TU Delft

Delft University of Technology

Waarden in water

Doorn, Neelke

Publication date
2018

Document Version
Final published version

Citation (APA)
Doorn, N. (2018). *Waarden in water*.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

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

Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

Faculteit Techniek, Bestuur en Management

Prof. dr. mr. ir. N. Doorn

Waarden in water

TU Delft

Intreerede 16 november 2018

Waarden in water

Intreerede

In verkorte vorm uitgesproken op 16 november 2018
ter gelegenheid van de aanvaarding van
het ambt van hoogleraar ‘Ethics of water engineering’
aan de faculteit Techniek, Bestuur en Management
van de Technische Universiteit Delft

door

Prof. dr. mr. ir. N. Doorn

Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, collega-hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap. Zeer gewaardeerde toehoorders, dames en heren,

“De stormvloedkering is gesloten. De Deltawerken zijn voltooid. Zeeland is veilig.”

Dit waren de woorden die toenmalig koningin Beatrix sprak bij de voltooiing van de Oosterscheldekering in 1986 (Figuur 1). Op dat moment was er weliswaar een besef dat het Deltaplan niet helemaal af was: er werden nog plannen voor de Maeslantkering ontwikkeld en deze zou de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland moeten afsluiten om ook de inwoners van Zuid-Holland te beschermen tegen overstromingen vanuit de zee, maar daarna zou Nederland ook echt af zijn. In diezelfde tijd vulden de overstromingen in Bangladesh het nieuws: in 1988 was door hevige overstromingen driekwart van de hoofdstad Dhaka en 60 procent van het hele land overstroomd (Peters, 1997; zie ook Figuur 2). Het is in die sfeer van grote afgeronde civieltechnische constructies binnenlands en vooral nog grote wateropgaven in het buitenland dat ik mijn keuze maakte voor de studie civiele techniek aan de Technische Universiteit Delft.

Figuur 1: Voltooiing Oosterscheldekering (Foto: Rijkswaterstaat).

FEITEN & MENINGEN

Dijken rampzalig voor Bangladesh

Honderden doden en enorme schade

Natuurramp treft weer Bangladesh

DHAKA (GPD) – Bangladesh is opnieuw door een ramp getroffen. Honderden mensen kwamen volgens de Bengalese autoriteiten gisteren om het leven tijdens een orkaan. „De ergste die Bangladesh ooit heeft meegemaakt", aldus de directeur Chowdhury van het Bengalese weerkundig instituut.

Windstoten met een snelheid van 170 km per uur trokken een spoor van vernieling in de zuidwestelijke kustgebieden en op de dichtbevolkte eilanden.

Duizenden mensen, die in de overstromingen getroffen gebieden zijn gestrand, moeten worden geëvacueerd. Maar de overheid beschikt niet over de middelen voor een massale evacuatie, aldus het waarschuwd via de radio, dieper het land in waren getrokken. Ook in de hoofdstad Dakha heeft de orkaan verwoestingen aangericht.

Twee maanden geleden kwam tweederde van het land onder water te staan door overstromingen, die werden bestempeld als de ergste sinds mensenheugenis. Duizenden mensen kwamen om het leven, terwijl miljoenen anderen dakloos werden. Een groot deel van de oogst en van de voorraden werden door het water vernietigd.

Na de overstromingen viel er over het land een periode van droogte, die een ernstig gebrek aan drinkwater veroorzaakte, vooral in de kustgebieden.

Ook de Oostindische deelstaat West-Bengalen werd getroffen. Er kwamen zeker 13 mensen om. Ettelijke duizenden runderen verdronken in 8 meter hoge vloedgolf die op de tropische storm volgde. Een groot aantal hutten en huizen werd vernield terwijl de oogst als verloren moet worden beschouwd.

Mensen in nood, Memisa, het Nederlandse Rode Kruis, Novib-/Gast aan tafel, Stichting Oecumenische Hulp, Terre des Hommes en Unicef hebben besloten gezamenlijk een actie te voeren voor hulp aan slachtoffers in Bangladesh. Daarvoor is het giro-nummer 800800 in Den Haag opengesteld.

BANGLADESH GIRO 800800. DEN HAAG

Mensen in Nood, Memisa, Novib/Gast aan tafel, Het Nederlandse Rode Kruis, Stichting Oecumenische Hulp, Terre des Hommes, UNICEF. Secretariaat: Hekelaan 6, Den Bosch

Nederlands project gaat hoe dan ook door

Figuur 2: Krantenartikelen uit 1988 over overstromingen Bangladesh.

Bij de start van mijn studie leerde ik al snel dat het onderwerp overstromingen zich niet gemakkelijk laat afbakenen. Gedurende een jaar mocht ik mij met een groep medestudenten vastbijten in een groot project. Ik had gekozen voor het project *Bangladesh* en waar ik had gehoopt een Oosterscheldekering voor de Brahmaputra te ontwerpen kreeg ik te horen dat we hier toch vooral met een verdelingsvraagstuk te maken hebben; het stoppen van bovenstroomse economische bosbouwactiviteiten zou wel eens veel belangrijker kunnen zijn voor het voorkomen van benedenstroomse overstromingen dan het bouwen van een groot, prestigieus bouwwerk.

Het was hier dat ik belangstelling kreeg voor het snijvlak van ethiek en techniek. In het komende half uur neem ik u mee in de plannen die ik heb voor mijn leerstoel. Ik begin met de maatschappelijke context waarbinnen ik mijn leerstoel bekleed (Sectie 1), waaruit ook zal blijken dat veel uitdagingen in de watersector een ethische component hebben. Daarna zal ik het onderwerp van mijn leerstoel en het type problemen waar ik mij op zal richten verbinden met een onderzoeksagenda (Sectie 2), waarbij ik ook zal laten zien met wie ik vormgeef aan deze onderzoeksagenda (Sectie 3), gevolgd door mijn reflectie op het onderwijs van de universiteit en de faculteit (Sectie 4).

1. Context

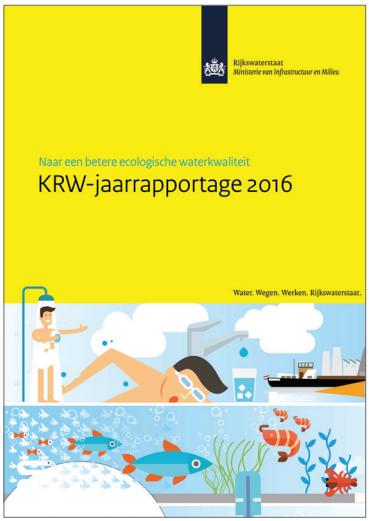
Sinds mijn studietijd in de jaren negentig is de context waarin waterprofessionals werken flink veranderd, niet in de minste plaats als gevolg van klimaatverandering. In 1990 publiceerde het *Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC) zijn eerste rapport. Hierin sprak het nog in termen van 'waarschijnlijk' en 'mogelijk' – en dat het onwaarschijnlijk is dat binnen tien jaar of zelfs meer een versterkt broeikaseffect onomstotelijk kan worden vastgesteld op basis van observaties (Houghton, Jenkins, & Ephraums, 1990: p. xxix).

Inmiddels zijn we ruim 25 jaar verder. Klimaatverandering is een van de onderwerpen waar geen weldenkende wetenschapper of politicus nog vraagtekens bij durft te zetten. Het vijfde IPCC-rapport, gepubliceerd in 2014, stelt dat het "vrijwel zeker is dat de globale gemiddelde zeespiegelstijging nog vele eeuwen na 2100 zal aanhouden"[2] (IPCC, 2014: p. 16). In datzelfde rapport stelt het IPCC met een 'erg hoge mate van vertrouwen' dat zowel ecologische systemen als mensen zeer kwetsbaar zijn voor klimaat-gerelateerde gebeurtenissen, zoals hittegolven, droogte, overstromingen.

Naast het feit dat klimaatverandering op zich al flinke waterproblemen veroorzaakt zien we ook dat waterproblemen sommige groepen veel harder treffen dan anderen en dat, naarmate temperatuurstijging doorzet, de verschillen ook groter zullen worden (Field et al., 2014; pp. 61-62).

Door klimaatverandering worden veel van de wateruitdagingen waar we tegenwoordig voor staan ook een stuk complexer. Waar we vroeger nog wel eens zeiden: waterproblemen, dat is een kwestie van óf te veel, óf te weinig óf te vies, zien we nu steeds meer hoe alle drie die aspecten met elkaar verweven zijn, waarbij oplossingen met elkaar kunnen conflicteren. Een goed voorbeeld hiervan is het jaarbericht van Rijkswaterstaat over de Kaderrichtlijn Water (RWS, 2017). Hierin waarschuwde Rijkswaterstaat dat veel maatregelen die bedoeld zijn om het risico van overstromingen te reduceren, een negatieve uitwerking hebben op de waterkwaliteit (Figuur 3). Ook afgelopen zomer stonden de kranten vol van dergelijke spanningen.

[2] *Originele Engels tekst "[It is] virtually certain that global mean sea level rise will continue for many centuries beyond 2100" (IPCC 2014: p. 16).*



Figuur 3: Jaarrapportage Kaderrichtlijn Water 2016.

Een ander aspect van de context waarin watervraagstukken spelen is de veranderende relatie tussen overheid en burger. In Nederland zijn we gewend dat de overheid een verzorgende rol op zich neemt als het gaat over waterbeleid. Dit zal veranderen. Mede door technische ontwikkelingen wordt er steeds meer zelfredzaamheid van de burger verwacht (cf. Bichard & Kazmierczak, 2012; Johnson & Priest, 2008; Nye, Tapsell, & Twigger-Ross, 2011). Dit roept echter ook de vraag op hoe ver we hiermee kunnen gaan. Zo staat in onze grondwet dat de overheid een verantwoordelijkheid heeft voor een leefbare omgeving. Waar houdt de verantwoordelijkheid van de overheid op en waar begint die van de burger? Het is tekenend dat de *Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling* juist het gebrek aan waterbewustzijn bij de burger als een van de grootste uitdagingen voor het Nederlandse waterbeleid noemt (OECD, 2014).

Deze vragen rondom water zijn niet louter technisch van aard, maar ook ethisch. Het gaat over de afweging tussen verschillende functies van water, over verdeling van verantwoordelijkheden, over collectieve belangen versus individuele belangen. Ik ben er trots op dat de TU Delft de urgentie van deze problematiek erkent en mij met mijn benoeming de mogelijkheid biedt om invulling te geven aan de leerstoel *Ethics of Water Engineering,* wereldwijd de eerste leerstoel die specifiek kijkt naar de ethische aspecten in het waterbeheer en watertechnologie.

2. Onderwerp van leerstoel

In mijn leerstoel komen twee van mijn disciplinaire achtergronden samen: water engineering als toepassingsdomein en ethiek als de bril waarmee ik naar watervraagstukken kijk.

2.1 Water engineering

Wat betekent dat nu eigenlijk: *water engineering*? Ten eerste gaat water engineering over systemen. We hebben niet te maken met één geïsoleerd technisch object, maar met een systeem dat is samengesteld uit verschillende componenten die op elkaar ingrijpen. Daarbij hebben lokale ingrepen in het watersysteem een impact op het grotere watersysteem of op andere systemen, zoals het energiesysteem of het voedselsysteem. Een extra complicerende factor is dat watersystemen vaak ook nog eens grensoverschrijdend zijn. Figuur 4.a toont een foto die is genomen in januari 2018 in Nijmegen. De waterstand in de Waal bij Nijmegen was met zo'n 11,9 meter boven NAP uitzonderlijk hoog door zware regenval een stuk verder bovenstrooms, in Zwitserland en Duitsland. De ironie is dat juist tijdens het schrijven van mijn oratie de meeste rivieren kampten met een extreem lage waterstand. Figuur 4.b toont een foto van dezelfde locatie, genomen eind oktober 2018. De waterstand was met 4,3 meter boven NAP bijna acht meter lager dan in januari.

a

b

Figuur 4: Waterstand in de Waal bij Nijmegen op 10 januari 2018 (a) en op 28 oktober 2018 (b).

Het tweede kenmerkende van water engineering is dat die systemen zowel een materiële kant als een niet-materiële kant hebben; we noemen dit socio-technische systemen (De Bruijn & Herder, 2009). Met die materiële kant doelen we op de fysieke objecten. Die materiële kant springt in de context van water vaak het duidelijkst naar voren. De Oosterscheldekering waar ik het eerder over had is onmiskenbaar een fysiek object. Indien de kering gesloten is verhindert deze dat het water vanuit de zee de Oosterschelde in stroomt en andersom. Water

engineering heeft echter ook een niet-materiële kant, een menselijke kant. Er zijn instituties, mensen, die bepalen onder welke omstandigheden de kering gesloten moet worden en soms is hiervoor ook nog een menselijke handeling nodig. Voor een goed begrip van het functioneren van het systeem is het belangrijk om naar beide aspecten te kijken (Kroes, Franssen, Van de Poel, & Ottens, 2006). Zo handelen mensen met bepaalde intenties en deze hoeven niet noodzakelijk overeen te komen met de logica of de rationaliteit van het fysieke systeem. Mijn collega's bij veiligheidskunde doen bijvoorbeeld onderzoek naar de cybersecurity van infrastructuren en de vraag hoe de softwaresystemen van waterkeringen gehackt kunnen worden (Chockalingam, Hadžiosmanović, Pieters, Teixeira, & van Gelder, 2017). Dit laat zien dat de veiligheid van een waterkering meer is dan alleen hoe robuust de fysieke constructie is.

Samengevat, als we naar water kijken dan hebben we te maken met systemen met een menselijke en een materiële kant. Deze systemen raken vaak aan andere sectorale systemen en overschrijden vaak geografische grenzen.

2.2 Ethische vragen in water engineering

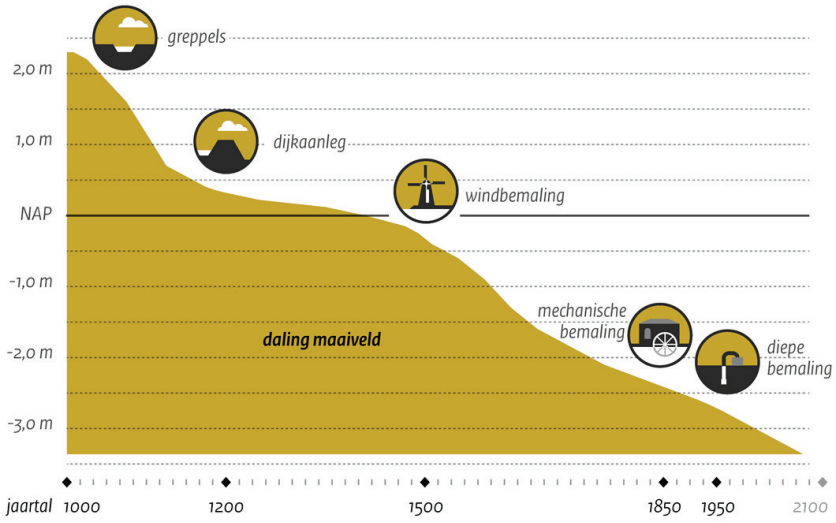
Dan het tweede deel van mijn leeropdracht: de ethische vragen in water engineering. Voor mij heeft de ethiek van water engineering twee duidelijke componenten: een 'wat', in de zin van welke waarden er in het systeem zitten, en een 'wie', verwijzend naar wie er moet handelen en wie er geraakt worden door keuzes in het waterbeleid.

Waardenafwegingen binnen het waterdomein

Ten eerste het 'wat'. Ik noemde eerder het voorbeeld van de evaluatie van de Kaderrichtlijn Water door Rijkswaterstaat en de zorg dat maatregelen gericht op waterkwantiteit soms een nadelige invloed hebben op waterkwaliteit. Als die twee strijden, hoe kunnen we nu beslissen welke voorrang moet hebben? Uiteraard kan deze vraag niet beantwoord worden zonder in meer detail te kijken naar de rol die water speelt in onze samenleving. Binnen de ecologische economie spreekt men hier wel van ecosysteemdiensten of *ecosystem services* (MEA, 2005). De gedachte hierachter is dat het watersysteem verschillende diensten biedt, verschillende functies heeft. Economen spreken hier van diensten, ingenieurs gebruiken eerder de term functies, maar ze bedoelen min of meer hetzelfde. Zo kan water gebruikt worden als drinkwater voor de mens of als koelwater in een fabriek (Gleick, 1994), een watergebied kan dienen als stadskoeling (Ghosh & Das, 2018), of het kan zelfs een niet-materiële dienst leveren, zoals we zien in bepaalde religieuze reinigingsrituelen (Pradhan & Meinzen-Dick, 2010).

Een gebruikelijke manier om een afweging te maken tussen strijdige diensten is door alles uit te drukken in één uitkomstmaat – dit kan geld zijn maar dat hoeft niet – en te proberen deze uitkomstmaat zo hoog mogelijk te laten zijn, ofwel te maximaliseren. Dit roept echter een aantal vragen op. Ten eerste, laten alle diensten zich wel in één maat uitdrukken? Vanuit de ethiek kunnen we ook zeggen dat deze diensten bepaalde waarden vertegenwoordigen: veiligheid, gezondheid, ecologie, beschikbaarheid van waterbronnen in de toekomst. Deze waarden zijn *incommensurabel*. Dat wil zeggen, ze zijn niet uit te drukken in dezelfde maat (Chang, 1997).

Een tweede vraag die we kunnen stellen bij maximalisatie langs één meetlat is of we daarmee niet belangrijke beslisoverwegingen over het hoofd zien. Is het niet veel belangrijker flexibiliteit te houden, of om onomkeerbare gevolgen te voorkomen, zoals verlies van unieke ecosystemen (Doorn, 2018)? Juist in het waterbeleid zien we dat we nu soms gedwongen zijn om in bepaalde oplossingsrichtingen te denken omdat in het verleden overwegingen als omkeerbaarheid niet meegenomen zijn (Saeijs, Smits, Overmars, & Willems, 2004).



Figuur 5: Bodemdaling door ontwatering van het veen (Bron: Hollands Noorderkwartier / PBL 2016).

Een bekend voorbeeld hiervan is de bodemdaling in de veenweidegebieden (Figuur 5). Ooit zijn we begonnen met het ontwateren van het veen om het hiermee geschikt te maken voor de landbouw. Als gevolg hiervan is de veenbodem

gaan inklinken, waardoor vervolgens nog harder bemaald moest worden om het grondwaterpeil verder te laten zakken en het land bewerkbaar te houden. Hierdoor zijn we in een soort bemalingsspiraal gekomen, waar we nu moeilijk uitkomen en die een negatieve invloed heeft op de vegetatie en lokale biodiversiteit (PBL, 2016).

We moeten dus op zoek naar andere manieren om met dergelijke waardenconflicten om te gaan; manieren die niet vereisen dat we alles in één zelfde maat uitdrukken en waarbij we ook andere beslisoverwegingen dan maximalisatie kunnen meenemen.

Het nadenken over conflicterende waarden en manieren om een afweging hiertussen te maken is een van de belangrijkste onderwerpen binnen de ethiek van de techniek. Ik zal hier drie – elkaar niet uitsluitende – manieren om met waardenconflicten om te gaan bespreken (Doorn, 2020). Elk van deze heeft een basis hebben in de hedendaagse filosofie.

Een eerste manier is om op zoek te gaan naar technische oplossingen die expliciet ontworpen zijn om met verschillende waarden rekening te houden. Ik realiseer me dat dit triviaal klinkt, maar vroeger werden technische oplossingen vaak ontworpen met één primaire functie in gedachten, bijvoorbeeld veiligheid tegen overstromingen. Vaak ging dit ten koste van ecologie en er werd hoogstens geprobeerd de nadelige gevolgen voor ecologie te beperken.

Als men met een ethische bril op naar waterproblemen kijkt dan kan men de waardenconflicten echter ook aangrijpen als een aanleiding om tot betere ontwerpoplossingen te komen, in de zin dat men zoekt naar een ontwerp dat op meerdere functies goed scoort of aan meerdere waarden een positieve bijdrage levert. Waardenconflicten kunnen dan een stimulans zijn voor innovatie. Dit is ook de gedachte achter projecten in het kader van *Maatschappelijk Verantwoord Innoveren* of *Responsible Innovation* (Van den Hoven, Doorn, Koops, Romijn, & Swierstra, 2014), programma's die uit de ethiekhoek hoeken, maar bijvoorbeeld ook het Nederlandse *Building with Nature*-programma, dat juist vanuit de technische hoek is opgezet (De Vriend, Van Koningsveld, & Aarninkhof, 2014).

Een voorbeeld uit dit *Building with Nature*-programma is de zandmotor, een voor de kust bij Ter Heijde (Zuid-Holland) aangelegde kunstmatige zandbank (Figuur 6). De zandmotor is ontworpen om tegelijkertijd een positieve bijdrage te leveren aan de kustverdediging en aan ecologie, biodiversiteit en recreatie. De zandmotor heeft dus expliciet multifunctionaliteit binnen het watersysteem als ontwerpuitgangspunt. Ik vind het heel mooi dat Delftse ingenieurs hier een

voortrekkersrol in spelen. Maar ook al los je het waardenconflict hier primair op via technologische innovatie, deze benadering vereist toch steeds normatieve keuzes: keuzes ten aanzien van welke waarden van belang zijn en keuzes ten aanzien van wanneer we kunnen zeggen dat deze waarden op een goede manier geborgd zijn in een technisch ontwerp.

Figuur 6: Zandmotor (Foto: Rijkswaterstaat / Jurriaan Brobbel).

Een tweede manier om met waardenconflicten om te gaan raakt aan beleidsanalyse. Deze benadering richt zich op de vraag hoe we een afwegingsprobleem methodologisch moeten vormgeven, bijvoorbeeld in de modellen die aan beleid ten grondslag liggen. We kunnen proberen methoden te ontwikkelen die niet de totale uitkomst maximaliseren maar die de mogelijkheid bieden om te kijken hoe een ontwerp scoort op losse criteria of onderdelen. Hierbij kun je voor elk van die losse onderdelen drempels hanteren of omkeerbaarheid als randvoorwaarde meenemen. Een voorbeeld van een dergelijke methode is *many objective*-optimalisatie, dat verschillende, onafhankelijke criteria optimaliseert (Kasprzyk, Reed, & Hadka, 2016). Hiermee maken we andere afwegingen dan wanneer we één uitkomstmaat maximaliseren – afwegingen die op de lange termijn wel eens beter kunnen uitpakken.

Tenslotte kunnen we ook op een meer procedurele manier naar afwegingen van waarden kijken. Hoe moet het besluitvormingsproces worden opgezet om

tot een gerechtvaardigde uitkomst te komen (Doorn, 2016b)? Bij technische onderwerpen, inclusief wateronderwerpen, was dit aspect tot recent nog onderbelicht (Pesch, Bombaerts, Huijts, Doorn, & Hunka, forthcoming). Maar interventies in het watersysteem hebben vaak een grote ruimtelijke impact en hierbij hebben we vrijwel altijd ook te maken met een afweging tussen collectieve en individuele belangen. De zorgvuldigheid van dit proces is daarom heel belangrijk. Ook hier spelen waarden een rol. Het gaat dan om waarden als transparantie, onpartijdigheid en democratie. Deze moeten procedureel goed geborgd zijn. De problemen rondom de gaswinning in Groningen laten zien wat er gebeurt als voorbij gegaan wordt aan dit procedurele aspect. Mede door het gebrek aan transparantie in de besluitvorming en vermeende partijdigheid in de schadeafwikkeling is hier een situatie ontstaan waarin bewoners de overheid niet meer vertrouwen (Mouter, De Geest, & Doorn, 2018).

Ik noem hier dus drie benaderingen: multifunctionaliteit in het ontwerp, *many objective*-optimalisatie en meer aandacht voor procedurele aspecten. Elk van deze drie benaderingen vergt uiteindelijk een combinatie van empirisch onderzoek en normatief onderzoek. Normatief onderzoek omdat de vraag welke waarden van belang zijn uiteindelijk gaat over de wenselijke inrichting van onze samenleving (Adger et al., 2009). En of men nu kijkt naar de waarden die in het uiteindelijke ontwerp van het fysieke systeem moeten zitten of naar besluitvorming, alle besproken benaderingen stellen deze normatieve vraag. Daarnaast vergt het empirisch onderzoek om zodoende inzicht te krijgen in de ethische implicaties van verschillende ontwerpoplossingen en ook om inzicht te krijgen in hoe in het ontwerpproces continu keuzes worden gemaakt die ethisch relevant zijn. Deze blijven verborgen als we *in abstracto* over waarden in het watersysteem praten (Doorn & Taebi, 2018).

Veerkracht

Tot zover het wat, nu het ‘wie’ en met dat ‘wie’ bedoel ik ‘wie er wordt geraakt’ en ‘wie er moet en mag handelen’. Ik wil het ‘wie’ uitleggen aan de hand van het begrip veerkracht.

De laatste jaren, en zeker in relatie tot klimaatverandering, zien we steeds meer een roep om veerkracht. Zo heeft het nationale Deltaprogramma als doel ervoor te zorgen dat ons land “de grotere extremen van het klimaat veerkrachtig kan blijven opvangen” (Deltacommissaris, 2016: p. 9) en het Planbureau voor de Leefomgeving noemt in een ontwerpend onderzoek naar ‘Klimaatbestendig Nederland’ veerkracht als ideaal om “beter om te leren gaan met onzekerheden” (PBL, 2012: p. 9). Ook binnen de EU wordt veerkracht genoemd als dé manier om invulling te geven aan klimaatadaptatie.[3]

De term veerkracht in dit verband wordt vaak gekoppeld aan de ecologische notie van veerkracht (cf. Adger, 2000; Folke, 2006). In de ecologie verwijst veerkracht naar het vermogen van een ecosysteem om zich te herstellen en aan te passen na een verandering. Het is een emergente eigenschap: het is een vermogen dat ontstaat vanuit het samenstel van alle onderdelen in het systeem, alle losse componenten (Walker et al., 2006). Omdat het hier niet gaat om een *doelgerichte* kracht tegen een vooraf *bekend* type dreiging, is het ecosysteem daarmee ook heel flexibel. Het is in staat om zich tegen verschillende type bedreigen te verweren.

Waar in de jaren '60 deze ecologische veerkracht nog diametraal tegenover het denken van ingenieurs werd gesteld (Holling, 1973), werden ingenieurs begin deze eeuw ook enthousiast over veerkracht (Doorn, Gardoni, & Murphy, forthcoming). Veerkracht werd gezien als een veelbelovend alternatief voor traditionele benaderingen in de veiligheidskunde, waarin vaak nogal mechanisch werd gekeken naar rampen en veiligheidsincidenten. Juist door deze mechanische benadering waren systemen alleen bestand tegen één specifiek gevaar, zo luidde de kritiek (Hollnagel, 2014). Met het introduceren van een veerkrachtbenadering in de veiligheidskunde komt de nadruk veel meer te liggen op flexibiliteit en lerend vermogen, waarmee systemen ook veel beter in staat zijn om met onverwachte gevaren om te gaan.

Tot zover de veerkracht binnen de ecologie en de veiligheidskunde. Hoe zit het nu met veerkracht in de context van water en klimaat? Zoals gezegd horen we juist op het gebied van klimaat- en waterdreigingen vaak een streven naar veerkracht en wordt gesproken van *climate resilient cities* (Prasad et al., 2009) of *water resilient cities* (Herslund et al., 2017). Als veerkracht ons in staat stelt om met onverwachte gebeurtenissen om te gaan is het begrijpelijk dat het vaak wordt genoemd in deze context. Immers, als we het over water- en klimaatdreigingen hebben dan weten we vaak niet hoe groot de dreiging precies is, uit welke hoek de dreiging komt, of met welke combinatie van dreigingen we te maken zullen krijgen. Klimaatverandering maakt het weer grilliger; er komen meer extreem-weersincidenten en daarmee wordt het weer dus onvoorspelbaarder. Ter illustratie: op 23 juni 2016 viel er in Delft in totaal 45 mm regen (KNMI, 2018). Dit is evenveel als wat er het jaar daarop in de hele maand juni viel. Kortom, het is vooraf onbekend of we in een typische maand juni te maken zullen krijgen met wateroverlast of met een neerslagtekort.

[3] *Zie https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en#tab-0-1 voor de EU Adaptation Strategy.*

Als we veerkracht vooral zien als een vermogen om met onzekerheden en onverwachte schokken om te gaan klinkt het streven naar veerkracht in de context van water en klimaat dus heel plausibel. Maar eerder legde ik uit dat we te maken hebben met socio-technische systemen, dus systemen waar ook mensen van deel uitmaken. Wat betekent veerkracht concreet voor de betrokkenen?

In analogie met de ecologie kunnen we veerkracht in deze context opvatten als een benadering waarbij iedereen, zij het op verschillende wijze, zijn of haar steentje bijdraagt: gezamenlijk vangen we alle onverwachte klimaat- en waterdreigingen die op ons afkomen op. Maar is iedereen hiertoe in staat? Als een veerkrachtige stad betekent dat de burger meer zelf moet doen en de overheid zich tegelijkertijd terugtrekt zou dat ook kunnen betekenen dat er ongewenste verschillen ontstaan.

a

b

Figuur 7: Sportfondsenbad Nijmegen-Oost (a) en Truus Mastpark (b) (Foto sportfondsenbad: Fred van der Burgt).

Ter illustratie zou ik graag het Truus Mastpark noemen in de wijk Altrade in Nijmegen-Oost. Mensen die bekend zijn met Nijmegen zullen weten dat dit een wijk is met relatief veel hoogopgeleide mensen. Figuur 7.a toont de oude situatie; voorheen stond hier een zwembad. Toen het zwembad werd afgebroken waren er plannen voor nieuwbouw, maar door een actieve buurtvereniging hebben de bewoners de bestemming weten te wijzigen naar ‘groen’. In plaats van nieuwbouw door een projectontwikkelaar, kwam er op initiatief van de bewoners een park (Figuur 7.b). Het hielp daarbij dat er relevante planologische en juridische kennis aanwezig was in de buurt, zodat op het juiste moment een goed onderbouwd bezwaarschrift kon worden ingediend. De bewoners wisten bovendien hun weg in het subsidielandschap van de gemeente goed te vinden. Dit park draagt zeker bij aan de klimaatbestendigheid van de wijk en het past heel goed in een zogenaamde veerkrachtbenadering: bij zware regenval zal dit park een goede buffer vormen en zal het water goed kunnen weglopen, bij

hittegolven kan het juist dienen als afkoeling. Hiermee is deze wijk nog een stuk leefbaarder geworden dan deze al was, niet alleen in termen van klimaatbestendigheid maar ook als sociale ontmoetingsplaats waar dikwijls ook culturele activiteiten worden georganiseerd. Zo zien we dat de sociale cohesie die nodig was om het park überhaupt te ontwikkelen leidt tot een versterking van deze cohesie.

Zo bezien is het park in *deze wijk* een groot succes. Hoewel het natuurlijk verleidelijk is om lokale succesverhalen te vertalen naar elders, zeker wanneer deze verhalen ook nog eens een verwijzen naar idealen als autonomie en burgerinitiatief, is het belangrijk om te kijken naar de condities die bepalend zijn voor het succes van dergelijke initiatieven. Het is niet vanzelfsprekend dat een initiatief als het Truus Mastpark in andere wijken ook van de grond komt. Als een gemeente voor het klimaatbeleid vooral vertrouwt op de capaciteiten en het organiserend vermogen van de bewoners, dan kunnen sommige wijken er wel eens bekaaid vanaf komen. Zijn deze condities wel aanwezig en zo niet, is het dan niet veel belangrijker om eerst deze condities te scheppen voordat bewoners verantwoordelijkheid krijgen voor hun wijk?

Kortom, een veerkrachtbenadering roept vragen op over wie er moet handelen en wie ervan profiteren (Meerow, Newell, & Stults, 2016), over wie er een verantwoordelijkheid of ruimte krijgt om te handelen (Hegger, Mees, Driessen, & Runhaar, 2017) en wat er binnen ieders mogelijkheden ligt (Doorn, 2016a). Als er niet gekeken wordt naar deze 'wie-vragen' kan een veerkrachtbenadering onwenselijke ongelijkheden creëren en bestaande kwetsbaarheden in stand houden of zelfs versterken (Béné et al., 2017; Davoudi, 2012; Doorn, 2017).

3. Samenwerking

Ik heb hierboven een onderzoeksagenda geschetst. Ik laat graag zien via welke projecten ik vormgeef aan deze onderzoeksagenda en met welke mensen ik dat doe, want elke onderzoeker weet dat onderzoeksplannen niet in een vacuüm ontstaan en al helemaal niet uit de geest van één persoon ontspruiten.

In het *Values4Water*-project[4] zoeken we naar methoden om te zorgen voor een betere participatie van burgers in de besluitvorming rondom waterprojecten. Wij richten ons daarbij speciaal op de rol die waarden spelen, bijvoorbeeld de waarde ecologie in het probleem van de medicijnresten in het afvalwater (Pigmans, Doorn, Aldewereld, & Dignum, 2017).

[4] In het Values4Water-project werk ik samen met Klara Pigmans, Virginia Dignum en Huib Aldewereld.

In het *Frugal innovations and Responsible Entrepreneurship*-project[5] kijken we hoe inclusieve business modellen ervoor kunnen zorgen dat mensen in waterschaarse landen toegang kunnen krijgen tot schoon drinkwater (Howell, van Beers, & Doorn, 2018).

In het *Crowd-Based Innovations*-project[6] onderzoeken we hoe sociale innovaties in de water-, energie- en logistieksector een transitie van verantwoordelijkheden met zich meebrengen en wat de impact hiervan is op belangrijke publieke waarden (Cuppen, Klievink, & Doorn, forthcoming; Slot, Cuppen, Doorn, Galeano Galvan, & Klievink, 2017).

In het *IN-WOP*-project[7] gaan we kijken hoe we in de watersector tot een betere allocatie van schaars water kunnen komen als we gebruik maken van *many objective*-optimalisatie.

In het *EUReCA*-project[8] zullen we de ideeën op het gebied van veerkracht en klimaatadaptatie verder uitwerken.

Onderzoek naar veerkracht zal ik komende jaren ook veel kunnen doen in het kader van het *4TU.Centre for Resilience Engineering* en het *DeSIRE*-project[9].

Daarnaast prijs ik me gelukkig dat ik ook de gelegenheid krijg om samen te werken in projecten die niet specifiek gericht zijn op water. Zo biedt het *Smart Energy Systems*-project[10] mij de gelegenheid om meer inzicht te krijgen in de institutionele kant van de energiesector (Milchram, Van der Kaa, Doorn, & Künneke, 2018; Milchram, Van der Kaa, Hillerbrand, Doorn, & Künneke, 2018).

Het *BRIDE*-project[11] biedt mij een mooie inkijk in de 'design' kant van veerkracht.

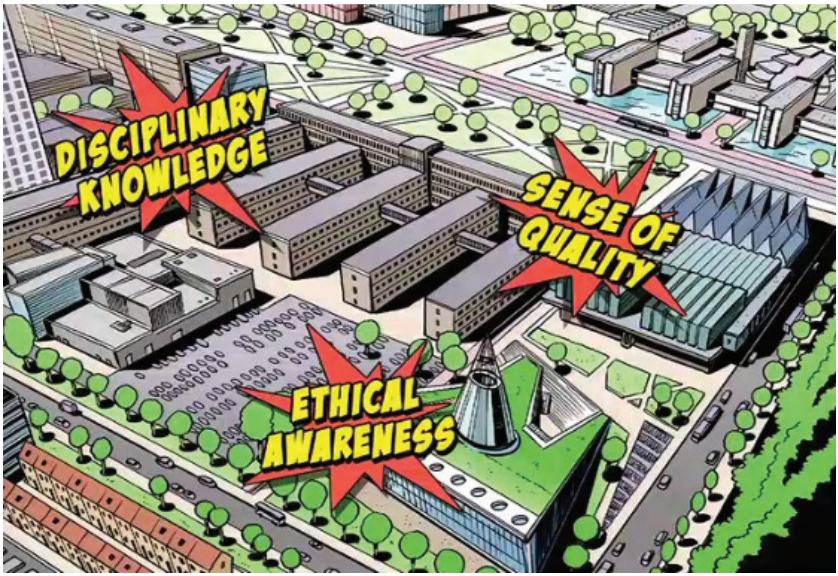
Met Niek Mouter, tenslotte, richt ik mij op de vraag hoe we de stem van de burger een grotere plaats kunnen geven in de afweging van verschillende beleidsopties in het waterbeheer.

[5] In het Frugal Innovations and Responsible Entrepreneurship-project werk ik samen met Rachel Howell, Cees van Beers, Peter Knorringa, Elsie Onsongo en Haye Hazenberg.
[6] In het Crowd-Based Innovations-project werk ik samen met Thijs Slot, Maria Galeano Galvan, Eefje Cuppen en Bram Klievink.
[7] In het IN-WOP-project werk ik samen met onder anderen Jan Kwakkel.
[8] In het EUReCA-project werk ik samen met Udo Pesch, Samantha Copeland, Jose Carlos Cañizares Gaztelu en Lieke Brackel.
[9] In het DeSIRE-project werk ik samen met onder anderen Tina Comes.
[10] In het Capturing the Societal Value of Smart Energy Systems-project werk ik samen met Christine Milchram, Rolf Künneke, Geerten van de Kaa en Rafaela Hillerbrand.
[11] In het BRIDE-project werk ik samen met onder anderen Kars Alfrink, Gerd Kortuem en Michael Nagenborg.

4. Onderwijs

Met Niek Mouter is het een kleine stap naar onderwijs. Veel van het onderzoek dat wij doen komt voort uit het gezamenlijk begeleiden van afstudeerders.

Verbonden aan de Sectie Ethiek en Filosofie van de Techniek was ik tot vorig jaar nauw betrokken bij het serviceonderwijs voor studenten van andere faculteiten, met name ethiek maar ook methodologievakken. Het is de expliciete wens van het College van Bestuur dat alle studenten van de TU Delft een ethiekcomponent in hun opleiding hebben; dit geldt zowel voor bachelor-studenten als voor master-studenten. Ethiek is onderdeel van de zogenaamde *T-shaped*-ingenieur: voldoende breed maar specialist op zijn of haar vakgebied. Ook tijdens de opening van het huidige academisch jaar kwam dit terug. De opening stond in het teken van superheroes. Vice-Rector Magnificus professor Mudde drukte het als volgt uit: “We expect you to have three important qualifications” en ethisch bewustzijn was een van deze drie ‘superpowers’ waar TU-studenten naar moeten streven (Figuur 8).



Figuur 8: Presentatie van professor Mudde tijdens Opening Academic Year ceremonie op 3 september 2018.

Nu gaat er van die breedte van dat *T-shaped*-profiel soms ook een aanzuigende werking uit: zouden onderwerpen als ondernemerschap of bedrijfskunde niet ook verplicht onderdeel moeten uitmaken van het curriculum van iedere

ingenieur? Ik denk dat we hier keuzes moeten durven maken: niet iedere afgestuurde begint een start-up, niet iedere afgestuurde ambieert een positie als CEO. We moeten oppassen dat de verbreding niet ten koste gaat van de verdieping. En dit vind ik misschien nog belangrijker: we moeten ervoor zorgen dat de studenten de studieonderdelen die we aanbieden in het kader van die verbreding wel herkennen als behorend tot de kern van de studie.

Dit dwingt ons om na te denken over hoe we deze verbreding integreren in het onderwijs en welke inhoud daarbij past, en welke vakken we verplicht stellen voor wie. Juist ook bij opleidingen met een sterke monodisciplinaire basis moeten we misschien gaan denken in termen van ingenieursprofielen of –rollen: een ingenieur met een onderzoeksprofiel, een ingenieur met een ontwerpprofiel, een ingenieur met een ondernemersprofiel. Het zou mooi zijn als we de vakken die voor de benodigde breedte moeten zorgen mede kunnen afstemmen op deze profielen. Om bij het serviceonderwijs van mijn eigen sectie te blijven, voor studenten met een onderzoeksprofiel zouden we een cursus Onderzoeksethiek kunnen opzetten, voor de toekomstige ontwerper een cursus Waardenbewust Ontwerpen, voor de toekomstige ondernemer een cursus Bedrijfsethiek. Keuzes vereisen lef, maar zonder keuzes ben ik bang dat de verbredingsvakken de verbinding met de kern van de opleiding verliezen.

Sinds 1 september dit jaar ben ik Directeur Onderwijs van de Faculteit Techniek, Bestuur en Management en veel mensen vragen mij naar mijn visie op onderwijs. Mensen vragen mij wat ik allemaal anders ga doen, wat ik wil verbeteren. Gaandeweg merk ik dat ik steeds meer moeite heb met de vraag ‘wat anders moet’. Als Directeur Onderwijs krijg ik juist ook veel meer inzicht in al die dingen die heel goed gaan. Ik zie betrokken studenten die actief zijn bij *Curius* of een van de medezeggenschapsorganen en die actief meedenken over onderwijskwaliteit. Ik zie een afdeling Onderwijs- en Studentenzaken (O&S) die onder steeds lastiger randvoorwaarden de organisatie van het onderwijsproces goed op de rit houdt. Ik zie opleidingsdirecteuren die met toewijding hun curriculum verbeteren. Soms lijkt het streven naar onderwijskwaliteit of excellentie gelijk te worden gesteld met benadrukken wat fout gaat: vergissingen in de roostering van zalen, studenten die zich te laat inschrijven. Natuurlijk, er gaat wel eens iets mis. Maar in mijn nieuwe rol zie ik vooral ook heel veel dingen erg goed gaan. En niet alleen ik, ook MIT heeft recent de TU Delft genoemd als een onderwijsinstelling waarmee het zich wil benchmarken (Graham, 2018).

Ik had het eerder al over veerkracht – *resilience* in het Engels – als benadering in de veiligheidskunde. Een van de uitgangspunten van *resilience engineering* is dat we niet zozeer moeten leren van fouten, maar juist van zaken die goed

gaan, van succes (Doorn, 2019). In analogie daarmee zou ik graag meer een *resilience engineering*-mentaliteit zien in het onderwijs. Laten we proberen te leren van wat goed gaat.

Leren van succesverhalen betekent niet zelfgenoegzaam achterover leunen: ga eens kijken naar het college van die docent over wie studenten enthousiast zijn en probeer te achterhalen waar dat succes in zit; kom naar bijeenkomsten in het Teaching lab over bijvoorbeeld onderwijsinnovatie; sta na een werkgroep even stil waarom de chemie met de studenten dit keer zo goed was en wat je daarvan kan meenemen naar volgende bijeenkomsten. Ik hoop als Directeur Onderwijs bij te dragen aan een sfeer waarin we als docenten willen en durven leren van elkaar.

5. Dankwoord

Graag sluit ik af met een woord van dank, waarbij het bij voorbaat al onmogelijk is om iedereen die ik een woord van dank verschuldigd ben ook daadwerkelijk te noemen.

In de eerste plaats wil ik Theun Baller en Hans Wamelink bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen. Theun Baller was waarnemend decaan van onze faculteit en hij heeft mijn benoeming in gang gezet. Hans Wamelink was decaan toen de benoeming enkele maanden daarna rond was. Daarnaast wil ik het College van Bestuur danken voor het opnemen van mij in het Delftse corps van hoogleraren en voor mijn benoeming als Antoni van Leeuwenhoek hoogleraar.

Binnen mijn eigen afdeling wil ik graag Ibo van de Poel en Sabine Roeser bedanken. Ik herinner me nog dat ik voorjaar 2006 bij jullie langskwam om te informeren naar mogelijke promotieplaatsen op het snijvlak van techniek en filosofie. Ik had niet durven dromen dat ik twaalf en een half jaar later een tekst zou moeten bedenken voor een dankwoord in een oratie en ik had al helemaal niet kunnen weten hoe moeilijk het zou zijn om een dankwoord te schrijven dat recht zou doen aan alles wat jullie afgelopen jaren voor mij betekend hebben. Jullie hebben mij op zo veel verschillende manieren gesteund in mijn carrière; ik kan alleen maar hopen dat ik een vergelijkbare rol kan spelen voor anderen.

Dan mijn andere collega's, zowel binnen de sectie als de rest van de faculteit en de universiteit, als ook binnen het *4TU.Centre for Ethics and Technology*. Ik zeg vaak dat het makkelijker is om stom werk te doen met leuke collega's dan andersom. Ik hoop dat ik duidelijk heb kunnen maken dat ik heel leuk werk doe. Ik prijs me enorm gelukkig dat ik dit leuke werk doe met leuke, inspirerende

collega's. En hoewel het hier al helemaal onmogelijk is om iedereen te noemen, wil ik toch graag Nathalie van den Heuvel persoonlijk noemen. Dank voor alle support en ondersteuning die je biedt.

Mijn oratie vandaag is niet alleen ter aanvaarding van de leerstoel *Ethics of water engineering*, maar ook ter aanvaarding van de leeropdracht *Humanisme in relatie tot techniek en klimaatverandering* vanuit de Stichting Socrates. Ik dank de Stichting Socrates en ik zie uit naar een prettige samenwerking met de Stichting en met de andere Socrates-hoogleraren in het bijzonder.

Tenslotte mijn familie. Lieve papa, Petra. ik ben altijd blij en trots op de band die we met elkaar hebben. Ik zei net al hoe belangrijk het is om leuke collega's te hebben, maar een fijn nest is waarschijnlijk nog oneindig veel belangrijker. Afgelopen jaar heb ik gemerkt hoe belangrijk die band is en mensen hebben mij afgelopen jaar waarschijnlijk ook vaker dan daarvoor horen zeggen hoe enorm trots ik op jullie en onze band ben. En daar hoort ma ook bij!

Dan als laatste Mathilde. In het dankwoord in mijn proefschrift schreef ik al dat een proefschrift waarschijnlijk de slechtste plaats is om uit te drukken wat je voor mij betekent. Ik denk dat ik ongelijk had. Dit bedoel ik niet op een flauwe manier door hier te zeggen dat een oratie een nog net iets slechtere plek is, maar meer op de manier waarop filosofen soms een vraag kunnen pareren: de vraag wat een goede plaats is om mijn dankbaarheid te uiten is niet de juiste vraag om te stellen. Het is op een dag als deze vooral heel fijn om te kunnen eindigen met een woord van liefde. Dank je wel voor wat je voor me betekent.

Ik heb gezegd.

Referenties

Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography, 24*(3), 347-364. doi:10.1191/030913200701540465.

Adger, W. N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D. R., . . . Wreford, A. (2009). Are there social limits to adaptation to climate change? *Climate Change, 93*, 335-354.

Béné, C., Mehta, L., McGranahan, G., Cannon, T., Gupte, J., & Tanner, T. (2017). Resilience as a policy narrative: potentials and limits in the context of urban planning. *Climate and Development,* 1-18. doi:10.1080/17565529.2017.1301868.

Bichard, E., & Kazmierczak, A. (2012). Are homeowners willing to adapt to and mitigate the effects of climate change? *Climatic Change, 112*(3-4), 633-654. doi:10.1007/s10584-011-0257-8.

Chang, R. (Ed.) (1997). *Incommensurability, Incomparability, and Practical Reason*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Chockalingam, S., Hadžiosmanović, D., Pieters, W., Teixeira, A., & van Gelder, P. (2017). Integrated Safety and Security Risk Assessment Methods: A Survey of Key Characteristics and Applications. In G. Havarneanu, R. Setola, H. Nassopoulos, & S. Wolthusen (Eds.), *Critical Information Infrastructures Security* (pp. 50-62). Cham: Springer International Publishing.

Cuppen, E., Klievink, B., & Doorn, N. (forthcoming). Governing crowd-based innovations: An interdisciplinary research agenda *Journal of Responsible Innovation,* doi:10.1080/23299460.2019.1586511.

Davoudi, S. (2012). Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice, 13*(2), 299-307. doi:10.1080/14649357.2012.677124.

De Bruijn, J. A., & Herder, P. M. (2009). System and Actor Perspectives on Sociotechnical Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 39*(5), 981-992. doi:10.1109/TSMCA.2009.2025452.

De Vriend, H. J., Van Koningsveld, M., & Aarninkhof, S. (2014). 'Building with nature': The new Dutch approach to coastal and river works. *Civil Engineering, 167*(CE1).

Deltacommissaris. (2016). *Deltaprogramma 2017: Werk aan de delta. Opgaven verbinden, samen op koers.* www.deltacommissaris.nl: Deltacommissaris.

Doorn, N. (2016a). Distributing responsibilities for safety from flooding. doi:10.1051/e3sconf/20160724002. In M. Lang, F. Klijn, & P. Samuels (Eds.), *E3S Web of Conferences: FLOODrisk 2016 - 3rd European Conference on Flood Risk Management*. Lyon.

Doorn, N. (2016b). Governance experiments in water management: From interests to building blocks. *Science and Engineering Ethics, 22*(3), 755-774. doi:10.1007/s11948-015-9627-3.

Doorn, N. (2017). Resilience indicators: Opportunities for including distributive justice concerns in disaster management. *Journal of Risk Research, 20*(6), 711-731. doi:10.1080/13669877.2015.1100662.

Doorn, N. (2018). Distributing risks: Allocation principles for distributing reversible and irreversible outcomes. Ethics, Place & Enviroment, 21(1), 96-109. doi:10.1080/21550085.2018.1448041

Doorn, N. (2019). The role of resilience in engineering. In D. M. Michelfelder & N. Doorn (Eds.), *Handbook of Philosophy of Engineering*. Oxon / New York: Routledge.

Doorn, N. (2020). *Water Ethics: An Introduction.* New York: Rowman & Littlefield.

Doorn, N., Gardoni, P., & Murphy, C. (forthcoming). A Multidisciplinary Definition and Evaluation of Resilience: The Role of Social Justice in Defining Resilience. *Sustainable and Resilient Infrastructure,* doi:10.1080/23789689.2018.1428162.

Doorn, N., & Taebi, B. (2018). Rawls's Wide Reflective Equilibrium as a method for engaged interdisciplinary collaboration: Potentials and limitations for the context of technological risks. *Science, Technology & Human Values, 43*(3), 487-517. doi:10.1177/0162243917723153

Field, C. B., Barros, V. R., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Aalst, M. v., Adger, W. N., . . . Yohe, G. W. (2014). Technical Summary. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 35-94). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Folke, C. (2006). Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change, 16*(3), 253-267.

Ghosh, S., & Das, A. (2018). *Modelling urban cooling island impact of green space and water bodies on surface urban heat island in a continuously developing urban area. Modeling Earth Systems and Environment, 4*(2), 501-515. doi:10.1007/s40808-018-0456-7.

Gleick, P. H. (1994). Water and Energy. *Annual Review of Energy and the Environment, 19*(1), 267-299.

Graham, R. (2018). *The Global State of the Art in Engineering Education [MIT - New Engineering Education Transformation].* Cambridge, MA: MIT | Massachusetts Institute of Technology.

Hegger, D. L. T., Mees, H. L. P., Driessen, P. P. J., & Runhaar, H. A. C. (2017). The Roles of Residents in Climate Adaptation: A systematic review in the

case of the Netherlands. *Environmental Policy and Governance, 27*(4), 336-350. doi:10.1002/eet.1766.

Herslund, L., Backhaus, A., Fryd, O., Jørgensen, G., Jensen, M. B., Limbumba, T. M., . . . Yeshitela, K. (2017). Conditions and opportunities for green infrastructure – Aiming for green, water-resilient cities in Addis Ababa and Dar es Salaam. *Landscape and Urban Planning.* Volume 180, 319-327. doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.10.008.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics, 4.*

Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management.* Farnham, UK: Ashgate.

Houghton, J. T., Jenkins, G. J., & Ephraums, J. J. (Eds.). (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Report Prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Howell, R., van Beers, C., & Doorn, N. (2018). Value capture and value creation: The role of information technology in business models for frugal innovations in Africa. *Technological Forecasting and Social Change, 131*, 227-239. doi:10.1016/j.techfore.2017.09.030

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].* Geneva, Switzerland: IPCC.

Johnson, C. L., & Priest, S. J. (2008). Flood risk management in England: A changing landscape of risk responsibility? *International Journal of Water Resources Development, 24*(4), 513-525. doi:10.1080/07900620801923146.

Kasprzyk, J. R., Reed, P. M., & Hadka, D. M. (2016). Battling Arrow's Paradox to Discover Robust Water Management Alternatives. *Journal of Water Resources Planning and Management, 142*(2), 04015053. doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000572.

KNMI. (2018). *Dagwaarden neerslagstations*. https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen (station 449; data gedownload op 2 mei 2018): Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.

Kroes, P., Franssen, M., Van de Poel, I. R., & Ottens, M. (2006). Treating socio-technical systems as engineering systems. *Systems Research and Behavioral Science, 23*(6), 803-814.

MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis [Millennium Ecosystem Assessment].* Washington, DC.

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning, 147*, 38-49.

Milchram, C., Van der Kaa, G., Doorn, N., & Künneke, R. (2018). Moral Values

as Factors for Social Acceptance of Smart Grid Technologies. *Sustainability, 10*(2703), 1-23. doi:10.3390/su1008270.

Milchram, C., Van der Kaa, G., Hillerbrand, R., Doorn, N., & Künneke, R. (2018). Energy justice and smart grid systems: Values in public debates in the UK and the Netherlands. *Applied Energy, 229*, 1244-1259. doi:10.1016/j.apenergy.2018.08.053.

Mouter, N., De Geest, A., & Doorn, N. (2018). A values-based approach to energy controversies: Value-sensitive design applied to the Groningen gas controversy in the Netherlands. *Energy Policy, 122*(November), 639-648.

Nye, M., Tapsell, S., & Twigger-Ross, C. (2011). New social directions in UK flood risk management: moving towards flood risk citizenship? *Journal of Flood Risk Management, 4*(4), 288-297.

OECD. (2014). *Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future?* Paris: OECD Publishing.

PBL. (2012). *Veerkracht waar mogelijk. Ontwerpend onderzoek voor Klimaatbestendig Nederland (https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/115023/veerkracht_waar_mogelijk.pdf)*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL. (2016). *Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied [PBL-publicatienummer: 1064]*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Pesch, U., Bombaerts, G. J. T., Huijts, N., Doorn, N., & Hunka, A. D. (forthcoming). Creating 'local publics': Responsibility and involvement in decision-making on technologies with local impacts. *Science and Engineering Ethics.*

Peters, J. J. (1997). Het Actieplan tegen Overstromingen in Bangladesh. *Bulletin des Séances Academie Royale des Sciences D'Outre-Mer / Mededelingen der Zittingen Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen, 43*(2), 217-238.

Pigmans, K., Doorn, N., Aldewereld, H., & Dignum, V. (2017). Decision-making in water governance: from conflicting interests to shared values. In L. Asveld, R. Van Dam-Mieras, T. Swierstra, S. Lavrijssen, K. Linse, & M. J. Van den Hoven (Eds.), *Responsible Innovation 3* (pp. 165-178). Dordrecht: Springer.

Pradhan, R., & Meinzen-Dick, R. S. (2010). Which rights are right? Water rights, culture, and underlying values. In P. G. Brown & J. J. Schmidt (Eds.), *Water Ethics: Foundational Readings for Students and Professionals* (pp. 39-58). Washington: Island Press.

Prasad, N., Ranghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., & Sinha, R. (2009). *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters.* Washington, DC: World Bank.

RWS. (2017). Naar een betere ecologische waterkwaliteit: *KRW-jaarrapportage 2016*. www.rijkswaterstaat.nl: Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Saeijs, H. L. F., Smits, T. J. M., Overmars, W., & Willems, D. (Eds.). (2004). *Changing Estuaries, Changing Views [http://repub.eur.nl/res/pub/1850/ESM-2004-005.pdf].* Rotterdam / Nijmegen: Erasmus University / Radboud University.

Slot, T., Cuppen, E., Doorn, N., Galeano Galvan, M., & Klievink, B. (2017). Crowd-based innovaties: Verschuivende verantwoordelijkheden in een institutional void. *Bestuurskunde 26 (3), 26(3),* 31-42.

Van den Hoven, M. J., Doorn, N., Koops, B.-J., Romijn, H., & Swierstra, T. (Eds.). (2014). *Responsible Innovation Volume 1: Innovative Solutions for Global Issues.* Dordrecht: Springer.

Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society, 11*(1), 1-13.

TU Delft
Faculteit Techniek, Bestuur en Management

Jaffalaan 5
2628 BX Delft

T: +31 (0)15 27 89801

https://www.tudelft.nl/tbm/