie afbakeningsdimensies, namelijk "water", "medicijn" en "resten". Uit de term "water" kan worden afgeleid dat medicijnresten in lucht en/of bodem niet bij het probleem horen. Het bovengenoemde voorbeeld over de effecten van diclofenac op de populatie Indiase gieren hoort strikt genomen dus niet bij het probleem. Ook de vraag of sediment bij water hoort is in dit kader relevant (over het algemeen wordt deze vraag met "ja" beantwoord). En hoort slibafval van RWZI's bij het probleem? Dit slibafval wordt in bepaalde landen als meststof in de landbouw gebruikt, waarmee de bodem toch weer in beeld komt. Ook de vraag of eventuele voedselketeneffecten bij het probleem horen is een afbakeningsvraag. De term "medicijn" is tamelijk eenduidig, maar kan in bepaalde situaties ook discussie oproepen. Hoe ga je bijvoorbeeld om met stoffen die als medicijn worden gebruikt tevens aan bepaalde cosmetica worden toegevoegd? In wetenschappelijke studies zie je vaak ook een onderscheid tussen humane en veterinaire medicijnen: bepaalde studies richten zich exclusief op humane medicijnen, andere alleen op veterinaire medicijnen en weer andere op beide groepen. Tot slot duidt de term "resten" op eventuele omzettingsproducten die kunnen ontstaan. Het kan daarbij gaan om metabolisatie in organismen (inclusief de mens) en om producten die ontstaat na transformatiereacties in RWZI's en het milieu. Ook hier zie je in de wetenschappelijke wereld veel studies die slechts een beperkt deel van het probleem bestuderen, bijvoorbeeld door alleen de risico's van "parent compound" te berekenen en omzettingsproducten buiten beschouwing te laten.

De titel laat dus ruimte voor verschillende interpretaties en het lijkt dan ook aannemelijk dat verschillende actoren het probleem op verschillende manieren framen. Er is in het kader van deze casus geen uitgebreid framing-onderzoek onder actoren gedaan, maar er kan wel een aantal opmerkingen worden gemaakt. Twee frames lijken dominant in het medicijndossier: zorgen over

schadelijke effecten op het aquatisch ecosysteem en zorgen over medicijnresten in drinkwater. Met name de discussie over medicijnresten in drinkwater is in het kader van framing interessant. Hier lijkt sprake van een fundamenteel verschillende benadering tussen verschillende groepen; enerzijds bepaalde kritische consumentorganisaties die van mening zijn dat medicijnresten ten principale niet in drinkwater thuishoren en anderzijds de farmaceutische bedrijven die veelal een risicobenadering voorstaan. Beiden visies zijn ten principale onverenigbaar: je kunt iemand die vindt dat medicijnresten niet in drinkwater thuishoren niet met een studie die laat zien dat de risico's verwaarloosbaar zijn.

De mogelijke rol van medicijnresten bij het ontstaan en overdragen van antibioticumresistentie duidt nog op mogelijke andere framing-onzekerheden. Het ligt namelijk voor de hand dat dit eventuele risico het grootst zal zijn voor personen die intensief in contact staan met het riool- en afvalwater. Dan kan in eerste instantie worden gedacht aan beroepsmatig blootgestelde mensen zoals rioolwerkers en medewerkers van RWZI's, maar bijvoorbeeld ook aan boeren en mensen die in de aquacultuur werken. Hiermee wordt ook een nieuw wettelijk kader geïntroduceerd dan bij framing een belangrijke rol kan spelen, namelijk de arbowet.

Uit het bovenstaande blijkt dat framing-onzekerheid een potentieel belangrijke rol kan spelen bij medicijnresten in water. Het ligt dan ook voor de hand om deze bron van onzekerheid goed in kaart te brengen. Voor zover bekend is hier vooralsnog geen uitgebreide studie naar verricht.

Stap 4 Kennisonzekerheid: Wat is bekend over de genoemde oorzaken en gevolgen?

De problematiek rond medicijnresten in water kent talrijke kennisonzekerheden over oorzaken en gevolgen zoals:

- Het ontbreken van betrouwbare gegevens over medicijngebruik. Primair gaat het om gebruiksgegevens, maar ook gegevens over "compliance" en het omgaan met niet-gebruikte medicijnen zijn belangrijk om emissies naar het milieu te schatten.
- Voor veel medicijnen is onduidelijk welke en hoeveel omzettingsproducten ontstaan, vooral in RWZI's en het milieu.
- Voor veel medicijnen is slechts een zeer beperkte set eco-toxiciteitsdata beschikbaar waardoor het niet goed mogelijk is om aan te geven welke milieuconcentratie veilig is.
- De beschikbare eco-toxiciteitsdata houden veelal geen rekening met subtiele ecologische effecten, zoals gedragsveranderingen bij vissen. Dergelijke effecten kunnen in bepaalde situatie (bv bij verstoring van het voorplantingsgedrag) wel ecologisch relevant zijn.
- De mate van afbraak van medicijn(rest)en in RWZI's en milieu is voor veel stoffen onbekend of de beschikbare data zijn heel onzeker.
- De efficiëntie van veel geavanceerde waterreinigingstechnieken (ozonering; UV-treatment; etc.) voor wat betreft verwijdering van medicijn(rest)en is onbekend.
- Het gedrag van medicijn(rest)en in RWZI's en milieu is lastig voorspelbaar omdat veel medicijnen ioniseren. De traditionele modellen om het gedrag van stoffen in het milieu te voorspellen zijn ontwikkeld voor apolaire stoffen en dus minder geschikt voor ionogene medicijnen.
- Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar over het ontstaan en de verspreiding van antibioticumresistentie zodat de omvang van dit risico niet goed kan worden ingeschat.

Stap 5 Diversiteit: Is er rekening gehouden met diversiteit?

De diversiteit zit bij medicijnresten vooral in de veelheid aan medicijnen die worden geloosd en de veelheid aan lozingssituaties. Er zijn duizenden verschillende medicijnen en over veel stoffen zijn nauwelijks milieugegevens beschikbaar. Dit gebrek aan gegevens kan deels worden opgevangen door extrapolatie, dat wil zeggen dat de risico's worden ingeschat op basis van overeenkomsten in structuur met stoffen waarvan de risico's wel bekend zijn. Dat introduceert echter (een grote mate van)

onzekerheid. De diversiteit aan lozingssituaties wordt momenteel het hoofd geboden door zo veel mogelijk uit te gaan van zogenaamde worst-case situaties, bijvoorbeeld beperkte verdunning rond een lozingspunt van een RWZI. Voor farmaceutische bedrijven kan dit aanleiding zijn om te pleiten voor een minder stringent blootstellingsscenario, zeker als blijkt dat hun medicijn onder dergelijke worst-case condities slecht wordt beoordeeld en zij de indruk hebben dat het betreffende scenario niet realistisch is.

Diversiteit in culturele en bestuurlijke contexten lijkt minder relevant voor medicijnresten in het milieu. Het gaat hier immers om een tamelijk gelokaliseerd probleem met een focus lozingspunten rond RWZI's Het kan met landelijk en regionaal beleid worden aangepakt.

Stap 6 Indeterminisme: Welke processen zijn onvoorspelbaar?

Gezien de complexiteit van het aquatisch ecosysteem en de diversiteit aan blootstellingssituaties zal op korte termijn zal geen duidelijkheid ontstaan over de precieze aard en omvang van de ecologische effecten of de risico's rond het ontstaan en verspreiden van antibioticumresistentie, dus deze facetten kunnen (op de korte termijn) als indeterminisme worden beschouwd. Tegelijkertijd is duidelijk dat er op dit moment geen sprake is van zeer ernstige acute schadelijke effecten op het aquatische ecosysteem of de volksgezondheid. De ontwikkeling van de markt voor de farmaceutica op de middellange termijn is ook een indeterminisme, zeker als men bedenkt dat dit een markt is waar heftig wordt geconcurreerd. Tot slot is de ontwikkeling van regelgeving voor de beoordeling van de milieurisico's van medicijn(rest)en een belangrijk indeterminisme. Deze beoordeling is voor nieuwe medicijnen verplicht maar tegelijkertijd vrijblijvend, dat wil zeggen dat een medicijn niet op basis van milieurisico's kan worden geweigerd. De verwachting is echter dat deze regelgeving in de toekomst strenger zal worden, al laat ze moeilijk voorspellen hoeveel strenger.

Stap 7 Onwetendheid: Wat als er verassingen komen?

Het voorbeeld van diclofenac en Indiase gieren is een traditioneel voorbeeld van een verrassing als gevolg van onwetendheid. Alhoewel dergelijke verrassingen nooit kunnen worden uitgesloten, lijkt de kans op verrassingen voor medicijnresten wat betreft toxische effecten relatief klein. Risicobeoordeling van chemische stoffen kan worden beschouwd als een veld waar veel onderzoek naar is gedaan. De kans op verrassingen lijkt groter als het gaat om de ontwikkeling en verspreiding van antibioticum-resistentie.

Stap 8 Synthese: Welke onzekerheden verdienen hoe aandacht?

8. Framing-onzekerheid: welke actoren zijn bij het probleem betrokken en hoe ervaren zij het probleem? Voer een interactieve actor-analyse uit: vraag iedere geïdentificeerde actor om het probleem te beschrijven en nieuwe actoren te identificeren. Besteed met name aandacht aan frames van burgers rond medicijnresten in drinkwater en frames van beroepsmatig blootgestelde mensen in relatie tot antibioticum-resistentie.
    a. Bepaal of en waar consensusvorming mogelijk en wenselijk is.
    b. Toets robuustheid van het voorgenomen beleid, dat wil zeggen kijk of het voorgenomen beleid recht doet aan de diversiteit aan framings.
9. Onwetendheid rond antibioticum-resistentie is tamelijk groot, dus er is kans op verrassingseffecten.
    a. De implementatie van goede monitoringsystemen voor antibioticumresistentie.
    b. De ontwikkeling van technieken om de beroepsmatige blootstelling van rioolwerkers, RWZI medewerkers, boeren en medewerkers in de aquacultuur zoveel mogelijk te beperken.
10. Kennisonzekerheid: wat is de aard en omvang van de schadelijke effecten van medicijnresten?

a. Korte termijn: geef prioriteit aan beschikbaarheid van gebruiksgegevens.
b. Middellange termijn: genereer data over afbraakproducten, afbraaksnelheden, toxiciteit, verwijderingsefficiënties, gedrag van ionogene stoffen, etc.

11. Diversiteit in medicijnen. Investeer in kennis die het mogelijk maakt om gedrag en toxiciteit van stoffen op basis van structuur te voorspellen (lange termijn).
12. Ruimtelijke variaties in blootstellingsconcentraties (diversiteit). Deze zouden redelijk goed beschreven moeten kunnen worden aan de hand van metingen en bestaande modellen.

Stap 9 Welk soort risico is dit? Wat is dan de beste strategie?

Het risico van medicijnresten in het milieu is moeilijk te plaatsen binnen de typologie van Renn & Klinke (2004). De typologie is ontwikkeld voor globale risico's terwijl het hier om meer gelokaliseerde risico's gaat. Weliswaar komen risico's van medicijnresten over de gehele wereld voor, maar oorzaak en effect blijven vaak tot een lokale of regionale schaal beperkt. Het risico heeft een aantal kenmerken van een Medusa. Zo worden de risico's van medicijnresten in drinkwater door de meeste wetenschappers als verwaarloosbaar ingeschat terwijl mensen hierover wel bezorgd zijn. Dit wijst op het belang van participatieve en communicatieve instrumenten bijvoorbeeld om mensen bewust te maken en/of vertrouwen op te bouwen.

5.3. Casus: schaliegaswinning in Nederland

Schaliegas bestaat net zoals gewoon aardgas voornamelijk methaan (CH_4), en zit opgesloten in gesteente. In Nederland komt schaliegas voor in de Posidonia schalie-laag (gemiddeld 3km diep) en de Geverik schalie-laag (gemiddeld 4km diep) (Witteveen+Bos, 2013, p. 19). Schaliegas wordt gewonnen door dat gesteente te breken door er een mengsel van water, zand en chemicaliën onder grote druk in te pompen (groot volume *hydraulic fracturing*, kortweg 'fracken'). Daartoe wordt verticaal in de grond geboord, waarna horizontaal verder wordt geboord, om het gesteente plaatselijk te kunnen benaderen; in tegenstelling tot een gewone aardgasbel die vanop een of meerdere punten kan worden aangeboord. Zelfs door de horizontale boring is de reikwijdte van een boorput nog beperkt en moeten er meerdere putten worden geslagen op enkele kilometers afstand van elkaar. Zand en chemicaliën zorgen ervoor dat de scheuren open blijven, terwijl een biocide verhindert dat schimmels, algen of bacteriën aanslibben (!!! INVALID CITATION !!!).

De voorgenomen proefboring naar schaliegas gaf aanleiding tot zorg over milieu-effecten. Uit de boorput komt afvalwater van gebruikte frack-vloeistof en gruis van gesteente dat wordt aan- of weggeboord en dat moet worden gereinigd met water. Dat levert afvalstromen op van verontreinigd water, vast materiaal en ook gassen die mogelijk moeten worden afgefakkeld. Er zijn zorgen over mogelijke risico's voor het grondwater veroorzaakt door de boring of door fracken. Bovendien zijn er zorgen om schokken die zouden kunnen ontstaan bij boren in de buurt van breuken, of trillingen die problemen zouden kunnen veroorzaken voor trillings-gevoelige installaties zoals hoogtechnologische installaties of laboratoria. Ook zijn zorgen geuit over de installaties en hun veiligheid, het vrachtverkeer, schade aan landschap, licht- of geluidsoverlast, zowel voor omwonenden als natuur en vooral ook het lekken van stoffen naar grondwater. Verder zijn er ook zorgen over de noodzaak voor energie-onafhankelijkheid, rendement van de betrekkelijk onverkende Nederlandse lagen, alsook of schaliegas nodig is als de transitie naar duurzame energie te traag verloopt (Commissie MER, 2013, 2014; Ministerie EZ, 2016; Witteveen+Bos, 2013).

Schaliegas is internationaal en in Nederland uiterst controversieel, al is het debat in Nederland (tijdelijk) wat geluwd door het besluit dat er zeker tot 2020 geen schaliegaswinning zal plaatsvinden. Daardoor is ruimte ontstaan voor verder onderzoek en een beoordeling van schaliegas in het kader van bredere planningsprocedures, voornamelijk over de bestemming van de ondergrond. Aanvankelijk werd schaliegas behandeld als normale aardgaswinning, dat met het bestaande vergunningskader kon worden afgehandeld. Al gauw werden echter fundamentelere bewaren aangedragen en de discussie verbreedde naar breder milieurisico's en uiteindelijk zelfs naar nut en noodzaak en de rol van schaliegas in de energievoorziening (Metze, 2014a). Van de vraag of boren naar schaliegas geen schade zou opleveren, werd de vraag ook wat we ermee zouden opschieten (zie par. 2.5.1 liberale en republikeinse risico's).

Pogingen om het debat in te perken met onafhankelijk onderzoek waarin de reikwijdte van het probleem werd beperkt, leidden samen met gebrek aan vertrouwen tot afhakende actoren in het stakeholder-overleg en verdere polarisatie van het debat (Metze, 2014b). Op aandringen van de commissie voor de m.e.r. en aanbeveling van het Rathenau Instituut leek het daarom beter om een breed bereik aan onzekerheden in beeld te houden, inbegrepen zorgen om effecten bovengronds in lokale omgeving, op natuur (inbegrepen lokale verdroging door watergebruik), maar ook ten aanzien van de kwaliteit van toezicht en regelgeving (!!! INVALID CITATION !!!).

Ook de onzekerheden in het schaliegasdebat zijn controversieel. Een uitspraak over welke kennis wel of niet voldoende zeker is, is al gauw inzet van het debat (Metze, 2014a). Bijvoorbeeld: kan in de Nederlandse bestuurlijke, industriële en geologische context wel of niet voldoende worden gegarandeerd dat een boorput veilig wordt afgeschermd om lekken te voorkomen? Wij doen hier geen uitspraken over of dat soort processen wel of niet onzeker zouden zijn. (Daarover hebben wij ook geen

expertise.) Wat we wel doen, is laten zien hoe ons stappenplan dit soort onzekerheden in kaart kan brengen. Bij schaliegas is al veel onderzoek verricht en advies uitgebracht. Daarin zijn reeds uitgebreid onzekerheden gesignaleerd. Door beperkte tijd, kunnen wij ons eigen advies over het belang van overleg met actoren in onze illustratie niet uitvoeren, maar in het onderzoek en adviezen zijn al uitgebreid de argumenten van verschillende actoren aan bod gekomen. Een aantal van de gesignaleerde onzekerheden zijn inmiddels ook nader onderzocht en zijn wellicht niet zo onzeker meer – wij hebben hierover geen literatuuronderzoek verricht. **Wat volgt is dus enkel een illustratie van de methodiek om te laten zien hoe daarmee onzekerheden kunnen worden beschreven, geen uitspraak over hoe onzeker deze aspecten van schaliegas zijn.** De beschrijving is ook een globale beschrijving van schaliegas, waarbij ook op specifieke niveau naar deelaspecten zou kunnen worden gekeken (bv waterverontreinigings-risico's).

Stap 1: Causaal model

Vanuit de DPSIR-benadering kan een globaal overzicht worden gemaakt van de verbanden in de schaliegas-problematiek. Dit is geen overzicht van feitelijke effecten, maar een overzicht van mogelijke effecten, met name die waarover zorgen zijn geuit.

Drivers

- **Energiebehoefte**: schaliegas als bron van fossiele brandstof in een samenleving die daarvan nog sterk afhankelijke is. Schaliegas afgewogen tegen alternatieven, al dan niet duurzaam.
- **Technologische ontwikkeling** van boortechnieken en de ontwikkeling van een industrie kan schaliegaswinning haalbaar maken, mogelijk ook in Nederland.
- **Economische kansen**: schaliegas kan een bron van inkomsten zijn (ook voor de overheid) en van werkgelegenheid, als het gas renderend kan worden gewonnen.
- **Geopolitieke overwegingen**: schaliegas zou energieonafhankelijkheid kunnen ondersteunen, afhankelijk van hoeveel renderend gas aanwezig is.

Pressure

- **Opbouw, aanleggen van installaties**: vrachtverkeer, bouwwerkzaamheden, boring en aanleggen van putten en behandelingsinstallaties.
- **Winning:** watergebruik, aanvoer van grondstoffen (water, zand, chemicaliën), boren, gasbehandeling, affakkelen van gas, beheer van afvalstromen (water, vast, gas), vrachtverkeer en pijpleidingen.
- **Sluiting:** ontmantelen installaties en afsluiten van putten

State

Mogelijke milieuveranderingen als gevolg van

- morsen/lekken van fracking vloeistof of chemicaliën bovengronds (aanvoer)
- morsen/lekken boorvloeistof na het boren (biocide, stoffen aanwezig in het schaliegesteente)
- afvalwater (behandeld)
- vast stof na waterbehandeling, boormateriaal
- Microtrillingen door boren
- aardbevingsgevaar door boren nabij (onbekende) breuken
- lekken naar grondwater/oppervlaktewater uit boorput (chemische hulpstoffen, methaan, aangeboorde stoffen)
- lekken uit afgesloten putten
- lekken naar grondwater uit fracking proces ondergronds
- geluid van installaties, vrachtverkeer
- licht van installaties
- verbrandingsproducten SO_x, NO_x, fijn stof
- bijdrage aan broeikasgassen door verbranding fossiele brandstoffen (CO_2) en CH_4 lekkage

- ruimtebeslag van installaties
- Mogelijke afname watervoorraad door watergebruik

Impacts

Mogelijke gevolgen van veranderde omgeving:

- Effecten op gezondheid en welbevinden omwonenden: lawaai, lichtoverlast, fijn stof, esthetische aantasting omgeving (boortorens, overige installaties, vrachtverkeer, pijpleidingen), ongelukken of ongerustheid daarover (lozingen, explosies).
- Schade aan eigendom en economische activiteit bovengronds: trilling-gevoelige activiteiten (laboratoria, hoogtechnologische installaties), ruimte die niet gebruikt kan worden voor economisch interessante alternatieven, schade door aardbeving door boren bij breuken, ongelukken.
- Economische schade ondergronds: verhindering van geothermie, warmteopslag, of ander gebruik van de ondergrond.
- Bijdrage aan klimaatverandering (klimaat footprint) door de installaties en door het faciliteren van gasverbruik.
- Angst voor gevaar voor drinkwatervoorziening op korte en lange termijn, ook met gebruik voor frisdranken, bronwater, bierbrouwers.
- Gebruik van zand: afgravingen
- Natuurschade door ruimtebeslag, door verdroging als gevolg van lokaal intensief watergebruik, of door verzuring als gevolg van verbrandingsproducten; schade door verontreinig oppervlaktewater

Response

Bij de discussie over schaliegas speelt de effectiviteit van regulering en technologische beheersing van de risico's een grote rol. Kritieke processen zijn:

- Technologische beheersing van risico's: bv beperking geluid door afgesloten installaties, afvalwaterbehandeling, gesloten opslag afvalwater en afvangen CH_4 daaruit, veiligheid boorputten, hergebruik van grondstoffen (water), afsluiten boorputten, behandeling vast afval
- Regulering en toezicht op veiligheid van installaties en activiteiten, adequate MER regelgeving en vergunningsstelsel, capaciteit voor handhaving en toezicht.
- Adequate regulering/zonering bovengronds: ruimtelijke ordening (zowel qua risico's als economisch interessante alternatieven)
- Adequate regulering/zonering ondergrond (alternatief gebruik van ondergrond, maar ook vanwege bijvoorbeeld risico's van breuken).
- Inpassing in transitie naar duurzame energie.
- Verantwoordelijkheid bij (menselijk) falen, falend bedrijf.
- Verloop van het maatschappelijk debat en besluitvorming.
- Vergoedingen voor landgebruik, schade

De response heeft dan weer mogelijk effect op:

- Beheersing van risico's (door effecten in alle DPSI stadia)
- Invloed on rendabiliteit door de kost van regulering, veiligheidsmaatregelen, onderzoek, verzekering.
- Effect op transitie naar duurzame energie, energievoorziening, energie-onafhankelijkheid

Stap 2: Actoren

Voor Nederland zijn de actoren reeds goed in kaart gebracht door eerder overlegprocessen, zoals de consultatieronde door EZ en in het kader van onderzoek naar risico's (Witteveen+Bos, 2013, p. 12), maar ook het commentaar dat verzameld is door de Commissie voor de m.e.r. (Commissie MER, 2014), waarbij bijvoorbeeld nog specifieke kwesties naar boven kwamen, zoals wat er langs de

landsgrenzen kan gebeuren (inspraak door bewoners net over de grens). Zonder in al te veel detail te treden:

- overheden: gemeenten, provincie, rijksoverheid, waterschappen
- toezichthouders (Staatstoezicht op de Mijnen en Milieudiensten)
- winningsbedrijven (Quadrilla) en sectorverenigingen (bv NOGEPA)
- drinkwaterbedrijven, VEWIN
- overige bedrijven (bv trillingsgevoelige installaties, alternatief bodem of ruimtegebruik, bv Rabobank, brouwers)
- bezorgde omwonenden, organisaties van burgers (bv Schalievrij, lokale afdelingen)
- milieuorganisaties (bv provinciale milieufederaties, Milieudefensie, Greenpeace, Natuur en Milieu,…)
- wetenschappers (verschillende disciplines, van ingenieurswetenschappen tot sociale wetenschappen, academisch en commercieel), adviesorganen (bv Commissie voor de m.e.r.)

Stap 3: Framing onzekerheid

De framing van schaliegaswinning is al uitgebreid in kaart gebracht door beleids-wetenschappelijk onderzoek, ook in Nederland (Metze, 2014a, 2014b). In de loop van het debat, verschoof de focus van de discussie, waarbij het probleem anders werd afgebakend en begrepen.

Waar lijkt schaliegas op? In welke context werd schaliegas begrepen? Vanuit de gaswinningsbedrijven werd aanvankelijk de nadruk gelegd op de continuïteit tussen schaliegas en aardgas: fracking wordt ook occasioneel gebruikt bij conventionele gaswinning. Ook vanuit de overheid werd schaliegas aanvankelijke gezien als gaswinning (Metze noemt dat het 'business as usual'-frame). Later in het debat ging het probleem meer lijken op een *milieuprobleem*, met een verschuiving naar de nadruk op zorg over schadelijke effecten. Een derde frame legde meer de nadruk op *energietransitie*, waarin niet alleen de vraag over mogelijke lokale omgevingsschade relevant werd, maar ook de afweging in het kader van duurzame energievoorziening. Een belangrijke vraag was ook in welke mate Nederlandse schaliegaswinning lijkt op Amerikaanse schaliegaswinning.

Afbakening. In de afweging van schaliegas haakten sommige actoren af doordat het probleem te strikt afgebakend werd. De vraag was onder andere of effecten op natuur nadrukkelijker aandacht moesten krijgen. Ook adviseerde de Commissie voor de m.e.r. om uitgebreider naar de bovengrond te kijken (Commissie MER, 2013).

Ruimtelijke schaal speelt hier ook een sterke rol in het framen van de discussie: moet schaliegas nationaal worden afgewogen (economisch nut, energie-onafhankelijkheid), of lokaal (overlast, milieuschade), of internationaal (klimaatverandering, energie-transitie). Aanvankelijk beef de bovengrond minder belicht omdat die effecten "locatie-specifiek" waren (Commissie MER, 2013), terwijl juist lokaal heftige weerstand ontstond. Ook afbakening in de tijd (tijdsschaal) is lastig, bijvoorbeeld in de inschatting of en hoe schaliegas een rol kan spelen als overgangsbrandstof, of op welke termijn plannen moeten worden gemaakt voor de ondergrond.

Taal: Frames komen onder andere terug in taalgebruik ('fracking' vs schaliegaswinning).
Bestuurlijke afbakening: aanvankelijk door het probleem vooral onder te brengen als een mijnbouwprobleem.

Frame diversiteit: er was spanning over de afbakening van het probleem, maar door het besluit om voorlopig niet te winnen is ruimte ontstaan voor een wat bredere afweging, zoals aanbevolen door de Commissie voor de m.e.r. en het Rathenau instituut (Commissie MER, 2014; De Vries, Van Est, &

Van Waes, 2013). Er blijft echter spanning bestaan tussen een verschillende framing van het probleem onder actoren, waardoor een gedeeld afwegingskader lastig blijft, waardoor het gevaar blijft bestaan van een 'wicked problem' (Metze, 2014b).

Wereldbeelden zijn bij schaliegas duidelijk herkenbaar en spelen een grote rol bij de inschatting van onzekerheden:

- Hiërarchisch: de rijksoverheid zet sterk in op onderzoek, het opdelen van het probleem in hanteerbare deelproblemen, zonering en normering die de nadelige effecten kunnen inperken ('het balletje in de kuil houden').
- Individualistisch: sterk vertrouwen in de mogelijkheid van technologische oplossingen (bv afvalbehandeling, afwerking boorputten)
- Egalitair: zorgen om onomkeerbare effecten (bijvoorbeeld door verontreiniging, verlies van natuur), zorgen om bijdrage aan dramatische klimaatverandering
- Fatalistisch: wantrouwen ten opzichte van de besluitvorming en instanties, onafwendbaar gevaar of overlast.

Stap 4: Kennisonzekerheid

Kennisonzekerheid is zeer controversieel bij schaliegas. Tegelijk bestaat er een agenda voor kwesties die nader te onderzoeken zijn, bijvoorbeeld in advies van de Commissie voor de m.e.r. (Commissie MER, 2014).

Onderdelen van het causaal model waarover weinig kennis beschikbaar is, maar die wel cruciaal zijn voor de afweging zijn bijvoorbeeld (zonder volledigheid of detail te willen claimen):

Drivers

- De omvang van de ondergrondse voorraden en in welke mate en hoe lang die renderend kunnen worden geëxploiteerd (en daardoor ook de rol in energie-onafhankelijkheid)
- Effect van schaliegas op duurzame energietransitie.

Pressure

- de aard van de installaties, n.a.v. het verzoek van de Commissie voor de m.e.r. om meer dan een voorbeeld-installatie af te wegen (Commissie MER, 2013)
- afvalstroombehandeling
- technische mogelijkheden voor beperking van milieudruk, bv schuin boren
- vrijkomen chemische stoffen

State

- precieze kennis van ondergrondse breuken in potentieel interessante gebieden
- omvang van het watergebruik

Impact

- aard en omvang van eventuele ecologische effecten en duur van natuurlijk herstel (inbegrepen lokale verdroging door watergebruik, verzuring).
- aard & omvang van potentiele effecten op volksgezondheid via verstoring, onrust (stress) en verontreiniging drinkwatervoorziening.

Response

- adequaatheid regulerend kader
- uitrusting van toezicht en handhaving
- effect van regulering op renderende uitbating
- rol in energiemix

De lijst is echter niet volledig. Naar een aantal van deze kennisonzekerheden is inmiddels onderzoek gedaan en we doen hier geen uitspraak over de omvang van deze onzekerheden.

Betrouwbaarheid van kennis: de afweging is noodzakelijkerwijs deels afhankelijk van technische informatie van belanghebbenden. Er was enig wantrouwen onder actoren (al dan niet terecht) over de neutraliteit van sommige bronnen. De oorsprong ('pedigree') van informatie moet in meer detail worden uitgezocht.

Oorzaken van selectieve kennis: over de ondergrond is beperkte kennis aanwezig door kosten van en weerstand tegen proefboringen. Er is weinig kennis over lokale, bovengrondse impacts, onder andere op natuur, doordat het probleem aanvankelijk vooral werd gezien als een probleem van de ondergrond en doordat onduidelijk is in welke mate ervaring uit het buitenland hier ook relevant is.

Stap 5: diversiteit
Hier speelt vooral variabiliteit van plaats, bijvoorbeeld over hoe een installatie ervaren wordt in verschillende omgevingen en met verschillende afstand tot bewoning of natuur.

Maatschappelijke diversiteit: onzekerheid over variatie door ontwikkelingen in de energiesector (verduurzaming, verschuiving naar elektriciteit); in welke mate zijn Amerikaanse risico-analyses ook hier geldig; veronderstellingen over de ontwikkeling van regelgeving die problemen in de toekomst zullen opvangen.

Diversiteit in de praktijk: onbekend hoe schaliegaswinning in de praktijk in Nederland zou functioneren (eenvoudigweg omdat er geen praktijk is). (Er zijn enkel ervaringen uit andere landen en de relevantie daarvan is betwist.)

Stap 6: Indeterminisme
Feedback processen, complexiteit, toeval
- effect van toenemende complexiteit van het probleem (regulering, technische maatregelen, maatwerk aan lokale variabiliteit, …) op kosten, rendeerbaarheid en beheersbaarheid van het probleem.
- Leidt succesvolle winning op een locatie tot snelle uitbreiding?

Maatschappelijke dynamiek:
- ontwikkelingen in energie transitie zijn moeilijk precies te voorspellen
- geopolitieke ontwikkelingen, bijvoorbeeld ten aanzien van Russisch gas

Effect van kennis:
- moeilijk te voorspellen hoe actoren zullen reageren naarmate er meer kennis komt voor de afweging van schaliegas.

Stap 7: onwetendheid, verrassingen
Hoeveelheid onderzoek: Waar is de kans op verrassingen het grootst doordat er weinig onderzoek is gedaan? Waar is juist veel ervaring mee? Met de techniek is veel ervaring, de grootste verrassingen lijken te kunnen komen uit de bodem (voorraden) en uit maatschappelijke ontwikkelingen (bv energietransitie). Verder ook interactie met lokale omstandigheden bovengronds.
Robuustheid van modellen en aannames: ontwikkelingen in energievoorziening.
Maatschappelijke robuustheid: wat gebeurt er bij rampen?

Stap 8: synthese
De analyse van de prioritaire onzekerheden is eigenlijk al uitgevoerd door de Commissie voor de m.e.r., grondiger dan dat hier kan en met de nodige raadpleging van het maatschappelijke veld. Het advies was vooral verbreding van de afweging, met inbegrip van bovengrondse leefmilieu-effecten (Impacts), verduidelijking van hoe regulerend zal worden opgetreden (locaties, zonering, toezicht, Response), nut/noodzaak (Drivers) (Commissie MER, 2014).

Stap 9: risico-karakterisering
De karakterisering van het risico aan de hand van de typologie van Klinke en Renn is eigenlijk betwist tussen de verschillende partijen in het debat: zijn de kansen dat er iets mis gaat groot of klein? Zijn de gevolgen dan groot of klein? In ieder geval is duidelijk dat er onmiddellijke effecten kunnen zijn (bijvoorbeeld van een accidentele lozing), maar ook effecten die pas na lange tijd duidelijk worden (bijvoorbeeld als er iets mis gaat in de ondergrond). In deze redenering lijkt het risico het meest op een *Pandora*-geval. De aangewezen strategie is dan "kennis verbeteren, reductie en begrenzing, beheersing noodsituaties", wat grotendeels de strategie is die de overheid op dit moment volgt.
De voorstanders zullen eerder argumenteren dat de kans klein is en de gevolgen klein of hanteerbaar en eerder aansturen op risico-communicatie (uitleggen dat risico's beperkt zijn) en maatregelen om risico's in te perken (bijvoorbeeld technologisch en via regulering).

6. Conclusie: weten wat je niet weten kan?

Onzekerheid is een uitermate complex probleem. Het analyseren van onzekerheid suggereert eigenlijk een paradox: proberen te weten wat je niet weet. We proberen te kijken waar we niet kijken kunnen, achter de horizon van wat beleid en onderzoek kunnen overschouwen. Met name bij nieuwe risico's is het in kaart brengen van onzekerheid lastig, omdat onze kennis typisch fragmentarisch is: op onderdelen scherp, maat in andere onderdelen afwezig, betwist, of onbetrouwbaar. Tegelijk ontstaat toch al zorg of de roep om maatregelen, of wordt door sommige actoren al stelling genomen. Zelfs het begrip onzekerheid zelf, kan radicaal andere betekenissen krijgen: wat de ene actor ziet als een bedreiging van het goede leven, ziet de andere misschien juist als een kans. Bovendien kan onzekerheid strategisch worden ingezet door actoren die handelen uit een vooropgesteld belang, bijvoorbeeld om overheidsoptreden uit te stellen of technologische ontwikkelingsrichtingen te blokkeren.

In deze complexiteit, hebben wij geprobeerd om een aanpak te ontwikkelen die specifiek in de beleidsvoorbereiding een overzicht kan bieden van onzekerheden, die ook prioriteiten kan helpen bepalen voor onzekerheden die aandacht behoeven en die een aanwijzing kan geven voor hoe met onzekerheden kan worden omgegaan.

Deze aanpak is gebaseerd op:

- **Een afgewogen typologie van onzekerheden**, gebaseerd op een uitgebreid literatuuronderzoek en afweging vanuit eerder onderzoek naar onzekerheden, uit zowel sociaalwetenschappelijke als natuurwetenschappelijke hoek, maar gericht op de specifieke noden van de beleid maken voor nieuwe risico's (eerder dan bv modelleren of onderzoek). Deze bestaat uit framing onzekerheid, kennisonzekerheid, diversiteit, indeterminisme en onwetendheid.
- **Een stappenplan** voor de analyse van onzekerheden, ingebed tussen het maken van een probleemverkenning middels een causaal model en een risicoanalyse die leidt tot beleidsstrategieën. Het stappenplan ambieert weliswaar overzicht te bieden, maar erkent ook dat onder tijdsbeperking dat overzicht niet in volledig detail mogelijk is. Het stappenplan is gebaseerd op vragen die de aandacht vestigen op vormen van onzekerheid die anders aan de aandacht zouden kunnen ontsnappen.
- **Een prioritering van onzekerheden** als uitkomst van het stappenplan, die tot een lijst van 'doenbare' onzekerheden moet leiden, verbonden aan praktische suggesties van een mogelijke aanpak voor deze onzekerheden.
- **Een uitgangspunt van meervoudige perspectieven** op onzekerheid, waarbij framing en wereldbeelden een belangrijke rol spelen en waarin wordt erkend dat onzekerheden soms bedreigingen zijn, soms onvermijdelijkheden, soms kansen, en soms reduceerbare problemen. Dat wijkt af van een traditionele omgang met onzekerheden die uitgaat van eenduidige probleemdefinities en met onzekerheden die (tenminste in principe) zijn te kwantificeren.

Ondanks het paradoxale karakter van onzekerheden, menen wij dat het toch mogelijk is om onzekerheden in kaart te brengen om met deze oefening ook tot beter afgewogen beleid te komen, zelfs in de grote onduidelijkheid van nieuwe risico's. Verder biedt het stappenplan een proces dat maatwerk kan bieden omdat immers alle risico's, en maatschappelijke zorg over die risico's, ook weer uniek zijn.

Een belangrijke functie van het stappenplan is het verbreden van de volledige waaier aan onzekerheden die bij nieuwe risico's kunnen spelen. Dat betekent niet dat alle mogelijk onzekerheden ook moeten worden uitvergroot en uitgezocht – wat immers tot een

verlammende overdaad aan twijfel zou kunnen leiden. Het stappenplan maakt het wel mogelijk om de afweging over wat de meest relevante onzekerheden zijn meer systematisch uit te voeren. Daarmee wordt verhinderd dat er een fixatie ontstaat op specifieke onzekerheden, bijvoorbeeld de onzekerheden rond de typisch fragmentarische kennis bij nieuwe risico's. (Een fixatie op de 'stukjes van de puzzel' die wel aanwezig zijn, eerder dan op 'de hele puzzel'.)

Bij het uitproberen van de het stappenplan in de drie casussen, bleek het instrument goed te werken bij het ordenen van onzekerheden. Het stappenplan biedt een overzicht en geeft op specifieke onderdelen aan in welke richting een oplossing kan worden gezocht. Bij onze eigen toepassing, bleek het dus goed te werken als analytisch instrument. Het is nu de vraag of het stappenplan ook nuttig blijft bij toepassing in de praktijk: in het maken van beleid en vooral ook in contact met maatschappelijke actoren. Zou het bijvoorbeeld mogelijk zijn om de analyse te gebruiken om met actoren samen aan te geven wat wel en niet de meest relevante onzekerheden zijn? In het kader van ons korte onderzoek was het helaas niet mogelijk om ook nog in overleg te treden met maatschappelijke actoren over de onzekerheden in onze casussen, terwijl we dat in het stappenplan wel nadrukkelijk aanbevelen.

Bij het uitproberen van onderdelen van onze aanpak met beleidsmakers bij I&M in een korte workshop 'Beleidsaanpak omgaan met onzekerheden', bleek dat zelfs meer abstracte tools uit onze aanpak verrassend goed werden opgepikt. Probleemtypen of frames leidden blijkbaar tot herkenning in allerlei dossiers en zijn dus blijkbaar nuttig als interpretatiekader. Op basis van de aanwijzingen van de deelnemers, werden enkele accenten in de aanpak verschoven. Zo kreeg daardoor bijvoorbeeld het prioriteren van onzekerheden meer aandacht. De vertaling naar gebruik in de beleidspraktijk behoeft nog wel aandacht. De deelnemers zagen bijvoorbeeld mogelijkheden in het creëren van een '*community of practice*' waarin ervaringen met de omgang met onzekerheden kunnen worden uitgeprobeerd.

Tot slot hebben wij nog enkele aanbevelingen op basis van onze ervaringen met het maken en uitproberen van het stappenplan.

1. **Doe meer ervaring op met het stappenplan.**
   Het stappenplan bleek goed te werken bij het analyseren van de onzekerheden in de drie casussen die we hebben behandeld. Blijft dat ook zo als de variatie tussen de casussen groter wordt? Kan het stappenplan ook worden gebruikt voor kwesties op de rand of zelf buiten het beleidsdomein van I&M? Is het ook nuttig bij het ontwerpen van een echte beleidsstrategie, eerder dan enkel een analyse op papier, of gaan er dan te veel andere logica's spelen (politiek, budgettair, …).
2. **Breid de toolbox verder uit.**
   Wij hebben enkele analyse-instrumenten aangedragen, maar voor specifieke vormen van onzekerheden bestaan zeker nog meer mogelijkheden, bijvoorbeeld in de richting van technieken die aansluiten bij modellering of kwalitatieve scenario's. Dat kan helpen om de aanwijzingen van het stappenplan verder te concretiseren.
3. **Aandacht aan risicotypologie en bijbehorende managementstrategieën.**
   Wij hebben ons in dit rapport vooral gericht op onzekerheid en daarbij een strak onderscheid gehanteerd tussen onzekerheden en risico's. Het vervolg van het stappenplan ('stap 9') gaat over in de omgang met risico's, waarvoor reeds lijnen zijn uitgezet in bv. *Rode Draden* (Min I&M, 2014) en waaraan wij slechts kort aandacht hebben kunnen besteden. Het verdient aanbeveling om de aansluiting van onze onzekerheidsanalyse op de omgang met risico's uit te proberen.

4. **Zoek afstemming over kernbegrippen met wetenschappelijke adviesinstellingen.**
   Uit eerder onderzoek is gebleken dat in de omgang met onzekerheden het erg belangrijk is dat beleidsmakers en deskundigen die hen adviseren dezelfde taal spreken. Een begrip als frame is gesneden koek voor sociale wetenschappers uit kwalitatieve hoek, maar doorgaans niet voor kwantitatief ingestelde sociale wetenschappers en natuurwetenschappers.
5. **Probeer het stappenplan uit in contact met maatschappelijke actoren**.
   Ook voor overleg met actoren kan externe communicatie van een eenvoudige vorm van het stappenplan handig zijn, of is het in ieder geval belangrijk om de aanpak van het stappenplan uit te proberen met het maatschappelijke veld, bijvoorbeeld rond de behandelde casussen.
6. **Verpak de inhoud van het rapport op een hanteerbare manier.**
   Dit rapport is in de eerste plaats een onderzoek naar omgang met onzekerheden. Voor praktisch gebruik door beleidsmakers zal een meer handzame vorm noodzakelijk zijn. We denken hier bijvoorbeeld aan getrainde specialisten, workshops, gecondenseerde checklists, of een digitale tool. Deze instrumenten kunnen bijdragen aan het creëren van een community of practice voor omgang met onzekerheden.

7. English policy summary

Beyond the Horizon: Policy perspectives for dealing with uncertainties of new risks.

A dynamic, highly technological society continually produces innovations with promising potential, but also concerns about possible negative consequences. The development of new technologies such as drones or self-driving cars, but also delayed effects of older innovations, such as micro-plastics or medicines that end up in surface waters, lead to concerns over hazards for environment or society. Hence it is important that innovations are 'domesticated': integrated in society, while their dangers are brought under control in ways that are considered fair and manageable.

This process is extra difficult for new risks, as our knowledge about these risks is typically fragmented. We may have indications of potential hazards, but typically lack a systematic overview, for example because systematic measuring or monitoring instruments have not yet been put in place. The danger is that this fragmented knowledge leads us to focus on specific uncertainties about of the bits of the puzzle we *do* have, at the expense of a more systematic review of uncertainties involved. In spite of knowledge gaps for new risks, actors in society may already take a stand, and in some cases quite fiercely and with hefty emotions. While such concerns may or may not be justified, governments are faced with demands for action even if the knowledge is not quite as complete as may be desirable. At the same time, there may be further complications by disagreements among actors about what should be considered a real danger, about how to define the problem, or about who is responsible for the various aspects of the problem.

The Dutch Parliament has requested that the Ministry of Infrastructure and Environment should develop an approach for dealing with new and emerging risks that is consistent, providing policy attention that is proportionate to the risks at hand and that balances concerns about the room for innovation versus concerns over safety and risk. At the same time, such an approach would have to acknowledge that different risks have different characteristics and hence that it should provide tailored policy measures for the particular risk at hands. The result is an approach to new risks that is *consistent* in its approach, yet also *tailored* in its appreciation of specific risks' idiosyncrasies ('*tailored consistency*'). The first building block of this approach was developed in the *'Red Threads'* report for dealing with risk (Min I&M, 2014), which tried to formulate general principles for dealing with risks, stressing an open interaction with society and an appreciation of different risk perspectives in society.

Continuing the development of this approach, the Ministry asked us to develop an approach specifically for uncertainty: the lack of a precise knowledge about new and emerging risks. This approach was to be based on a typology of uncertainties grounded in the relevant scientific literature, but with a specific eye on use in a policy context. For different kinds of uncertainties, different instruments should be suggested, either for reducing uncertainties (e.g. through more research) or for designing policies that take irreducible uncertainties more into account (e.g. more robust policies). This instrument was to be applicable for the full range of the Ministry's remit, which includes such dossiers as drones, shale gas ('fracking'), micro-plastics in water, self-driving cars, zoonosis, medicines in water, or nano-materials.

Our approach to the development of this instrument has relied on a series of assumptions that have greatly influenced its design. First, we make a sharp distinction between risks and uncertainties, which is not shared in all of the relevant scientific literature. We defined risk rather strictly as the chance that a hazard will occur (during a certain time frame, affecting a certain population) in light of the size of the adverse effect ('risk=chance x hazard'). Uncertainty, on the other hand, is the lack of a clear and specific knowledge about the size of these chances, the nature of the hazards, the size of the hazards, or even of what should be considered a hazard in the first place. An analysis of uncertainties

is then distinct from an analysis of risks in that it specifically screens what aspects of a problem lack knowledge or are even unknowable.

Second, we have emphatically tried to make use of both social science and natural science insights into risks, reflected in the disciplinary background of both authors; even though the approaches to risk in both fields of study are sometimes difficult to reconcile, especially with respect to the more interpretive and qualitative social sciences. (Some of the crucial insights of this literature are discussed and referenced in chapter 2.) However, especially for new and emerging risks, where problems are not clearly defined and where there may be heated controversies over what is and is not relevant, social science insights offer a useful complement to natural science approaches to uncertainty, which tend to assume well-defined and unambiguous problems.

Third, and in line with the attention for social science, we acknowledge the importance of different perspectives on risk, of 'frames' and of contrasting worldviews. Actors may differ in how they define and understand a problem on a very fundamental level, requiring more than just more knowledge or facts to develop a common understanding.

Fourth, we depart form the condition of policy makers with limited amounts of time and money, implying that it is impossible and impracticable to unravel all uncertainties for every policy issue. The assumption that such a 'utopian rationality' is possible and even desirable pervades much of the literature on uncertainty and there is less attention for the 'bounded rationality' of policy making, in which analysing and dealing with uncertainties has to also be do-able. Whereas much of the literature on uncertainties is mostly directed to experts advising policy makers, we aimed to develop an instrument of direct relevance to policy makers themselves.

In order to develop our instrument for dealing with uncertainties, we performed a series of analyses:

- We produced an overview of the most prominent insights into uncertainties from social science research, focused on concepts and schemes that can help policy makers understand uncertainty and societal debate about it. This was based on our own expertise and experience with earlier projects.
- We also performed a more systematic literature review, aimed at identifying the typologies of uncertainty most of use to policy makers. This was based on literature searches in the Web of Science (see overview in the Appendix), the results of which were narrowed down to the most useful typologies, which are discussed in detail in the report.
- These two analyses were integrated in a typology of uncertainties aimed at use in policy making, meaning that it is not overly complicated, yet also retains enough of the sophistication resulting from the rich research tradition in this area. We then discussed these parts of the analysis with a group of civil servants from the Ministry, including several people responsible for new risk-dossiers.
- Based on these analyses and the feedback from the civil servants, we then developed a nine-step process around the typology of uncertainties. The process elicits possible forms of uncertainty through a series of questions. Depending on how much time is available, the process can be run with the main questions, or go into further detail. The process also includes policy options for how to proceed once particular forms of uncertainty have been identified.
- The last step of the analysis was to apply the nine-step process to three cases of new risks, for which we collected some extra material, interviewed civil servants involved in the issue, and also relied on personal expertise. These three cases were micro-plastics in surface water, medicines metabolites in surface water, and shale gas production.

The nine-step process for dealing with uncertainties works from an overview of the problem in a causal model. Such a model has to be made before the uncertainty analysis can be performed. Crucial

to the analysis is communication with actors involved, and the performance of the uncertainty analysis is partly also intended as a communication device to foster a shared understanding of the problem (or at least a shared understanding of the difference in views of the problem). The process then continues to an analysis of uncertainties, built around the backbone of the uncertainty typology. This typology consists of:

- **Framing uncertainty**: uncertainty originating from different problem definitions, for example through different demarcations of what does and does not belong to the problem, of how a problems are categorized and seen as belonging to the same family as other problems, or the narrative framing of the problem (including use of language, discourse, symbolic representation of the problem). For example, should the issue be seen as an issue of regional planning or an issue of pollution control? Reframing a problem, for example in a more inclusive or integral way, may introduce new actors, but also identify new and newly relevant uncertainties. Badly framed problems may lead to 'fixing the wrong problem' or unproductive conflicts in which actors talk past each other.
- **Knowledge uncertainty:** uncertainty that can be resolved by gathering more knowledge, such as more or more precise measurements, a better understanding of root causes, a more systematic collection of what is already known, or other forms of research. Under this heading, we also include concerns about the reliability of knowledge, or the reliability of sources of knowledge, as well as the trust actors have in different sources of knowledge. Especially in heated controversies, some sources of knowledge may come under fire for being partisan or biased, which requires the building of trust, rather than just more research.
- **Diversity:** concerns the variability of people, organisms, or places (e.g. geographically, climate, or underground conditions). This can be expressed as 'spread rather than average', as this form of uncertainty directs the attention to difference, rather than, for example, standard people in standard conditions. Diversity also includes societal diversity and policy diversity, which may imply that risk characterisations that were developed elsewhere may not hold under different societal conditions (e.g. varying levels of regulatory enforcement). Diversity also includes assumptions about people's behaviour and conditions in practice, rather than as represented by 'ideal users', for example with perfect adherence to safety rules.
- **Indeterminacy:** uncertainty that cannot be reduced, either for practical reasons (because more research is impracticable or not possible for ethical reasons, such as on human subjects), or because of inherently unpredictable processes. Such processes may involve coincidence, chaotic processes, feedback effects, the complexity of societal processes, or effects of knowledge itself on the behaviour of people ('performativity of knowledge'). It may not always be possible to sharply distinguish indeterminacy from knowledge uncertainty, as this requires an assessment of how knowledge will develop in the future: what is considered chaotic and unpredictable now, may at some point in the future become subject to scientific understanding.
- **Ignorance:** is the remaining possibility of 'unknown unknowns', processes that were overlooked or remained invisible, the always remaining possibility of surprises that call for policies that are robust or adapt quickly to unexpected conditions.

The process works through a series of questions that elicit specific forms of uncertainty described in the literature and leads to suggestions for policy measures ('tool kit') that can either reduce uncertainties, or that can deal with uncertainties that appear irreducible. The analysis results in priorities for uncertainties and policy measures that can in turn be discussed with stakeholder to form an uncertainty management plan. Only after this analysis, does the process turn to the analysis of risks, for which we mainly refer to the risk typology and associated policy strategies suggested by Renn and Klinke (Renn & Klinke, 2004).

In addition to developing the uncertainty analysis process, we have the following policy recommendations to further develop the approach to uncertainty:

1. **Collect more experience with the nine-step uncertainty process**
   The nine-step process appeared to be working very well as an analytic tool for mapping out uncertainties in the three cases analysed, but it would be interesting to test this with further cases, in actual policy design, and in contact with other actors.
2. **Expand the uncertainty tool kit**
   For some of the uncertainties discussed, there are further options to develop and refine the tool kit. For example, this could be connected more with modelling tools, or with more qualitative scenario tools.
3. **Develop the risk typology and associated management strategies**
   We have focused our analysis on uncertainties, but this now needs to be integrated further with an analysis of risks and the development of risk management strategies (step nine of the analysis).
4. **Co-ordinate these concepts of uncertainties with expert advisory institutes**
   Previous research has pointed to the importance of a shared language and shared understanding of types of uncertainties and related options for action between policy makers and expert advisors. This will require communication of this analysis, for example with expert organisations advising the Ministry.
5. **Try out the analysis process with stakeholder interaction**
   Due to time limitations we were not able to follow our own advice that stresses the importance of analysing uncertainties in communication with stakeholders. It would be interesting to see whether the analysis of uncertainties in the three cases can work in contact with actors involved in these issues to clarify uncertainties or differences in their assessment.
6. **Package the contents of this report in a format more practical for use in policy**
   For practical use by policy makers and for external communication, a simplified version of the nine-step process might be useful, but also other formats that could help create a community of practice around this approach to uncertainty. This could involve seminars or workshops with policy makers, trained specialist, a digital tool, or a condensed checklist.

Appendix: uit de literatuur geselecteerde typologieën.

Tabel 0-1 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND typology" in the topic field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Clark (2013)	Policy	Does not contain a real typology. Describes 3 "risk frames" that influence the perception of uncertainty and how uncertainty is being dealt with: (1) proof of harm, (2) the precautious en (3) the precaution through experience	The (culturally determined) frame seems to be important for the way uncertainties are being characterized and being dealt with. Reflection on the frame(s) being used then becomes important.
Dequech (2011)	Economy	substantive and procedural uncertainty weak and strong uncertainty ambiguity and fundamental uncertainty.	Good theoretical account, but the treatise seems to offer few practical pointers.
Dovers and Handmer (1992)	Environment	No explicit typology. A lot of talk about uncertainty and ignorance.	Not useful
Guillaume, Qureshi, and Jakeman (2012)	Water Management	Case study on water management. Uncertainty is characterized on the basis of its nature, level and origin (source). The steps for dealing with uncertainty consist of identification, prioritization of resources (for addressing uncertainty), reduction, description, propagation and communication.	Has a strong modelling focus. Assumes that the problem at hand is well-defined.
Hamui-Sutton, Vives-Varela, Gutierrez-Barreto, Leenen, and Sanchez-Mendiola (2015)	Medical	Technical, conceptual, communicational, systemic, and ethical uncertainty.	Typology is fitted to the medical field. The type and level of uncertainty are linked to a management perspective (e.g., consulting a senior). Is to some extent comparable to our task, but then limited to a very specific field (i.e., that of the medical sciences).
Knol et al. (2009)	Risk Assessment	Describes uncertainties based on 6 characteristics: location, nature, range, recognized ignorance, methodological unreliability and value diversity	Typology is similar to the one used by PBL & RIVM. It is difficult to comprehend; not very intuitive. Requires training and practice to apply. Strong model focus.
Levin, Hansson, and Ruden (2004)	Risk Assessment	Proposes and applies uncertainty indicators that can be used in the analysis of RA reports: (1) contentual uncertainty indicators, (2) epistemic uncertainty indicators, (3) inferential uncertainty indicators, and (4) conditionalising uncertainty indicators	Typology has been specifically developed for risk assessment (RA) reports. Does not seem directly useful for characterizing uncertainty in a broader sense.

Lujan and Todt (2012)	Social Sciences	Typology for application of the precautionary principle: (1) risk-based, (2) epistemological borders and (3) technology selection. This classification is associated with the interpretation of the nature of uncertainty. Comparable to Clark, 2013.	The proposed classification has a strong empirical basis and seems to a lack a sound theoretical basis. Uncertainty is being described, but a typology is not presented.
MacGillivray and Richards (2015)	Social Sciences	Paper provides a typology of governance regimes (risk-based, precautionary, adaptive and participatory) that helps make explicit what the broader dimensions of model quality (beyond technical quality) are.	Article does not provide a typology for uncertainty, but shows that the (use of) models is value-laden and fraught with assumptions and world views. In essence: how a risk is characterized depends on the context (e.g., politically, world view, etc.) in which it is being characterized.
Mirakyan and De Guio (2015)	Modelling	Provides a conceptual basis of uncertainty showing the allocation of different types of uncertainty according to each planning and modelling stage. Applicable to integrated energy planning. Typology discussed: Linguistic uncertainty (vagueness; ambiguity; under specificity) Knowledge or epistemic uncertainty (context & framing uncertainty; model uncertainty) Variability (aleatoric) uncertainty (natural; human; institutional; technological) Decision uncertainty (goals/objectives; assessing criteria; actions strategies) Level of uncertainty (ignorance; uncertainty; risk) Procedural uncertainty (available time/ resources; uncertainty in communication)	This is a variation on the typology of Walker et al. (2003) and Ascough et al. (2008). Typology is rather complex and is being developed for different modelling and policy phases (e.g., problem definition, input parameters, decision, communication, level of uncertainty, etc.). This makes it difficult to apply for a policy maker. Paper does not discuss the impact of the (policy) context on the assessment of uncertainty.
Refsgaard et al. (2007)	Modelling	Focused on model development and application. They adopt a subjective interpretation of uncertainty in which the degree of confidence that a decision maker has about possible outcomes and/or probabilities of these outcomes is the central focus. Ignorance= lack of awareness that knowledge is wrong or imperfect. Uncertainty = a known degree of unreliability of knowledge. Statistical, bounded & unbounded uncertainty. Sources of uncertainty: context & framing; input; model structure; parameter; model technical. Nature of uncertainty: epistemic, stochastic.	Conclusion: the identification and characterisation of all uncertainty sources should be performed from the start jointly by the modeller, the water manager and the stakeholders

		Table 1 is a nice way to characterize uncertainty. They furthermore review many different methodologies to assess uncertainty (e.g., Monte Carlo, expert elicitation, NUSAP, stakeholder involvement, etc.). Ultimately, they present a guide to select an appropriate methodology for uncertainty assessment	
Sanderson (2012)	Management	Text about the planning of mega-projects and the approaches that are in place there to control and reduce uncertainty (and risk). Contains discussion on distinction between risk & uncertainty. Nicely indicates that "the relevance of the available dataset for the current decision situation remains a subjective judgment" (very applicable to MC analysis). In other words: it is assumed that the future will be more or less like the past which is a fundamentally flawed assumption (based on the past). Typology: Risk Category 1 (a priori probabilities), Risk Category 2 (frequentist probabilities), Uncertainty Category 1 (subjective probabilities) & Uncertainty Category 2 (socialized probabilities: The future is assumed to be inherently unknowable in the present, because it is socially constructed and therefore transmutable)	Article results in a plea for governing, i.e., manifested as spontaneous micro-processes of organizing as a project unfolds ex post instead of ex ante governance structures. Quite similar to experimentation / flexibility approach that is in our heads
Skinner, Rocks, and Pollard (2014)	Risk assessment	Based on 171 peer-reviewed environmental weight-of-evidence assessments. A defensible typology consisting of seven types of uncertainty (data, language, system, extrapolation, variability, model, and decision) and 20 related sub-types is developed.	One of many types of uncertainty typologies. Some categories are debatable (in my opinion). Maybe useful for risk assessment & modelling but less so for new/emerging risks. Contains a nice Fig. 3 which may be used to illustrate the complexity of some typologies.
Todt and Lujan (2008)	Technology assessment	Two conceptualizations of managing technology under uncertainty: 'technology governability' and 'technology selection' are being discussed. The underlying visions are that uncertainty can be controlled/reduced over time versus the inherent uncontrollability / unpredictability. Various examples are given. Similar to Lujan & Todt 2011	Useful paper to understand the different strategies for managing technological innovations in society and the viewpoints of the stakeholders involved.

Udovyk and Gilek (2013)	Risk assessment	Paper notes that there is a variety of typologies, but a substantial number of inconsistencies remain in these typologies. This paper outlines a "shared understanding of uncertainty" consisting of the recognition of uncertainty as either (1) a knowledge relationship, (2) connected to complex ecosystem interactions and dynamics or (3) uncertainties in knowledge-based systems. Furthermore, three strategies for coping with uncertainty are described: (1) reducing uncertainty, (2) uncertainty control, and (3) coping with uncertainty. Each strategy comes with a number of different methods to address uncertainty.	Typology ("shared understanding of uncertainty") seems not very useful. Methods for addressing uncertainty (Table 2) might be used for strategy/toolbox.
M. Van Asselt and Rotmans (2002)	*Integrated assessment modelling*	*First, the positivist (rationalist) interpretation of uncertainty is confronted with the constructivist interpretation ("new information can increase uncertainty). They distinguish two types of uncertainty: variability & limited knowledge. Variability is subdivided into inherent randomness, value diversity, behavioural variability, societal variability & technological surprises. Limited knowledge is subdivided into inexactness, lack of observations, practical immeasurability, conflicting evidence, reducible ignorance, indeterminacy and Irreducible ignorance.*	*Nice quote: The role ascribed to science as the 'provider of certainty' is deeply influenced by the epistemology of what is known as the Enlightenment or the Age of Reason. They propose a pluralistic integrated assessment approach (PRIMA) to overcome the limitations of uncertainty assessment due to (the traditional) positivist principles. This results in assessments along different perspectives (e.g., individualist, egalitarian, hierarchist). Quote: Downplaying the usefulness of IA models as structuring devices by claiming that modelling by definition denies the essence of uncertainty, as Jasanoff and Wynne (1998) do, is to throw away the baby with the bath water.*
Wallentin and Car (2013)	Geography	They break down overall model uncertainty (in GIS models) into simulation uncertainty & validation uncertainty. Simulation uncertainty is further divided into analysis uncertainty, formalisation uncertainty and parameterisation uncertainty. They also mention conceptualisation uncertainty, but do not explain this very clearly.	Specific for modelling in a GIS context. Does not seem very useful for emerging risks.

Wesselink and Hoppe (2011)	Science & Society	Paper critically examines whether post normal science can fulfil its claim as a new way of doing science that deals with uncertainties, value diversity or antagonism, and high decision stakes and urgency, with the ultimate goal of remedying the pathologies of the global industrial system. This is done within the light of empirical and theoretical work on politics and policy making. Figure 2 in this paper is the quadrant with structured/unstructured problems as originally proposed by Hisschemöller and Hoppe (1996). Strong plea for boundary work and participatory-deliberative processes (work Halffman cited).	Authors claim post-normal science is an attempt of scientist activists to access the political arena through the scientific entrance (presupposition: science can/should change outcome of societal decision making). Quote: *The authors conclude that the art of politics needs to come back into the discussion on environmental problems if societal change is to occur*. Furthermore: *…there is no scientific way to "solve" unstructured societal problems*. Important
Wickson (2007)	Social Sciences	Quote: *Psychometric research, cultural theory and the development of typologies of incertitude are all fields of social science research that have arisen to challenge the adequacy of realist risk assessment for decision making on controversial technologies. These theories suggest that realist risk assessment fails to account for the characteristics of the risk in question, the influence of divergent worldviews, as well as various forms of uncertainty. Collectively, these theories call for an approach to decision making that goes beyond a discourse of risk, re-imagines the authority granted scientific knowledge, increases the avenues available for public participation, boosts the requirements for ongoing research and monitoring and is prepared to consider and implement a range of policy options.*	Vision is illustrated with case on GMO regulation in Australia. It is concluded that the realist approach is still dominant.

Tabel 0-2 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND review" in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Alaszewski (2015)	Anthropology	No definition or typology of uncertainty presented. However, there are some interesting insights, e.g. that a society has to be selective in which risks to prioritize. Quote: The selection of risks reflects social and political relations within groups. Furthermore: two factors shape the ways in which individuals perceived risk and responded to danger: individual's strength of allegiance to a social group (grid) and the control which the group exerted over the individual (group)	Stresses importance of culture in risk selection and perception. Conclusion: *The question is not how science replaces magic and religion but how they coexist and relate to each other and how and in what circumstances individuals, groups and organisations use each*
Bojke, Claxton, Sculpher, and Palmer (2009)	Medical	Paper deals with structural uncertainties (different types of simplifications and scientific judgments that have to be made when constructing and interpreting a model of any sort). Structural uncertainties are classified into four categories: (1) Inclusion/Exclusion of Relevant Comparators; (2) Inclusion/Exclusion of Relevant Events, (3) Statistical Models Used to Estimate Specific Parameters, and (4) Clinical Uncertainty or Lack of Clinical Evidence	Applicable to medical setting. Does not seem very useful for emerging risks.
Broekhuizen, Groothuis-Oudshoorn, van Til, Hummel, and Ijzerman (2015)	Medical	Paper identifies five commonly used approaches to quantify and incorporate uncertainty: (1) deterministic sensitivity analyses, (2) probabilistic sensitivity analyses, (3) Bayesian frameworks, (4) fuzzy set, & (5) grey theory.	Does not seem very useful for emerging risks.
Dale (1994)	Risk Management	Review of "Acceptable Evidence: Science and Values in Risk Management." Does not propose typology. Identifies different ways (proposed by book authors) to deal with uncertainty: (1) flexibility, (2) transparency, (3) interwoveness of risk assessment & management, (4) openness of scientists about uncertainty, (5) extended review; (6) sequential decision making & learning.	Suggestions for risk management may definitely be useful.
Deatherage (1987)	Judicial	Paper discussing regulations needed to control the risks of GMOs in the US from a judicial perspective.	Not useful

Dong, Liu, Duan, Bekele, and Naidu (2015)	Risk Assessment	Paper identifies discusses various types of uncertainty (i.e., scenario, model, parameter, weight of evidence, database, extrapolation, decision rule) in the different phases of human risk assessment (i.e., exposure assessment, hazard identification, dose response assessment and risk characterization	Not useful
Hall (2002)	Medical	Paper discusses various sources of uncertainty in medical decision making and ways to deal with these. Purpose is to draw lessons for educating medical practitioners.	Not useful, besides the more general awareness that training can affect the way we perceive and deal with uncertainty.
Leung, Noble, Gunn, and Jaeger (2015)	Environment	Paper reviews the literature on uncertainty in impact assessment (134 papers). They stress the need for further conceptual framework development for researchers focused on identifying and addressing uncertainty in IA practice.	Not very useful
Liesch, Welch, and Buckley (2011)	Management	Does not present an explicit uncertainty typology. Does describe different perceptions of uncertainty in international management	Does not seem to be directly useful.
Makinson, Hamby, and Edwards (2012)	Medical / Technical	Review of methods for the presentation and visualisation of uncertainty, e.g., qualitative assessments, node and arrow diagrams, standard statistical methods, box-and-whisker plots, robustness and opportunity functions, contribution indexes, probability density functions, cumulative distribution functions, and graphical likelihood functions. The conclusion is that the optimal choice depends on (the knowledge of) the user and the context.	Not directly useful for a typology. Maybe useful for presentation & communication of uncertainty.
Maxim (2015)	Risk Assessment	Paper reviewing 297 papers/documents in which uncertainty analysis is applied in chemical risk assessment.	Not very useful
McMahon, Stauffacher, and Knutti (2015)	Environment	Empirical study which explores whether users can distinguish between “scenario” and “response” uncertainty as this distinction is being made in IPPC graphs. Turns out to be difficult. No typology.	Not directly useful for a typology. Maybe useful for presentation & communication of uncertainty.
Merrill (1984)	Judicial	Paper describing how courts in the USA deal with risk assessments involving public health	Not directly useful for a typology

O'Hare (2000)	Environment	Reviews sources uncertainty climate studies. No typology.	Not directly useful for a typology
Pillania (2011)	Economy	Distinction between technological and social uncertainty. Primarily focuses on uncertainty in scenario studies for emerging economies as a result of unpredictable technological and social developments	Not directly useful for a typology
Sagawa and Nagano (2015)	Technical / Corporate management	Classifies uncertainties in relation to "firm performance": environmental uncertainty (environment of a company) and system uncertainty (production system). Uncertainties in environment are subdivided into (1) objects (environmental factors), (2) perceived uncertainty (by manager) and (3) attributes = system characteristics (complexity, munificence & dynamism).	Typology seems to be very specific for (the prediction of) company performance and difficult to apply to other domains
Samson, Reneke, and Wiecek (2009)	Technical	Reviews different definitions of uncertainty and risk, including their relationships. Uncertainty and risk are not explicitly defined, but described as differing in perspective, i.e. the perspective of a frog (uncertainty) versus a bird (risk). Paper stays a bit vague…	Emphasizes the relevance of the perspective of the actor in the perception of risk and uncertainty (what is uncertain in the perspective of a particular person, can be a risk in the perspective of a policy maker).
Tonn (1991)	Environment / Philosophy / Technological	Tonn reviews the scientific development of the probability concept and methods to describe these, since 1600. From objective probability, subjective probability, second-order uncertainty and belief functions to artificial intelligence.	Describes development in scientific reasoning about chances and probabilities. Concludes that strict thinking in terms of quantitative probabilities becomes broader and broader. However, there is still a lack of techniques to include soft knowledge in assessments and the link with policy is still insufficient.
Verderame, Elia, Li, and Floudas (2010)	Technical	Reviews sources of uncertainty in different planning sectors (eg, chemical industry, energy, forestry, agriculture, transport, etc.). A instrumental vision dominates, i.e. one that describes how uncertainties can be described with distribution and subsequently being propagated through different models..	Not useful for typology
W. E. Walker, Haasnoot, and Kwakkel (2013)	Environment	Deep uncertainty is explicitly being defined (very broad). Paper focuses on describing and comparing conceptual approaches for the design of adaptive plans and the available computer tools that can support this process.	Paper could be useful for describing the strategies that are available to deal with (deep) uncertainty

Tabel 0-3 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND classification" in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Golubev (2003)	Technology	Provides a discussion of questions arising when classifying uncertainties from the point of view of the structure of the measurement process	Not useful
Warmink, Janssen, Booij, and Krol (2010)	Modelling	Presents a a method for structured identification and classification of uncertainties in the application of environmental models. Locations of uncertainty: model context, input, model structure, model technical, parameters. Levels of uncertainty: statistical, scenario, qualitative and recognized ignorance. Nature of uncertainty: epistemic, variability, ambiguity. They also present decision trees to identify the different types of uncertainty.	Largely based on Walker et al. (2003) and Refsgaard et al. (2007). Does not add much to other typologies.

Tabel 0-4 Overview of literature initially selected after searching with key words uncertainty AND "technology assessment" in the topic field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Brey (2012)	Technology Assessment	Presents a new approach for the ethical study of emerging technology ethics, called anticipatory technology ethics. For forecasting suggests to initiate expert surveys and roundtable discussions with experts that yield expert predictions of possible or likely future artefacts and applications. Relevant experts would include engineers, technology forecasters and TA experts, also historians, sociologists of technology & marketing experts.	Might (to some extent) be useful for the strategies to deal with uncertainty.
Groves (2011)	Technology Assessment	Identifies two strategic responses to the politics of uncertainty in technological societies, i.e. 'restoring trust' (restoring trust in 'objective' approaches to risk analysis) and 'building robustness' (second-order reflexivity). Building robustness is to build wider social priorities and values into technological innovation practices and decision-making processes.	Might (to some extent) be useful for the strategies to deal with uncertainty.

Jackson, Bojke, Thompson, Claxton, and Sharples (2011)	Medical	Paper on techniques to address structural uncertainties in medical (e.g., epidemiological) modelling. Strongly built upon the idea that it is possible to quantify uncertainties.	Not useful
Koivisto et al. (2009)	Technology Assessment	Paper explores the potential of integrating future-oriented technology analysis (FTA) with risk assessment methodologies and tools, with the aim of developing more proactive risk assessments.	Commonalities between FTA and RA are identified. It is concluded that both fields may learn from each other.
Marchau and Van der Heijden (2003)		Paper proposes a back-casting approach to limit the scope of policy development and research by eliminating parts of the large variety in possible Automated Vehicle Guidance (AVG) developments.	It claims to reduce uncertainty in forecasting. The method includes stakeholder involvement, but stakeholder involvement seems to focus on the producers & users of the technology, not on those who worry.
Pellizzoni (2003)	Social Sciences	Paper deals with some consequences of radical uncertainty for participatory democracy. Radical uncertainty is described as a kind of uncertainty different from the one typically addressed by rational choice theory. It is a situation where not only the means, but also the goals and structure of a problem are ill-defined. Radical uncertainty brings into question the model of rational actor which is at the basis of traditional conceptions of science, democracy and policy-making.	Description of radical uncertainty could be useful
Sass (1997)	Medical	Paper proposes to include value assessment of individual patients and of cultural preferences and obstacles in complex technology assessment in order for new products and methods to meet personal and cultural expectations of patients.	Might be a useful strategy to deal with uncertain futures
van Doren and Heyen (2014)	Technology Assessment	Deals with assessments of synthetic biology in Germany. The current state of assessments is characterised by a rather early stage of development. It is concluded that there currently is a lack of participatory approaches.	Illustrates that lack of information can hamper assessment as well as implementation of participatory approaches.

Tabel 0-5 Overview of literature initially selected after searching with key words uncertainty AND risk AND decision in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
("Research perspectives on decision-making under uncertainty - risk - introduction," 1984)	Psychology	Editorial for a special issue on risk perception. It is argued that objective risk does not exist since risk is a mental construct.	Not useful
Aven (2013a)	Risk Assessment	Paper discusses the risk classification structure by Funtowicz & Ravetz (which is built on two axes: (i) decision stakes—the value dimension (costs, benefits) and (ii) the system uncertainties—the knowledge dimension) and compares it with the traditional definition of risk (probability x adverse consequences).	Not very useful
Aven and Zio (2011)	Risk assessment	Paper addresses two main issues: (1) how to faithfully represent and express the knowledge available to best support the decision making; and (2) how to best inform the decision maker.	Discussion is mainly technical: what is the best way to present our (technological) uncertainties. Not relevant.
Bedford (2013)	Risk Assessment	Technical paper about the techniques to make group risks comparable.	Not useful
Borchers (2005)	Nature Conservation	Uncertainty in wildfire management & ecosystem conservation. Distinguishes 3 types of uncertainty: (1) Intricate (too much info to process), (2) equivocal (competing realities) and (3) ambiguous (lacking info to interpret).	Does not seem very useful (but is interesting).
Gummer (1998)	Management	Deals with decisions in organizations. Argues that (individual) decisions under uncertainty are strongly influenced by institutional practice & interests, but that these are not always made explicit (i.e., uncertain). Other aspects influencing the decisions are also discussed.	Does not seem very useful
Cox and Ricci (1992)	Risk Assessment	Distinguishes scientific conjectures, model structure (or function) misspecification, and statistical variability. Only addresses technical uncertainties. Completely ignores framing & problem definition uncertainties as well as subjective interpretation of model developer	Does not seem very useful

Dubois and Guyonnet (2011)	Risk Assessment	Paper proposes distinct representation formats for aleatory and epistemic uncertainties. New is the proposal to introduce subjective beliefs about prior-information at the end of the procedure (instead of the beginning as in a Bayesian prior).	Not very useful for this study, but may be useful for uncertainty-variability papers.
Edwards, Snyder, Allen, Makinson, and Hamby (2012)	Risk Management	Describes two experiments to explore the accuracy of decisions based on commonly used probabilistic display methods. One experiment introduces time pressure. Error bars and boxplots led to greatest mean estimation and behavioural choice accuracy whereas complementary cumulative probability distribution functions were associated with highest probability estimation accuracy	Relevant for presentation of probabilistic uncertainty
Gafni, Walter, and Birch (2013)	Medicine Economics	Paper presents a new approach to rank order new health intervention programs in ways that accommodate uncertainty of different outcomes occurring, on the basis of the size and nature ('bad' or 'good') of those outcomes.	Paper assumes that cost, benefits & uncertainties can all be quantified. As such it is of little use.
Hassenzahl (2005)	Risk Assessment	Paper showing that point estimates cannot capture uncertainty. Based on the assumption that uncertainty can be quantified and modelled.	Not very useful.
Hassenzahl (2006)	Risk Assessment	Paper analyses five papers that present a second-order risk comparison (i.e., a risk estimated based on a compilation of data from different sources). It is suggested that (second-order) risk comparisons should avoid excessive precision	Not very useful
Hattis and Anderson (1999)	Risk Assessment	Technical paper discussing the value of quantifying uncertainty and variability for social decision making. Largely built upon the supposition that uncertainty can be quantified (in risk assessment).	Not very useful
Peterman and Anderson (1999)	Risk Assessment	Paper propagating the use of decision analysis as a tool to take into account uncertainty in risk assessment and management decisions.	Strongly based on rational belief theories. Not very useful.
Reinert and Apostolakis (2006)	Risk Assessment	Highly technical paper which outlines and demonstrates a methodology to include model uncertainty in quantitative risk assessments	Does not seem very useful

Tabel 0-6 Overview of literature initially selected after searching with key words "scientific uncertainty" in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Asano (2010)	Economics	Uses different types of uncertainty, e.g. economic & ecological uncertainty (based to the system the uncertainty applies to). Defines ambiguity as uncertainty that can be quantified with a set of probability distributions as opposed to risk which can be quantified with a unique probability distribution.	Terminology used conflicts with the use of the (same) terminology by other authors. Paper provides a mathematical legitimacy for quick (government) action under ambiguity (compared to certainty), in line with the precautionary principle. Might be relevant for policy makers since it suggests that quick action is a better option under ambiguity.
Costanza and Cornwell (1992)	Environment	Message is simple: it is necessary to distinguish between risk, which is an event with a known probability and true uncertainty, which is an event with an unknown probability. Proposes the precautionary and polluter pays principles (4P) to deal with (scientific) uncertainty.	Definitions of risk and true uncertainty seem to be debatable. Might be useful for strategies to deal with uncertainty.
C. E. Dunn, Crowley, Bush, Pless-Mulloli, and McKinney (2008)	Social Sciences	Study on relationships between different experts & stakeholders in (local) environment & health issues in the UK, with an emphasis on trust.	Gives some hints on how to arrange stakeholder involvement, particularly involving local (non-expert) communities: a negotiated understanding of hazard and risk between experts and non-experts.
Giles (2002)	Environment	Paper about alternative techniques to quantify, qualify and present uncertainty in estimates. Build on the idea that uncertainties can either be quantified objectively or subjectively. Does not address the more fundamental types of uncertainty, e.g. in perspective and model assumptions. Mainly targeted at IPPC.	Not very useful
Gollier and Treich (2003)	Economics	Paper presents an economic interpretation of the precautionary principle; based on a cost-benefit analysis.	Not very useful
Jamieson (1996a)	Social sciences	Paper argues that scientific uncertainty is constructed both by science and by society in order to serve certain purposes. It concludes that many problems about risk are deeply cultural and cannot be overcome simply by the application of more and better science. Quote: *scientific*	Does not seem very useful

		uncertainty is often a consequence of controversy Discusses several related terms like fallibility and indeterminism.	
Jamieson (1996b)	Environmental Science	Stresses that uncertainty is a social/personal construct. Uncertainty = perceived uncertainty. In this case, (perceived) uncertainty is minimized when we have complete trust in a person or data. Distinguishes uncertainty from ignorance and indeterminism. Ignorance is the situation where we can be wrong but do not have the knowledge to quantify the probability of being wrong. Indeterminism occurs when we cannot determine the validity of the prediction(s) based on the available data/knowledge.	Useful paper in defining uncertainty. I do not know whether the distinction between ignorance and indeterminism would hold in principle.
Knaggard (2014)	Environmental Science	Case-study on climate change policy in Sweden. It shows that scientific uncertainty played a very marginal role. Faced with scientific uncertainty, policy-makers came to rely more on knowledge of what was politically possible to do, than on what was desirable from a scientific perspective. Plea for empirically grounded studies that highlight the limits of the rational paradigm captured in, for example, evidence-based decision-making. Knowledge brokers play an important role in translating science to policy, but scientist are reluctant to act as knowledge brokers under uncertainty.	Sheds some light on the role of scientists as knowledge brokers in the context of uncertainty.
Landstrom, Hauxwell-Baldwin, Lorenzoni, and Rogers-Hayden (2015)	Social Science	Presents two typologies, i.e. of Shackle & Wynne (1996) and of Stirling and Gee (2002). Both have been cross-referenced below. Paper explores how scientists from different disciplines define scientific uncertainty and elicits their views on how policy makers & the public understand and deal with scientific uncertainty. It is hypothesized that scientist's views of how other groups perceive scientific uncertainty are based on *folk theory* (i.e., a form of expectations, based in some experience, but not necessarily systematically checked).	Typologies identified could be useful (see cross-references). Furthermore, the paper demonstrates that each sub-discipline in science tends to have its own terminology and communication about uncertainty across disciplinary borders is rare and complicated by substantial differences in terminology.

Myhr (2010)	*Environmental Science*	Distinguishes two type of uncertainty: incertitude and linguistic uncertainty. Incertitude is uncertainty caused by lack of scientific understanding and/ or incomplete description of a phenomenon. It is subdivided into epistemic uncertainty (due to novelty or complexity) and ignorance (neither probabilities nor outcomes can be fully characterised). Linguistic uncertainty arises due to ambiguity, context dependence, lack of specificity and vagueness in the language that is used to describe processes or products, and may be overcome by initiating discourse and making precise definitions of the components and the terms. Ambiguity, context dependence and under-specificity are not very strictly defined.	*Typology might be useful, but the importance of linguistic uncertainty seems to be overemphasized.*
Reckhow (1994)	Environmental Science	(Scientific) uncertainty is presented as phenomenon to be addressed by decision analysis. Treated as something that can be reduced by gathering additional data.	Not very useful
K. Walker and Walsh (2012)	Management	Hypothesis: Uncertainty is a multifaceted strategy, laying the rhetorical groundwork for responses, ranging from conservative to progressive, to a political dilemma. The winning party, then, will be the one who can supply, in the face of uncertainty, the most compelling portrait of a possible outcome, whether dystopian or utopian. This potential outcome serves as a target to be either achieved or avoided via policy.	A bit in line with my vision "uncertainty is the playing field of the stakeholders". However, this paper seems to restrict this to the general public, not involving other stakeholders.
Winter, Kramer, Rosner, and Neubaum (2015)	Psychology	No typology. Uncertainty about effects of gaming on children is presented in 4 different ways to persons. Two-sided messages (positive & negative effects) led to a more moderate attitude toward the topic	May be relevant for communication purposes

Tabel 0-7 Overview of literature initially selected after searching with key words typology AND ignorance in the topic field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
J. A. Wardekker, de Jong, van Bree,	Climate Change	Study describes expert elicitation to assess the levels of uncertainty associated with conceivable health impacts of	No typology presented. Expert elicitation, but no validation. Does not seem very useful.

Turkenburg, and van der Sluijs (2012)		climate change in the Netherlands, and their implications for climate change adaptation	

Tabel 0-8 Overview of literature initially selected after searching with key words "new risks" in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Costa-Font, Mossialos, and Rudisill (2009)	Psychology	Paper explores whether the "optimism bias" found for well-known risks (e.g., smoking) also exists for new risks (climate change, GM food). Distinction is made between social and environmental optimism bias. It exists and is greater for technologies bringing direct benefit to individuals. Media attention also.	May be relevant for how people perceive new risks (in relation to benefit)
Olofsson and Ohman (2007)	Psychology	The aim of the study was to investigate how people with different life contexts and experiences view risk, and if 'new' risks are perceived differently by different groups in society. The results show that 'new' risks are not something people worry about; 'risk' is associated with personal experiences and life context. Small *n*	Does not seem very useful. Very few people involved in study.

Tabel 0-9 Overview of literature initially selected after searching with key words "emerging risk*" AND uncertainty in the topic field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Iavicoli, Rondinone, and Boccuni (2009)	Environmental Sciences	Paper identifies needs in order to assess and control risks from nanotechnology in the future	Paper is based on the traditional viewpoint that risks can be known and controlled by means of assessment and management
Tavana, Khalili-Damghani, and Sadi-Nezhad (2013)	Project Management	Deals with decision-making to select high-technology projects at NASA under uncertainty of emerging risks. Distinguishes vagueness from ambiguity. While vague data are uncertain because they lack detail or precision, ambiguous data are uncertain because they are subject to multiple interpretations.	A data envelopment analysis (DEA) model is proposed for modelling vagueness (of the objective functions) by means of multi-objective fuzzy linear programming and ambiguity of the input and output data with fuzzy sets and a new a-cut based method.
Veronesi, Chawla, Maurer, and Lienert (2014)	Environmental Economics	Study explores whether Swiss people are willing to pay extra taxes to protect surface water quality against the increasing number of sewer overflow incidents due to the	Illustrates how the willingness-to-pay prinicple can be used to deal with uncertain situations

		(uncertain) effects of climate change	

Tabel 0-10 Overview of literature initially selected after searching with key words "emerging risk*" in the title field of the Web of Science database.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Flage and Aven (2015)		Presents an in-depth analysis of the concept of "emerging risk". A risk is called emerging when the background knowledge is weak but contains indications/justified beliefs that a new type of event (new in the context of that activity) could occur in the future and potentially have severe consequences for human values.	Knowledge plays a central role in this definition of emerging risks (and also in Black Swan events), believing that mapping of knowledge and evolving knowledge (over time) are key to dealing with emerging risks. Monitoring is also suggested to be important.
Florin (2013)	Risk Assessment	Contains a nice description of emerging risks: issues that are perceived as potentially significant, but their probabilities and consequences are not fully understood or appreciated. It is suggested that practitioners will be able to "improve their understanding of why risks emerge, whether they can be predicted, and how they can be recognised and managed at the earliest stages" by adopting a systems perspective that fosters awareness of 10 "emerging risk factors".	Might be useful as on of the strategies for dealing with emerging risks. However, the 10 "emerging risk factors" are very generic and difficult to operationalize.
Krausmann, Cozzani, Salzano, and Renni (2011)	Risk Assessment	Paper deals with risks of technology triggered by natural hazards such as earth quakes. Leanes strongly on the ideas of quantification and controllability.	Classic example of risk assessment and control. Does not take account of stakeholders or values.
McComas (2004)	Environmental Sciences	Opinion paper on risk communication about emerging risks. Paper reviews historical developments and state of the art. Concludes that trust is essential and building trust requires long-term commitment towards openness and honesty, as well as a sensitivity towards, and appreciation of, public values and opinions. Today's more enlightened efforts seek to engage the public in the creation, dissemination and evaluation of risk messages	Might be useful for strategy and risk communication.
Salzano et al. (2013)	Risk Assessment	Comparable to the paper of Krausmann et al. 2011 about Natural Technological Events. See above.	See Krausmann et al. 2011
Strom, Koivisto, and	Technological Risk	Paper proposes to used Unified Modelling Language	Not useful

Andersson (2013) P	Assessment	(UML) to identify emerging risks in Hazard and operability (HAZOP) studies.	
Wilday, Paltrinieri, Farret, Hebrard, and Breedveld (2011)	Risk Assessment	Explores carbon capture and storage as a case study to deal with emerging risks. Proposes some interesting new tools for emerging risks i.e. the DyPASI methodology for taking account of atypical (not usually identified) events during hazard identification; a methodology for including the time dimension in a risk assessment; and life-cycle approaches for risk management and communication. Uncertainties identified but strongly built upon assumptions of controllability and knowability.	Might be interesting for strategies to deal with emerging risks.

Tabel 0-11 Overview of the literature initially selected on the basis of cross-referencing.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Shackley and Wynne (1996)	Climate Change	Use the concepts risk, uncertainty, indeterminacy and ignorance. Explores the concept of boundary concepts as useful tools to speak about uncertainty in different worlds (e.g. natural sciences versus policy domain). Bears a heavy task upon scientific advisors and their ability to allow scientific uncertainty to be interpreted differently in these different ways.	Very useful for uncertainty debate, but may be less useful in situations where scientific knowledge is (almost) completely lacking.
Stirling and Gee (2002)	Environmental Science	See Figure 2. Incertitude = risk (outcome & probability well defined), uncertainty (outcome well & probability poorly defined), ambiguity (outcome poorly & probability well defined), ignorance (outcome & probability poorly defined).	Very useful.
Committee on Decision Making Under Uncertainty (2013)	Environment	Types of uncertainty distinguished: Statistical Variability and Heterogeneity; Model and Parameter Uncertainty; Deep Uncertainty	Rationalist approach to uncertainty; also reflected in composition of committee. Shocking neglect of social sciences literature in this domain.

Tabel 0-12 Overview of the literature initially selected based on our own database and suggestions from experts.

Source	Domain	Short abstract & listing of uncertainty classes	Conclusion & assessment usefulness
Althaus (2005)	Interdisciplinary	Review different disciplinary views on risk. Natural sciences tend to use objective/realistic risks versus subjective/observed/perceived risks in social sciences.	Insight that different disciplines use different concepts for risk and uncertainty is important.
Ascough et al. (2008)	Environmental Science	Distinguishes: (1) Knowledge uncertainty: (a) Process understanding, (b) Parametric/data, (c) Model structure, (d) Technical, (e) Model output, (2) Variability uncertainty (3) Decision-making uncertainty (4) Linguistic uncertainty	Typology might be used.
Aven (2013b)	Risk assessment	Paper discusses the role of methods for robust and adaptive risk analysis under deep uncertainty. It is a plea for managerial review and judgement on (robustness) analyses before taking decisions, i.e. care should be shown in making too strong conclusions based on the results of robustness analyses. There is always a need for a managerial review and judgment, which places the results of the formal analyses in a broader context where the limitations and boundaries of the analyses are taken into account before a decision is made. It is an extension of Cox 2012 (see below)	Message is clear and useful. However, no suggestions are given on how to perform this managerial review and judgment. Provides various formal definitions for "deep uncertainty".
Back, Rosen, and Norberg (2007)	Risk Assessment	Traditional Value-of-Information analysis (Bayesian).	Not very useful, since VOI techniques presume the problem's structure is known.
Bailey and Erdreich (2007)	Risk Assessment	Deals with human variability and sensitivity in setting standards for electromagnetic fields	Not useful (but interesting)
Baresel and Destouni (2007)	Environmental Science	Compares various deterministic approaches with probabilistic approaches for water quality and ecosystem management. Concludes that a stochastic uncertainty-accounting policy may perform better than deterministic policies over a range of different scenarios.	Not useful
Bogen, Cullen, Frey, and Price (2009)	Environmental Science	Review the use of probabilistic exposure assessment tools for various applications.	Not useful
Briggs et al. (2009)	Epidemiology	Provides a typology: (1) nature of uncertainty: (a) intrinsic (complexity, sparseness and nonlinearity) or (b) extrinsic	May be a useful typology

		(through inadequacies in available observational data, measurement methods, sampling regimes and models. (2) Location: (a) conceptualisation, (b) analysis, (c) communication. (3) Magnitude (determinism to ignorance).Plea for more participatory approaches to address uncertainties in conceptualisation.	
Brouwer and De Blois (2008)	Environmental Science	Paper quantifying environmental, economic and political uncertainty in cost-effectiveness of different measures to improve water quality.	Only applicable when you have to select a measure from a number of alternatives
Chilvers (2008)	Social Sciences	Paper describing lessons learnt for participatory approaches in the UK. 14 principles of effective participatory appraisal emerging from practitioner deliberation are described	Not very useful
Chiu et al. (2007)	Risk assessment	Application of PBPK model in risk assessment	Not useful
Coglianese and Marchant (2004)	Law	Role of science in setting EPA air quality standards. Plea for smaller role for science and larger role for policy choices.	Not directly useful
Corotis (2009)	Engineering	It is noted that in formal mathematical decision frameworks based on probabilistic fail to utilize the fairly extensive literature in social psychology related to risk avoidance. Fuzzy sets is suggested as a technique that may be able to capture these sociological considerations	Not directly useful, but it might be interesting to deepen the understanding of fuzzy sets (& generalized information theory) to see how hard technological considerations can be combined with soft sociological considerations.
Cox, Brown, and Pollock (2008)	Risk assessment	Argues that uncertainty in (individual) subjective probabilities is nonsense because no information is added by assigning a distribution to a subjective probability.	Not directly useful
Cox (2012)	Risk assessment	Paper that review new recent techniques that can be used to optimize decision-making under deep uncertainty. It is a plea to shift the question addressed in risk assessment from “What can happen and how likely is it?” to “What best to do under these circumstances?”. Robust risk analysis methods, including model ensemble, robust optimization, and adaptive learning and decision algorithms, shift the emphasis of the questions that	This is the paper that Aven (2013) responded to. Techniques are sometimes difficult to understand, but the message is clear: do not assess the risks, but identify the optimal option for action.

		define risk analysis from passive (What might happen, and how likely is it?) to more active (How should I act, now and in the future?). Robust techniques still tend to focus on individuals and it will be a challenge to apply to stakeholders with varying views and values.	
Devine and Qualters (2008)	Risk assessment	Traditional Bayesian study	Not very useful
C. E. Dunn et al. (2008)	Social Sciences	Paper on the role of trust between different stakeholders in an environmental debate where scientific uncertainty plays an important role. They note that areas of tension and manifestations of distrust amongst all stakeholder categories in a context of uncertainty around scientific and policy issues of environment and health. Expres-sions of distrust, fuelled by a sense of exclusion, were particularly prominent from community sector representatives towards both industry and statutory bodies. Plea to involve community representatives on an equal basis: a negotiated understanding of hazard and risk!	Negotiated understanding of risk is important if non-experts are involved in environmental debates .
Fernandez, Rallo, and Giralt (2009)	Risk Assessment	Application of the Dempster-Shafer theory (as an alternative to Bayesian techniques) to reduce uncertainty in an empirical dataset.	Not useful
Fleury-Bahi (2008)	Risk Perception	Study analyses how different risks (e.g. on different scales) are being rated as a threat to oneself, the community, the country or the world.	Not useful
Freudenburg, Gramling, and Davidson (2008)	Social Sciences	Paper that analyses the role of “Scientific Certainty” Argumentation Methods (SCAMs) as a strategy to postpone regulations and continue risky activities	Interesting to refer to as a potential strategy of stakeholders.
Gillund, Kjolberg, von Krauss, and Myhr (2008)	Risk assessment	Application of the Walker et al. (2003) framework to a case study, i.e. to to elicit scientists' judgements of potential sources of uncertainty associated with the use of DNA vaccination in aquaculture. It is suggested that the W&H is a useful tool to stimulate reflection on uncertainty.	Use Walker et al. typology!

Chilvers (2008)	Environment	Paper presents a mapping of the actors shaping participatory forms of environmental appraisal and decision making (experts of community). No typology presented	Not directly useful
Hansen, von Krauss, and Tickner (2007)		Paper exploring false positives in the context of the precautionary principle. It concludes that only few false positives can be identified and that the do not provide an argument against the precautionary principle	Not directly useful
Helland (2009)		A method is proposed that combines risk assessment with the search for alternative technological options as a part of the risk management procedure: inherency risk analysis.	Not directly useful
Johnson (1998)		A study of how American laypeople think about uncertainty in risk assessment, and its implications for risk management. The findings suggest that it will be a challenge to present uncertainty in environmental health risk estimates to the public in ways that inform, rather than confuse or outrage, this important audience.	Only useful for communication
Kandlikar, Ramachandran, Maynard, Murdock, and Toscano (2007)		Study using expert judgement to perform a risk assessment of nanoparticles.	Not directly useful
Maxim and van der Sluijs (2011)	Environment	It is argued that uncertainty cannot be assessed based on quality criteria that refer to the scientific content only; uncertainty must also include quality criteria specific to the properties and roles of this scientific knowledge within political, social, and economic contexts and processes. Takes the typology of Walker et al. (2003) one step further. Distinguishes between substantive, procedural, and contextual dimensions that can cause a “lack of knowledge quality for decision making”. Each dimension is discussed in relation to (1) problem framing, (2) knowledge production, and (3) knowledge communication.	Disadvantage of the typology proposed is that it is very complex and difficult to understand & apply in practice. Does contain some interesting insights.

Maxim and van der Sluijs (2007)		Case study on knowledge quality assessment. Case focuses on the application of Gaucho and honeybees. Case for Late lessons from early warnings.	Not directly useful
Metzner-Szigeth (2009)	Social Sciences	Paper discusses risk-constructivism versus risk-realism. It is argued that the validity of risk-constructions is not only bound to their cultural weightiness, but to their capacity to manage realities.	Contains some interesting insights for the definition of risk, i.e. different disciplinairy perspectives on risk.
Powell, Dunwoody, Griffin, and Neuwirth (2007)	Psychology	Exploratory study on the perception of uncertainty in human health risks. It turns out that emotions (worry and anger) are strongly associated with perceived uncertainty, and perceived lack of knowledge and perceived likelihood of becoming ill are weakly associated with it. The findings raise a variety of questions about the complex and dynamic interactions among risk contexts, socioeconomic factors, communication processes, perceived knowledge, emotions, and perceived uncertainties about risks.	Stresses the perceptive / irrational side of risks.
Failing, Gregory, and Harstone (2007)	Environment	Paper shows how local knowledge and scientific knowledge can be integrated in (local) risk management. Distinction between fact-based and value-based knowledge.	May provide indications for strategies to deal with uncertainty.
R. Gregory, Failing, Ohlson, and McDaniels (2006)	Environment	Paper illustrating the risks of overemphasizing the role of scientific information in environmental risk decisions.	Science can be counter-productive in resolving risk issues
Patt (2007)	Climate change	Discusses the difference between model-based uncertainty and uncertainty due to expert disagreement	Not directly useful
Ragas (2009)	Environment	Distinguishes problem definition uncertainty, true uncertainty and variability	Does not add new insights to other typologies
W.E. Walker et al. (2003)	Environmental Science	Provides a typology of uncertainty for model-based decision-making. Distinguishes location (context, model, input, parameter, model outcome), level (statistical, scenario, recognized uncertainty, ignorance) and nature of uncertainty (epistemic, variability). Figure 7 provides a matrix.	Very useful

Lijst van figuren en tabellen

Figuur 2-1 De onzekerheidstrog van MacKenzie.....14
Figuur 2-2 Het USES model compartmentaliseert onzekerheden (Jager & Visser, 1994). 17
Figuur 2-3 Leidraad omgaan met onzekerheden: categoriseren van onzekerheden (Mathijssen, Petersen, Besseling, Rahman, & Don, 2007). 18
Figuur 2-4 Vier perspectieven uit de culturele theorie in icoontjes. 20
Figuur 2-5 Soorten beleidsproblemen (Hoppe 2010). 22
Figuur 2-6 Strategische keuzes bij probleemtypen 25
Figuur 3-1 Onzekerheidstypologie van Ascough *et al*. (2008). 39
Figuur 3-2 Onzekerheidstypologie van Stirling & Gee (2002). 42
Figuur 3-3 De beslisboom van Renn & Klinke (2002) voor het evalueren en classificeren van risico's. 45
Figuur 3-4 Het DPSIR raamwerk. 50
Figuur 3-5 Generiek oorzaak-gevolgschema. 52
Figuur 4-1 Schema stappenplan omgaan met onzekerheden.....**56**
Figuur 4-2 Prioritering onzekerheden en omgang vanuit verschillende wereldbeelden 65
Figuur 5-1 DPSIR schema voor microplastics 67
Figuur 5-2 DPSIR schema voor medicijnresten 72

Tabel 3-1 Gehanteerde zoektermen en –velden voor het zoeken naar onzekerheidstypologieën in het *Web of Science* (https://webofknowledge.com/), inclusief het aantal gevonden en geselecteerde artikelen.... 34
Tabel 3-2 De onzekerheidsmatrix van Walker *et al*. (2003). 38
Tabel 3-3 Voorbeelden van de drie onzekerheidstypen in ieder van de drie kennisobjecten (Brugnach *et al*., 2008). 40
Tabel 3-4 Risicotypologie van Renn & Klinke (2004) en bijbehorende managementstrategieën. 43
Tabel 3-5 De negen risicodimensies (*criteria for evaluating risks*) van Klinke & Renn (2002)..... 44
Tabel 0-1 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND typology" in the topic field of the Web of Science database. 93
Tabel 0-2 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND review" in the title field of the Web of Science database..... 98
Tabel 0-3 Overview of the literature initially selected after searching with key words "uncertainty AND classification" in the title field of the Web of Science database. 101
Tabel 0-4 Overview of literature initially selected after searching with key words uncertainty AND "technology assessment" in the topic field of the Web of Science database. 101
Tabel 0-5 Overview of literature initially selected after searching with key words uncertainty AND risk AND decision in the title field of the Web of Science database. 103
Tabel 0-6 Overview of literature initially selected after searching with key words "scientific uncertainty" in the title field of the Web of Science database. 105
Tabel 0-7 Overview of literature initially selected after searching with key words typology AND ignorance in the topic field of the Web of Science database. 107
Tabel 0-8 Overview of literature initially selected after searching with key words "new risks" in the title field of the Web of Science database. 108
Tabel 0-9 Overview of literature initially selected after searching with key words "emerging risk*" AND uncertainty in the topic field of the Web of Science database. 108
Tabel 0-10 Overview of literature initially selected after searching with key words "emerging risk*" in the title field of the Web of Science database. 109
Tabel 0-11 Overview of the literature initially selected on the basis of cross-referencing. 110
Tabel 0-12 Overview of the literature initially selected based on our own database and suggestions from experts. 111

Referenties

Alaszewski, A. (2015). Anthropology and risk: insights into uncertainty, danger and blame from other cultures - A review essay. *Health Risk & Society, 17*(3-4), 205-225. doi:10.1080/13698575.2015.1070128

Althaus, C. E. (2005). A disciplinary perspective on the epistemological status of risk. *Risk Analysis, 25*(3), 567-588. doi:10.1111/j.1539-6924.2005.00625.x

Asano, T. (2010). Precautionary Principle and the Optimal Timing of Environmental Policy Under Ambiguity. *Environmental & Resource Economics, 47*(2), 173-196. doi:10.1007/s10640-010-9370-9

Ascough, J. C., Maier, H. R., Ravalico, J. K., & Strudley, M. W. (2008). Future research challenges for incorporation of uncertainty in environmental and ecological decision-making. *Ecological Modelling, 219*(3-4), 383-399. doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.07.015

Aven, T. (2013a). On Funtowicz and Ravetz's "Decision Stake - System Uncertainties" Structure and Recently Developed Risk Perspectives. *Risk Analysis, 33*(2), 270-280. doi:10.1111/j.1539-6924.2012.01857.x

Aven, T. (2013b). On How to Deal with Deep Uncertainties in a Risk Assessment and Management Context. *Risk Analysis, 33*(12), 2082-2091. doi:10.1111/risa.12067

Aven, T., & Zio, E. (2011). Some considerations on the treatment of uncertainties in risk assessment for practical decision making. *Reliability Engineering & System Safety, 96*(1), 64-74. doi:10.1016/j.ress.2010.06.001

Back, P. E., Rosen, L., & Norberg, T. (2007). Value of information analysis in remedial investigations. *Ambio, 36*(6), 486-493. doi:10.1579/0044-7447(2007)36[486:voiair]2.0.co;2

Bailey, W. H., & Erdreich, L. S. (2007). Accounting for human variability and sensitivity in setting standards for electromagnetic fields. *Health Physics, 92*(6), 649-657. doi:10.1097/01.HP.0000249741.31108.ce

Baresel, C., & Destouni, G. (2007). Uncertainty-accounting environmental policy and management of water systems. *Environmental science & technology, 41*(10), 3653-3659. doi:10.1021/es061515e

Barker, A., & Peters, B. G. (Eds.). (1993). *The Politics of Expert Advice: Creating, Using and Manipulating Scientific Knowledge for Public Policy*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Bedford, T. (2013). Decision Making for Group Risk Reduction: Dealing with Epistemic Uncertainty. *Risk Analysis, 33*(10), 1884-1898. doi:10.1111/risa.12047

Bell, S. (2012). DPSIR = a problem structuring method? An exploration from the ‘‘Imagine’’ approach. . *Eur. J. Oper. Res., 222*(2), 350–360. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.04.029.

Bogen, K. T., Cullen, A. C., Frey, H. C., & Price, P. S. (2009). Probabilistic Exposure Analysis for Chemical Risk Characterization. *Toxicological Sciences, 109*(1), 4-17. doi:10.1093/toxsci/kfp036

Bojke, L., Claxton, K., Sculpher, M., & Palmer, S. (2009). Characterizing Structural Uncertainty in Decision Analytic Models: A Review and Application of Methods. *Value in Health, 12*(5), 739-749. doi:10.1111/j.1524-4733.2008.00502.x

Borchers, J. G. (2005). Accepting uncertainty, assessing risk: Decision quality in managing wildfire, forest resource values, and new technology. *Forest Ecology and Management, 211*(1-2), 36-46. doi:10.1016/j.foreco.2005.01.025

Brey, P. A. E. (2012). Anticipatory Ethics for Emerging Technologies. *Nanoethics, 6*(1), 1-13. doi:10.1007/s11569-012-0141-7

Briggs, D. J., Sabel, C. E., & Lee, K. (2009). Uncertainty in epidemiology and health risk and impact assessment. *Environmental Geochemistry and Health, 31*(2), 189-203. doi:10.1007/s10653-008-9214-5

Broekhuizen, H., Groothuis-Oudshoorn, C. G. M., van Til, J. A., Hummel, J. M., & Ijzerman, M. J. (2015). A Review and Classification of Approaches for Dealing with Uncertainty in Multi-Criteria Decision Analysis for Healthcare Decisions. *Pharmacoeconomics, 33*(5), 445-455. doi:10.1007/s40273-014-0251-x

Brouwer, R., & De Blois, C. (2008). Integrated modelling of risk and uncertainty underlying the cost and effectiveness of water quality measures. *Environmental Modelling & Software, 23*(7), 922-937. doi:10.1016/j.envsoft.2007.10.006

Brugnach, M., Dewulf, A., Pahl-Wostl, C., & Taillieu, T. (2008). Toward a Relational Concept of Uncertainty: about Knowing Too Little, Knowing Too Differently, and Accepting Not to Know. *Ecology and Society, 13*(2).

Bucchi, M. (1998). *Science and the Media - Alternative Routes in Scientific Communication.* London&New York: Routledge.

Chapman, A. (2007). *Democratizing Technology: Risk, Responsibility & the Regulation of Chemicals*. London: Earthscan.

Chilvers, J. (2008). Environmental risk, uncertainty, and participation: mapping an emergent epistemic community. *Environment and Planning A, 40*(12), 2990-3008. doi:10.1068/a39279

Chiu, W. A., Barton, H. A., DeWoskin, R. S., Schlosser, P., Thompson, C. M., Sonawane, B., . . . Krishnan, K. (2007). Evaluation of physiologically based pharmacokinetic models for use in risk assessment. *Journal of Applied Toxicology, 27*(3), 218-237. doi:10.1002/jat.1225

Clark, L. F. (2013). Framing the uncertainty of risk: Models of governance for genetically modified foods. *Science and Public Policy, 40*(4), 479-491. doi:10.1093/scipol/sct001

Coglianese, C., & Marchant, G. E. (2004). Shifting sands: The limits of science in setting risk standards. *University of Pennsylvania Law Review, 152*(4), 1255-1360. doi:10.2307/3313043

Commissie MER. (2013). *Beoordeling effectstudie Schaliegaswinning Advies Commissie MER.* Retrieved from Utrecht:

Commissie MER. (2014). *Structuurvisie Schaliegaswinning: Advies over reikwijdte en detailniveau van het milieueffectrapport*. Retrieved from

Committee on Decision Making Under Uncertainty. (2013). *Environmental Decisions in the Face of Uncertainty*. Retrieved from Washington, D.C.:

Corotis, R. B. (2009). Risk communication with generalized uncertainty and linguistics. *Structural Safety, 31*(2), 113-117. doi:10.1016/j.strusafe.2008.06.009

Costa-Font, J., Mossialos, E., & Rudisill, C. (2009). Optimism and the perceptions of new risks. *Journal of Risk Research, 12*(1), 27-41. doi:10.1080/13669870802445800

Costanza, R., & Cornwell, L. (1992). The 4p approach to dealing with scientific uncertainty. *Environment, 34*(9), 12-&.

Cox, L. A. (2012). Confronting Deep Uncertainties in Risk Analysis. *Risk Analysis, 32*(10), 1607-1629. doi:10.1111/j.1539-6924.2012.01792.x

Cox, L. A., Brown, G. G., & Pollock, S. M. (2008). When Is Uncertainty About Uncertainty Worth Characterizing? *Interfaces, 38*(6), 465-468. doi:10.1287/inte.1080.0397

Cox, L. A., & Ricci, P. F. (1992). Dealing with uncertainty - from health risk assessment to environmental decision-making. *Journal of Energy Engineering-Asce, 118*(2), 77-94. doi:10.1061/(asce)0733-9402(1992)118:2(77)

Dale, A. (1994). Scientific uncertainty in a world of risk - a review. *Futures, 26*(8), 862-867. doi:10.1016/0016-3287(94)90062-0

De Vries, A. (2008). *Towards do-ability: Dealing with uncertainty in the science-policy interface*. (Dissertation), Twente University, Enschede.
De Vries, A., Halffman, W., & Hoppe, R. (2010). Policy workers tinkering with uncertainty: Dutch econometric policy advice in action. In H. K. Colebatch, R. Hoppe, & M. Noordegraaf (Eds.), *Working for Policy* (pp. 91-109). Amsterdam: Amsterdam University Press.
De Vries, A., Van Est, R., & Van Waes, A. (Eds.). (2013). *Samen Winnen: Verbreding van schaliegasdiscussie en handvatten voor besluitvorming*. Den Haag: Rathenau Instituut.
Deatherage, S. D. (1987). Scientific uncertainty in regulating deliberate release of genetically engineered organisms - substantive judicial-review and institutional alternatives. *Harvard Environmental Law Review, 11*(1), 203-246.
Dequech, D. (2011). Uncertainty: A Typology and Refinements of Existing Concepts. *Journal of Economic Issues, 45*(3), 621-640. doi:10.2753/jei0021-3624450306
Devine, O. J., & Qualters, J. R. (2008). Bayesian updating of model-based risk estimates using imperfect public health surveillance data. *Human and Ecological Risk Assessment, 14*(4), 696-713. doi:10.1080/10807030802235094
Dong, Z. M., Liu, Y. J., Duan, L. C., Bekele, D., & Naidu, R. (2015). Uncertainties in human health risk assessment of environmental contaminants: A review and perspective. *Environment International, 85*, 120-132. doi:10.1016/j.envint.2015.09.008
Douglas, M. (1978). *Cultural Bias*. London: Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland.
Douglas, M. (1992a). A Credible Biosphere. In M. Douglas (Ed.), *Risk and Blame: Essays in Cultural Theory* (pp. 255-269). London: Routledge.
Douglas, M. (1992b). *Risk and Blame: Essays in Cultural Theory*. London: Routledge.
Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technical and Environmental Dangers*. Berkeley, Ca.: University of California Press.
Dovers, S. R., & Handmer, J. W. (1992). Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 2*(4), 262-276. doi:10.1016/0959-3780(92)90044-8
Dubois, D., & Guyonnet, D. (2011). Risk-informed decision-making in the presence of epistemic uncertainty. *International Journal of General Systems, 40*(2), 145-167. doi:10.1080/03081079.2010.506179
Dunn, C. E., Crowley, P., Bush, J., Pless-Mulloli, T., & McKinney, P. A. (2008). Expertise and scientific uncertainty: understanding trust amongst professional stakeholders in environment and health. *Environment and Planning A, 40*(3), 696-714. doi:10.1068/a3993
Dunn, W. N. (2008). *Public Policy Analysis: An Introduction* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
Edwards, J. A., Snyder, F. J., Allen, P. M., Makinson, K. A., & Hamby, D. M. (2012). Decision Making for Risk Management: A Comparison of Graphical Methods for Presenting Quantitative Uncertainty. *Risk Analysis, 32*(12), 2055-2070. doi:10.1111/j.1539-6924.2012.01839.x
Ezrahi, Y. (1980). Utopian and pragmatic rationalism: the political context of expert advice. *Minerva, 18*, 111-141.
Ezrahi, Y. (1990). *The descent of icarus*. Cambridge MA: Harvard University Press.
Failing, L., Gregory, R., & Harstone, M. (2007). Integrating science and local knowledge in environmental risk management: A decision-focused approach. *Ecological Economics, 64*(1), 47-60. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.03.010

Fernandez, A., Rallo, R., & Giralt, F. (2009). Uncertainty Reduction in Environmental Data with Conflicting Information. *Environmental science & technology, 43*(13), 5001-5006. doi:10.1021/es803670c

Flage, R., & Aven, T. (2015). Emerging risk - Conceptual definition and a relation to black swan type of events. *Reliability Engineering & System Safety, 144*, 61-67. doi:10.1016/j.ress.2015.07.008

Fleury-Bahi, G. (2008). Environmental risk: Perception and target with local versus global evaluation. *Psychological Reports, 102*(1), 185-193. doi:10.2466/pro.102.1.185-193

Florin, M. V. (2013). IRGC's approach to emerging risks. *Journal of Risk Research, 16*(3-4), 315-322. doi:10.1080/13669877.2012.729517

Freudenburg, W. R., Gramling, R., & Davidson, D. J. (2008). Scientific Certainty Argumentation Methods (SCAMs): Science and the politics of doubt. *Sociological Inquiry, 78*(1), 2-38.

Gafni, A., Walter, S., & Birch, S. (2013). Uncertainty and the decision maker: assessing and managing the risk of undesirable outcomes. *Health Economics, 22*(11), 1287-1294. doi:10.1002/hec.2883

German Advisory Council on Global Change. (1998). *World in Transition - Strategies for Managing Global Environmental Risks*. Retrieved from Berlin - Heidelberg, Germany:

Giles, J. (2002). Scientific uncertainty: When doubt is a sure thing. *Nature, 418*(6897), 476-478. doi:10.1038/418476a

Gillund, F., Kjolberg, K. A., von Krauss, M. K., & Myhr, A. I. (2008). Do uncertainty analyses reveal uncertainties? Using the introduction of DNA vaccines to aquaculture as a case. *Science of the Total Environment, 407*(1), 185-196. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.08.001

Gollier, C., & Treich, N. (2003). Decision-making under scientific uncertainty: The economics of the precautionary principle. *Journal of Risk and Uncertainty, 27*(1), 77-103. doi:10.1023/a:1025576823096

Golubev, E. A. (2003). Classification of the uncertainty of measurements. *Measurement Techniques, 46*(12), 1126-1132. doi:10.1023/b:mete.0000018720.53489.57

Gregory, A. J., Atkins, J. P., Burdon, D., & Elliott, M. (2013). A problem structuring method for ecosystem-based management: the DPSIR modelling process. *Eur. J. Oper. Res., 227*(3), 558–569. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.020

Gregory, R., Failing, L., Ohlson, D., & McDaniels, T. L. (2006). Some pitfalls of an overemphasis on science in environmental risk management decisions. *Journal of Risk Research, 9*(7), 717-735. doi:10.1080/13669870600799895

Groves, C. (2011). Public engagement and nanotechnology in the UK: restoring trust or building robustness? *Science and Public Policy, 38*(10), 783-793. doi:10.3152/030234211x13070021633440

Guillaume, J. H. A., Qureshi, M. E., & Jakeman, A. J. (2012). A structured analysis of uncertainty surrounding modeled impacts of groundwater-extraction rules. *Hydrogeology Journal, 20*(5), 915-932. doi:10.1007/s10040-012-0864-0

Gummer, B. (1998). Decision making under conditions of risk, ambiguity, and uncertainty: Recent perspectives. *Administration in Social Work, 22*(2), 75-93. doi:10.1300/J147v22n02_05

Hajer, M. (1995). *The Politics of Environmental Discourse*. Oxford: Oxford University Press.

Hajer, M., & Wagenaar, H. (2003). *Deliberative Policy Analysis: Understanding Governance in the Network Society*. Cambridge: Cambridge University Press.

Halffman, W. (2003). *Boundaries of Regulatory Science: Eco/toxicology and aquatic hazards of chemicals in the US, England, and the Netherlands, 1970-1995.* (doctoral thesis), University of Amsterdam, Amsterdam.

Halffman, W. (2005). Science/Policy Boundaries: National Styles? *Science and Public Policy, 32*(6), 457-467. doi:10.3152/147154305781779281

Halffman, W., De Vries, A., & Hoppe, R. (2008). *Samen onzekerheid doenbaar maken: aanbevelingen voor verbeterde omgang met onzekerheden bij het Planbureau voor de Leefomgeving*. Retrieved from Enschede:

Hall, K. H. (2002). Reviewing intuitive decision-making and uncertainty: the implications for medical education. *Medical Education, 36*(3), 216-224. doi:10.1046/j.1365-2923.2002.01140.x

Hamui-Sutton, A., Vives-Varela, T., Gutierrez-Barreto, S., Leenen, I., & Sanchez-Mendiola, M. (2015). A typology of uncertainty derived from an analysis of critical incidents in medical residents: A mixed methods study. *Bmc Medical Education, 15*. doi:10.1186/s12909-015-0459-2

Hansen, S. F., von Krauss, M. P. K., & Tickner, J. A. (2007). Categorizing mistaken false positives in regulation of human and environmental health. *Risk Analysis, 27*(1), 255-269. doi:10.1111/j.1539-6924.2006.00874.x

Hassenzahl, D. M. (2005). The effect of uncertainty on 'risk rationalizing' decisions. *Journal of Risk Research, 8*(2), 119-138. doi:10.1080/1366987032000105324

Hassenzahl, D. M. (2006). Implications of excessive precision for risk comparisons: Lessons from the past four decades. *Risk Analysis, 26*(1), 265-276. doi:10.1111/j.1539-6924.2006.00719.x

Hattis, D., & Anderson, E. L. (1999). What should be the implications of uncertainty, variability, and inherent "biases"/"conservatism" for risk management decision-making? *Risk Analysis, 19*(1), 95-107. doi:10.1023/a:1006910428080

Helland, A. (2009). Dealing with uncertainty and pursuing superior technology options in risk management-The inherency risk analysis. *Journal of Hazardous Materials, 164*(2-3), 995-1003. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.09.007

Hisschemöller, M., & Hoppe, R. (1995-1996). Coping with Intractable Controversies: The Case for Problem Structuring in Policy Design and Analysis. *Knowledge, Technology, and Policy, 8*(4), 40-60.

Hood, C. (1998). Calamity, Conspiracy, and Chaos in Public Management. In C. C. Hood (Ed.), *The Art of the State* (pp. 23-48). Oxford: Oxford University Press.

Hoppe, R. A. (2010). *The Governance of Problems: Puzzling, Powering, and Participation*. Portland: The Policy Press.

Iavicoli, S., Rondinone, B. M., & Boccuni, F. (2009). Occupational safety and health's role in sustainable, responsible nanotechnology: gaps and needs. *Human & Experimental Toxicology, 28*(6-7), 433-443. doi:10.1177/0960327109105162

Jackson, C. H., Bojke, L., Thompson, S. G., Claxton, K., & Sharples, L. D. (2011). A Framework for Addressing Structural Uncertainty in Decision Models. *Medical Decision Making, 31*(4), 662-674. doi:10.1177/0272989x11406986

Jager, D. T., & Visser, C. J. M. (Eds.). (1994). *Uniform System for the Evaluation of Substances (USES), version 1.0*. Bilthoven: RIVM.

Jamieson, D. (1996a). Scientific uncertainty and the political process. *Annals of the American Academy of Political and Social Science, 545*, 35-43. doi:10.1177/0002716296545001004

Jamieson, D. (1996b). Scientific uncertainty: How do we know when to communicate research findings to the public? *Science of the Total Environment, 184*(1-2), 103-107. doi:10.1016/0048-9697(95)04995-9

Jasanoff, S. (1995). Product, Process, or Programme: Three Cultures and the Regulation of Biotechnology. In M. Bauer (Ed.), *Resistance to New Technology* (pp. 311-331). Cambridge: Cambridge University Press.

Jasanoff, S. (2005). *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*. Princeton: Princeton University Press.
Johnson, B. B. S., P. (1998). Lay views on unce rtainty in environmental health risk asse ssment. *Journal of Risk Research, 1*(4), 261–279.
Kandlikar, M., Ramachandran, G., Maynard, A., Murdock, B., & Toscano, W. A. (2007). Health risk assessment for nanoparticles: A case for using expert judgment. *Journal of Nanoparticle Research, 9*(1), 137-156. doi:10.1007/s11051-006-9154-x
Klinke, A., & Renn, O. (2010). Risk Governance: Contemporary and Future Challenges. In J. Eriksson, M. Gilek, & C. Rudén (Eds.), *Regulating Chemical Risks - European and Global Challenges*. Berlin - Heidelberg, Germany: Springer.
Knaggard, A. (2014). What do policy-makers do with scientific uncertainty? The incremental character of Swedish climate change policy-making. *Policy Studies, 35*(1), 22-39. doi:10.1080/01442872.2013.804175
Knol, A. B., Petersen, A. C., van der Sluijs, J. P., & Lebret, E. (2009). Dealing with uncertainties in environmental burden of disease assessment. *Environmental Health, 8*. doi:10.1186/1476-069x-8-21
Knorr-Cetina, K. D. (1981). *The manufacture of knowledge: an essay on the constructivist and contextual nature of science*. Oxford: Pergamon.
Koivisto, R., Wessberg, N., Eerola, A., Ahlqvist, T., Kivisaari, S., Myllyoja, J., & Halonen, M. (2009). Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies. *Technological Forecasting and Social Change, 76*(9), 1163-1176. doi:10.1016/j.techfore.2009.07.012
Krausmann, E., Cozzani, V., Salzano, E., & Renni, E. (2011). Industrial accidents triggered by natural hazards: an emerging risk issue. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 11*(3), 921-929. doi:10.5194/nhess-11-921-2011
Landstrom, C., Hauxwell-Baldwin, R., Lorenzoni, I., & Rogers-Hayden, T. (2015). The (Mis)understanding of Scientific Uncertainty? How Experts View Policy-Makers, the Media and Publics. *Science as Culture, 24*(3), 276-298. doi:10.1080/09505431.2014.992333
Leroy, P., & Hage, M. (2007). *Leidraad Stakeholderparticipatie voor het Milieu- en Natuurplanbureau*. Retrieved from Bilthoven:
Leung, W., Noble, B., Gunn, J., & Jaeger, J. A. G. (2015). A review of uncertainty research in impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review, 50*, 116-123. doi:10.1016/j.eiar.2014.09.005
Levin, R., Hansson, S. O., & Ruden, C. (2004). Indicators of uncertainty in chemical risk assessments. *Regulatory Toxicology and Pharmacology, 39*(1), 33-43. doi:10.1016/j.yrtph.2003.11.001
Liesch, P. W., Welch, L. S., & Buckley, P. J. (2011). Risk and Uncertainty in Internationalisation and International Entrepreneurship Studies Review and Conceptual Development. *Management International Review, 51*(6), 851-873. doi:10.1007/s11575-011-0107-y
Lindblom, C. E. (1979). Still Muddling, Not Yet Through. *Public Administration Review, 39*(6), 517-526.
Lujan, J. L., & Todt, O. (2012). Precaution: A taxonomy. *Social Studies of Science, 42*(1), 143-157. doi:10.1177/0306312711431836
MacGillivray, B. H., & Richards, K. (2015). Approaches to evaluating model quality across different regime types in environmental and public health governance. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 33*, 23-31. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.04.002
MacKenzie, D. (1990). *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. Cambridge, MA: MIT Press.

Makinson, K. A., Hamby, D. M., & Edwards, J. A. (2012). A REVIEW OF CONTEMPORARY METHODS FOR THE PRESENTATION OF SCIENTIFIC UNCERTAINTY. *Health Physics, 103*(6), 714-731. doi:10.1097/HP.0b013e31824e6f6f

Marchau, V., & Van der Heijden, R. (2003). Innovative methodologies for exploring the future of automated vehicle guidance. *Journal of Forecasting, 22*(2-3), 257-276. doi:10.1002/for.853

Mathijssen, J., Petersen, A., Besseling, P., Rahman, A., & Don, H. (2007). *Omgaan met onzekerheid in beleid*. Bilthoven: CPB/MNP/Rand Europe.

Maxim, L. (2015). A systematic review of methods of uncertainty analysis and their applications in the assessment of chemical exposures, effects, and risks. *International Journal of Environmental Health Research, 25*(5), 522-550. doi:10.1080/09603123.2014.980782

Maxim, L., & van der Sluijs, J. P. (2007). Uncertainty: Cause or effect of stakeholders' debates? Analysis of a case study: The risk for honeybees of the insecticide Gaucho((R)). *Science of the Total Environment, 376*(1-3), 1-17. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.052

Maxim, L., & van der Sluijs, J. P. (2011). Quality in environmental science for policy: Assessing uncertainty as a component of policy analysis. *Environmental Science & Policy, 14*(4), 482-492. doi:10.1016/j.envsci.2011.01.003

McComas, K. (2004). When even the 'best-laid' plans go wrong - Strategic risk communication for new and emerging risks. *EMBO reports, 5*, S61-S65. doi:10.1038/sj.embor.7400257

McMahon, R., Stauffacher, M., & Knutti, R. (2015). The unseen uncertainties in climate change: reviewing comprehension of an IPCC scenario graph. *Climatic Change, 133*(2), 141-154. doi:10.1007/s10584-015-1473-4

Merrill, R. A. (1984). The legal systems response to scientific uncertainty - the role of judicial-review. *Fundamental and Applied Toxicology, 4*(3), S418-S425. doi:10.1016/0272-0590(84)90271-9

Metze, T. (2014a). Fracking the Debate: Frame Shifts and Boundary Work in Dutch Decision Making on Shale Gas. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 1-18. doi:10.1080/1523908X.2014.941462

Metze, T. (2014b). What the frack? Politiserende deliberatie in de besluitvorming over schaliegas. *Bestuurskunde, 23*(2), 21-29.

Metzner-Szigeth, A. (2009). Contradictory approaches? On realism and constructivism in the social sciences research on risk, technology and the environment. *Futures, 41*(3), 156-170. doi:10.1016/j.futures.2008.09.017

Min I&M. (2014). *Bewust omgaan met velligheid: rode draden. Een proeve van een I&M-breed afwegingskader veiligheid.* Retrieved from Den Haag:

Ministerie EZ. (2016). *Energierapport: Transitie naar duurzaam*. Retrieved from Den Haag:

Mirakyan, A., & De Guio, R. (2015). Modelling and uncertainties in integrated energy planning. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 46*, 62-69. doi:10.1016/j.rser.2015.02.028

Mouffe, C. (2000). *The Democratic Paradox*. London: Verso.

Myhr, A. I. (2010). The Challenge of Scientific Uncertainty and Disunity in Risk Assessment and Management of GM Crops. *Environmental Values, 19*(1), 7-31. doi:10.3197/096327110x485365

Ness, B., Anderberg, S., & Olsson, L. (2009). Structuring problems in sustainability science: the multi-level DPSIR framework. *Geoforum, 41*(3), 479-488. doi:dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.12.005

O'Hare, G. (2000). Reviewing the uncertainties in climate change science. *Area, 32*(4), 357-368. doi:10.1111/j.1475-4762.2000.tb00152.x

Olofsson, A., & Ohman, S. (2007). Views of risk in Sweden: Global fatalism and local control - An empirical investigation of Ulrich Beck's theory of new risks. *Journal of Risk Research, 10*(2), 177-196. doi:10.1080/13669870601122451

Oreskes, N., & Conway, E. M. (2010). Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming: New York: Bloomsbury Press.
Patt, A. (2007). Assessing model-based and conflict-based uncertainty. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 17*(1), 37-46. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.10.002
Pellizzoni, L. (2003). Uncertainty and participatory democracy. *Environmental Values, 12*(2), 195-224. doi:10.3197/096327103129341298
Peterman, R. M., & Anderson, J. L. (1999). Decision analysis: A method for taking uncertainties into account in risk-based decision making. *Human and Ecological Risk Assessment, 5*(2), 231-244.
Petersen, A. C., Janssen, P. H. M., van der Sluijs, J. P., Risbey, J. S., Ravetz, J. R., Wardekker, J. A., & Martinson Hughes, H. (2013). *Guidance for Uncertainty Assessment and Communication*. Retrieved from The Hague, The Netherlands:
Pillania, R. K. (2011). The state of research on technological uncertainties, social uncertainties and emerging markets: A multidisciplinary literature review. *Technological Forecasting and Social Change, 78*(7), 1158-1163. doi:10.1016/j.techfore.2011.02.006
Powell, M., Dunwoody, S., Griffin, R., & Neuwirth, K. (2007). Exploring lay uncertainty about an environmental health risk. *Public Understanding of Science, 16*(3), 323-343. doi:10.1177/0963662507074491
Ragas, A. M. J. H., M.A.J., Henning-de Jong, I.; Leuven, R.S.E.W. (2009). Uncertainty in Environmental Risk Assessment: Implications for Risk-Based Management of River Basins. *Integrated Environmental Assessment and Management, 5*(1), 27-37.
Rayner, S. (1992). Cultural theory and risk analysis. In S. Krimsky & D. Golding (Eds.), *Social Theories of Risk*. Westport, CT: Greenwood Press.
Reckhow, K. H. (1994). Importance of scientific uncertainty in decision-making. *Environmental Management, 18*(2), 161-166. doi:10.1007/bf02393758
Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation, 141*(10), 2417-2431. doi:dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014
Refsgaard, J. C., van der Sluijs, J. P., Hojberg, A. L., & Vanrolleghem, P. A. (2007). Uncertainty in the environmental modelling process - A framework and guidance. *Environmental Modelling & Software, 22*(11), 1543-1556. doi:10.1016/j.envost.2007.02.004
Reinert, J. M., & Apostolakis, G. E. (2006). Including model uncertainty in risk-informed decision making. *Annals of Nuclear Energy, 33*(4), 354-369. doi:10.1016/j.anucene.2005.11.010
Renn, O. (1995). Styles of using scientific expertise: A comparative framework. *Science and Public Policy, 22*(3), 147-156.
Renn, O., & Klinke, A. (2004). Systemic risks: a new challenge for risk management. *EMBO reports, 5*(S1), S41-S46. doi:10.1038/sj.embor.7400227
Research perspectives on decision-making under uncertainty - risk - introduction. (1984). *Acta Psychologica, 56*(1-3), 179-181.
Rotmans, J., & Vries, B. d. (1997). *Perspectives on Global Change: The TARGETS Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
Sagawa, J. K., & Nagano, M. S. (2015). Integration, uncertainty, information quality, and performance: a review of empirical research. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 79*(1-4), 299-306. doi:10.1007/s00170-015-6836-5
Salzano, E., Basco, A., Busini, V., Cozzani, V., Marzo, E., Rota, R., & Spadoni, G. (2013). Public awareness promoting new or emerging risks: Industrial accidents triggered by natural hazards (NaTech). *Journal of Risk Research, 16*(3-4), 469-485. doi:10.1080/13669877.2012.729529

Samson, S., Reneke, J. A., & Wiecek, M. M. (2009). A review of different perspectives on uncertainty and risk and an alternative modeling paradigm. *Reliability Engineering & System Safety, 94*(2), 558-567. doi:10.1016/j.ress.2008.06.004

Sanderson, J. (2012). Risk, uncertainty and governance in megaprojects: A critical discussion of alternative explanations. *International Journal of Project Management, 30*(4), 432-443. doi:10.1016/j.ijproman.2011.11.002

Sass, H. M. (1997). Moral aspects of risk and innovation. *Artificial Organs, 21*(11), 1217-1221.

Shackley, S., & Wynne, B. (1996). Representing Uncertainty in Global Climate Change Science Policy: Boundary-Ordering Devices and Authority. *Science, Technology, and Human Values, 21*(3), 275-302.

Simon, H. (1982). *Models of Bounded Rationality*. Cambridge, MA: MIT Press.

Skinner, D. J. C., Rocks, S. A., & Pollard, S. J. T. (2014). A review of uncertainty in environmental risk: characterising potential natures, locations and levels. *Journal of Risk Research, 17*(2), 195-219. doi:10.1080/13669877.2013.794150

Skinner, D. J. C., Rocks, S. A., Pollard, S. J. T., & Drew, G. H. (2014). Identifying Uncertainty in Environmental Risk Assessments: The Development of a Novel Typology and Its Implications for Risk Characterization. *Human and Ecological Risk Assessment, 20*(3), 607-640. doi:10.1080/10807039.2013.779899

Sluijs, J. v. d., & Schulte Fischedick, K. (1997). *Omgaan met onzekerheden in wetenschap voor (milieu)beleid: een inventarisatie van theorieën en aanpakken*. Retrieved from Den Haag:

Smeets, E., & Weterings, R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview*. Retrieved from Copenhagen, Denmark:

Sørensen, K. (2006). Domestiction: The enactment of Technology. In T. Berker (Ed.), *Domestication of Media and Technology* (pp. 40-61). London: Open University Press.

Stirling, A., & Gee, D. (2002). Science, precaution, and practice. *Public Health Reports, 117*(6), 521-533.

Strom, M., Koivisto, R., & Andersson, D. (2013). UML modelling concepts of HAZOP to enhance the ability to identify emerging risks. *Journal of Risk Research, 16*(3-4), 421-432. doi:10.1080/13669877.2012.729521

Sumpter, J. P. (1995). Feminized responses in fish to environmental estrogens. *Toxicology Letters, 82-3*, 737-742. doi:10.1016/0378-4274(95)03517-6

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., & Sadi-Nezhad, S. (2013). A fuzzy group data envelopment analysis model for high-technology project selection: A case study at NASA. *Computers & Industrial Engineering, 66*(1), 10-23. doi:10.1016/j.cie.2013.06.002

Thompson, M., Ellis, R., & Wildavsky, A. (1990). *Cultural Theory*. Boulder, Co.: Westview Press.

Todt, O., & Lujan, J. L. (2008). A new social contract for technology? - On the policy dynamics of uncertainty. *Journal of Risk Research, 11*(4), 509-523. doi:10.1080/13669870701875735

Tonn, B. (1991). Research policy and review 34 - the development of ideas of uncertainty representation. *Environment and Planning A, 23*(6), 783-812. doi:10.1068/a230783

Udovyk, O., & Gilek, M. (2013). Coping with uncertainties in science-based advice informing environmental management of the Baltic Sea. *Environmental Science & Policy, 29*, 12-23. doi:10.1016/j.envsci.2013.01.015

Van Asselt, M., & Rotmans, J. (2002). Uncertainty in integrated assessment modelling - From positivism to pluralism. *Climatic Change, 54*(1-2), 75-105. doi:10.1023/a:1015783803445

Van Asselt, M. B. A. (2000). *Perspectives on Uncertainty and risk: The PRIMA Approach to Decision Support*. Dordrecht: Kluwer.

Van Asselt, M. B. A., Langendonck, R., Asten, F. v., Giessen, A. v. d., Janssen, P. H. M., Heuberger, P. S. C., & Geuskens, I. (2001). *Uncertainty and RIVM's environmental outlooks* (report 550002001). Retrieved from Bilthoven:

van der Sluijs, J. P., Risbey, J. S., Kloprogge, P., Ravetz, J. R., Funtowicz, S. O., Corral Quintana, S., . . . Huijs, S. (2003). *RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication: Detailed Guidance*. Retrieved from Utrecht:

van Doren, D., & Heyen, N. B. (2014). Synthetic biology: Too early for assessments? A review of synthetic biology assessments in Germany. *Science and Public Policy, 41*(3), 272-282. doi:10.1093/scipol/scu034

Van Eeten, M. J. G. (2007). Narrative Policy Analysis. In G. J. Miller & D. Robbins (Eds.), *Handbook of Public Policy Analysis: theory, politics and methods* (pp. 251-269). Boca Raton, Fl.: CRC.

van Lieshout, M., Dewulf, A., Aarts, N., & Termeer, C. (2011). Do Scale Frames Matter? Scale Frame Mismatches in the Decision Making Process of a 'Mega Farm' in a Small Dutch Village. *Ecology and Society, 16*(1).

Verderame, P. M., Elia, J. A., Li, J., & Floudas, C. A. (2010). Planning and Scheduling under Uncertainty: A Review Across Multiple Sectors. *Industrial & Engineering Chemistry Research, 49*(9), 3993-4017. doi:10.1021/ie902009k

Veronesi, M., Chawla, F., Maurer, M., & Lienert, J. (2014). Climate change and the willingness to pay to reduce ecological and health risks from wastewater flooding in urban centers and the environment. *Ecological Economics, 98*, 1-10. doi:10.1016/j.ecolecon2013.12.005

Vogel, D. (1986). *National Styles of Regulation: Environmental Policy in Great Britain and the United States*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Walker, K., & Walsh, L. (2012). "No One Yet Knows What the Ultimate Consequences May Be": How Rachel Carson Transformed Scientific Uncertainty Into a Site for Public Participation in Silent Spring. *Journal of Business and Technical Communication, 26*(1), 3-34. doi:10.1177/1050651911421122

Walker, W. E., Haasnoot, M., & Kwakkel, J. H. (2013). Adapt or Perish: A Review of Planning Approaches for Adaptation under Deep Uncertainty. *Sustainability, 5*(3), 955-979. doi:10.3390/su5030955

Walker, W. E., Harremoes, P., Rotmans, J., van der Sluijs, P., van Asselt, M. B. A., Janssen, P., & Krayer von Krauss, M. P. (2003). Defining Uncertainty - A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integrated Assessment, 4*(1), 5-17.

Wallentin, G., & Car, A. (2013). A framework for uncertainty assessment in simulation models. *International Journal of Geographical Information Science, 27*(2), 408-422. doi:10.1080/13658816.2012.715163

Wardekker, J. A., de Jong, A., van Bree, L., Turkenburg, W. C., & van der Sluijs, J. P. (2012). Health risks of climate change: An assessment of uncertainties and its implications for adaptation policies. *Environmental Health, 11*. doi:10.1186/1476-069x-11-67

Wardekker, J. A., Van der Sluijs, J. P., Janssen, P. H. M., Kloprogge, P., & Petersen, A. C. (2008). Uncertainty Communication in Environmental Assessments: Views from the Dutch Science–Policy Interface. *Environmental Science & Policy, 11*(7), 627-641.

Warmink, J. J., Janssen, J., Booij, M. J., & Krol, M. S. (2010). Identification and classification of uncertainties in the application of environmental models. *Environmental Modelling & Software, 25*(12), 1518-1527. doi:10.1016/j.envsoft.2010.04.011

Wesselink, A., & Hoppe, R. (2011). If Post-Normal Science is the Solution, What is the Problem?: The Politics of Activist Environmental Science. *Science Technology & Human Values, 36*(3), 389-412. doi:10.1177/0162243910385786

Wickson, F. (2007). From risk to uncertainty in the regulation of GMOs: social theory and Australian practice. *New Genetics and Society, 26*(3), 325-339. doi:10.1080/14636770701701832

Wilday, J., Paltrinieri, N., Farret, R., Hebrard, J., & Breedveld, L. (2011). Addressing emerging risks using carbon capture and storage as an example. *Process Safety and Environmental Protection, 89*(6), 463-471. doi:10.1016/j.psep.2011.06.021

Winter, S., Kramer, N. C., Rosner, L., & Neubaum, G. (2015). Don't Keep It (Too) Simple: How Textual Representations of Scientific Uncertainty Affect Laypersons' Attitudes. *Journal of Language and Social Psychology, 34*(3), 251-272. doi:10.1177/0261927x14555872

Witteveen+Bos. (2013). *Aanvullend onderzoek naar mogelijke risico's en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland Eindrapport onderzoeksvragen A en B*. Retrieved from Amsterdam:

WRR. (1994). *Duurzame risico's: een blijvend gegeven* (Rapporten aan de regering nr.44). Retrieved from The Hague:

Wynne, B. (1992). Carving Out Science (and Politics) in the Regulatory Jungle. *Social Studies of Science, 22*, 745-758.

Yanow, D. (1996). *How does a policy mean? Interpreting Policy and Organizational Actions*. Washington: Georgetown University Press.

Yearley, S. (1989). Bog Standards: Science and Conservation at a Public Inquiry. *Social Studies of Science, 19*, 421-438.