Veerkracht als strategie voor klimaatadaptatie onder onzekerheid

Onderzoek aan de hand van de casus 'het buitendijks gebied van gemeente Rotterdam'

Arie de Jong



Utrecht University
Copernicus Institute
Department of Science, Technology and Society

NWS-E-2008-301
ISBN 978-90-8672-035-4
July 2008

Dit rapport is geschreven in opdracht van het Copernicus Instituut.
Het draagt daarnaast bij aan 'Klimaat voor Ruimte' project IC10.

Verslag onderzoeksstage
M.Sc. Earth System Science

Report NWS-E-2008-301
ISBN: 978-90-8672-035-4

Utrecht, juli 2008

Contactpersoon: Arie de Jong
E-mail: a.dejong1@uu.nl

Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation
Department of Science Technology and Society (STS)
Heidelberglaan 2
3584 CS Utrecht
The Netherlands
Tel.: +31-30-2536466
Fax: +31-30-2537601

Veerkracht als strategie voor klimaatadaptatie onder onzekerheid

Onderzoek aan de hand van de casus 'het buitendijks gebied van gemeente Rotterdam'

Arie de Jong

Begeleiders:

J.E.M. Klostermann
Earth System Science-Climate Change
Wageningen UR-Alterra

J.P. van der Sluijs
Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling en Innovatie
Universiteit Utrecht

J.A. Wardekker
Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling en Innovatie
Universiteit Utrecht

J.M. Knoop
Landbouw en Duurzaamheid-Landelijk Gebied
Milieu- en Natuurplanbureau



Copernicus Institute
Research Institute for Sustainable Development and Innovation



WAGENINGEN UR
For quality of life

Voorwoord

'Hoewel het noodzakelijk is twijfel te koesteren bij
iedere daad die we stellen, is het even noodzakelijk
daden te stellen alsof er in de wereld geen twijfel bestond.'
Amos Oz, Mijn Michaël

Voor u ligt het verslag van mijn onderzoeksstage. Een onderzoek naar veerkracht als adaptieve strategie met het oog op toekomstige klimaatverandering. Deze scriptie is gerealiseerd in het kader van de stage in het curriculum van de master Earth System Science aan Wageningen Universiteit en Researchcentrum. Na een afstudeerscriptie geschreven te hebben over de onzekerheden en risico's rondom de toekomst van de Thermohaline Circulatie, wilde ik conceptueel doorgaan op de (bronnen van) onzekerheden die ik tegenkwam. Dr. J.P. van der Sluijs van het Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling en Innovatie was bereid mij te begeleiden bij een onderzoeksstage.

Mijn begeleiders wil ik bedanken voor de tijd die ze in dit onderzoek gestoken hebben: dr. J.E.M. Klostermann (Wageningen UR, Earth System Science-Climate Change), dr. J.P. van der Sluijs (Universiteit Utrecht, Copernicus Instituut), drs. J.A. Wardekker (Universiteit Utrecht, Copernicus Instituut) en dhr. J.M. Knoop (Milieu- en Natuurplanbureau). Hartelijk bedankt voor jullie vragen en adviezen: ik ben sinds deze scriptie meer wegwijs in de structuur en bronnen van onzekerheid, en de mogelijkheid tot adequate adaptatiestrategieën.

Conclusies zijn de vinden in het eensluidende hoofdstuk; het citaat uit één van de boeken van Amos Oz kende ik al voor ik met deze stage begon, beter is de conclusie van deze stage niet te verwoorden.

Utrecht, juli 2008
Arie de Jong

Samenvatting

Veerkracht wordt gedefinieerd als *de capaciteit van een systeem om verstoring te tolereren zonder dat het systeem omslaat naar een kwalitatief andere, meestal ongewenste, moders,* met als karakteristieken:

- de hoeveelheid verandering die een systeem kan ondergaan en desondanks de controle behoudt over haar functies en structuur;
- de mate waarin een systeem in staat is tot zelforganisatie;

Veerkracht dient in deze benadering gezien te worden als één specifieke factor die van invloed is op adaptieve capaciteit; adaptieve capaciteit behelst ondermeer de derde karakteristiek die vaak gereserveerd wordt voor veerkracht: 'het vermogen te leren en de aanpassingscapaciteit (*i.e. van het systeem)* te vergroten'.

Eigenschappen van veerkracht die in de wetenschappelijke literatuur voorkomen zijn: homeostasis, omnivory, hoge flux, flatness, buffervermogen en redundancy.
Wanneer onzekerheid een belangrijke rol speelt is het uiteindelijke doel bij het nemen van beslissingen het voorkomen van verrassingen bij ongewenste impacts en niet het uitstellen van beslissingen in de hoop dat onzekerheid opgelost of verkleind wordt door verder onderzoek. Bronnen van onzekerheid omvatten statistische onzekerheid, scenario onzekerheid en onbepaaldheid (risico niet in te schatten of volledig onbekende risico's). De veerkrachtbenadering zet juist in op mogelijke impacts en onderzoekt hiervoor de mogelijke verstoringen bij deze verschillende onzekerheden. Er is vooraf geen optimum oplossing bekend door de aanwezigheid van onzekerheden; een veerkrachtig systeem is ingesteld op verstoringen vanuit diverse (bekende en onbekende) bronnen. Het te definieren systeem is nooit af maar permanent in wisselwerking met de toekomst.

In de casus betreffende het buitendijkse gebied van Rotterdam is de veerkrachtbenadering geoperationaliseerd. Gemeente Rotterdam heeft plannen om na de verhuizing van de stadshavens naar de tweede Maasvlakte (vanaf 2013) het gebied wat in het centrum van de stad vrijkomt stedelijk in te richten. Verschillende gevolgen van klimaatverandering die (mogelijk) gaan spelen in het gebied van de casus zijn hittestress, wateroverlast en stormschade. Deze gevolgen werden in het onderzoek verder uitgewerkt middels scenario analyse. Bovendien zijn enkele wildcards opgenomen, waaronder een stop van de Thermohaline Circulatie en malariagevallen in de Rotterdamse haven.
Veerkracht als adaptieve strategie voor het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam zet in op de impacts van bovengenoemde verstoringen. Voor de diverse functies van het gedefinieerde systeem (ondermeer wonen, werken, recreëren, culturele functie/toerisme) is geanalyseerd hoe de veerkracht van deze functie vergroot kan worden. Drie belangrijke

oplossingsrichtingen uit de analyse onderscheiden de veerkrachtbenadering: nl. thema's, tijdschaal en zelfredzaamheid.

Inhoudsopgave

Voorwoord			5
Samenvatting			7
1.	Inleiding		
	1.1	Context probleemstelling	11
	1.2	Doelstelling	12
	1.3	Onderzoeksvragen	12
	1.4	Methode	13
	1.5	Leeswijzer	14
2.	Veerkracht		
	2.1	Introductie	15
	2.2	Definiëring van het onderzoek	17
	2.3	Indicatoren	17
	2.4	Stedelijke veerkracht	17
3.	Onzekerheid		
	3.1	Introductie	19
	3.2	Het verwerken van onzekerheid in een veerkrachtbenadering	21
	3.3	Statistische onzekerheid	22
	3.4	Scenario onzekerheid	22
	3.5	Erkende onzekerheid en verrassingen	22
	3.6	Stakeholder participatie en onzekerheid	23
	3.7	Zes principes van veerkracht en onzekerheid	23
4.	Casus Veerkracht in het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam		
	4.1	Onderwerp	25
	4.2	Locatie/ geografische schaal	26
	4.3	Tijdschaal	27
	4.4	Actoren	27
	4.5	Functies	28
	4.6	Klimaatgerelateerde verstoringen	29
	4.7	Extra analyse: scenario analyse	33
	4.8	Extra analyse: onwetendheid	37
	4.9	Veerkracht voor de diverse functies	39
	4.10	Veerkracht en onzekerheid	46

4.11 Kosten 47
4.12 Tijdschaal implementatie 48

5. Discussie
5.1 Methode 49
5.2 Mentaliteitsverandering 49
5.3 Veerkracht als ecologisch concept 49
5.4 Oplossingsrichtingen 50
5.5 Kosten 51
5.6 Overig 51

6. Conclusies en aanbevelingen
6.1 Veerkracht en onzekerheid 53
6.2 Casus Buitendijks bebouwd gebied in Rotterdam 54
6.3 Aanbevelingen 55

Figuren en tabellen 57

Bijlage I Beschrijving Buitendijks gebied Rotterdam 59
Bijlage II Watersysteem 63
Bijlage III Briefingnote workshop 67

Referenties 71

1 Inleiding

Wetenschappers zijn het er in het algemeen over eens dat het klimaat verandert en verder gaat veranderen. Hiervandaan wordt er veel onderzoek gedaan om inzicht te krijgen in de mechanismes achter ons klimaat. Onderzoekers vanuit diverse disciplines werken hierbij samen en een groot aantal onderzoeksprogramma's zijn reeds opgezet om meer inzicht te krijgen in de manier waarop het klimaat zal veranderen op mondiale, regionale en lokale schaal. Ondanks deze inspanningen blijven veel eigenschappen van het systeem Aarde en de talloze processen en parameters die van belang zijn bij het tot stand komen en veranderen van een bepaald klimaat (deels) onbegrepen, en de onzekerheid over binnen de huidige mate van inzicht als ook over het toekomstig gedrag van het klimaat blijven groot. Ondanks deze onzekerheden wordt het niet verstandig geacht te wachten met het nemen van mitigerende en adaptieve maatregelen.
Als het gaat over klimaatbeleid focusten beleidsmakers tot voor kort vooral op het tegengaan van klimaatverandering**,** maar een adequaat adaptatiebeleid is hoog nodig. Om verschillende redenen moet over adaptatieve maatregelen nu of in de nabije toekomst besloten worden, en de tijd schiet te kort om meer onderzoek te doen om bestaande onzekerheid te verkleinen. Hier komt nog bij dat sommige onzekerheden over het systeem Aarde niet op te lossen zijn. Een adequate omgang met de bestaande onzekerheden is vereist.

1.1 Context en probleemstelling

Dessai en Van der Sluijs (2007) onderscheiden, naast een gecombineerde benadering, twee verschillende strategieën om onzekerheid te verwerken in beleidsprocessen: een top down benadering en een bottom-up benadering.
Binnen een top down, voorspellingsgerichte benadering dienen risico's adequaat gekwantificeerd te worden om tot verantwoorde risicobeslissingen te komen. Verschillende frameworks bestaan om de toekomst van een systeem (bijv.: het mondiale klimaat) te voorspellen en een groot aantal tools is ontwikkeld om risico's te karakteriseren en over te brengen. In beleidsprocessen wordt deze top-down benadering veelvuldig toegepast. De toekomst wordt zo accuraat mogelijk voorspeld/benaderd en wanneer onzekerheden bestaan is onderzoek nodig om deze onzekerheden te verkleinen. Voor bijvoorbeeld het mondiale klimaat zijn scenario's ontwikkeld om de onzekerheid die er is te bestrijken, en nieuw onderzoek wordt uitgezet om de bandbreedte van deze scenario's te kunnen verkleinen.
Een bottom-up benadering zet in op de capaciteit van het systeem zelf om om te gaan met verstoring (bijv. verstoringen als gevolg van verandering in het klimaat). De nadruk ligt vooral op de karakteristieken van het te onderzoeken systeem, en de (mogelijke) impact van een verstoring op haar functies. Binnen een bottom-up benadering wordt getracht de

adaptieve capaciteit van een systeem te vergroten om zo minder kwetsbaar te zijn voor verstoringen. Ook voor deze strategie bestaan verschillende frameworks, en gedeeltelijk kunnen dezelfde tools worden gebruikt als in een top-down benadering.
De strategie van het nationaal programma Adaptatie ruimte en klimaat (ARK) met de maatschappelijke, bestuurlijke en ruimtelijke aanpassingen die nodig zijn om Nederland klimaatbestendig te maken heeft als basis de vier klimaatscenario's die het KNMI in mei 2006 uitbracht. Deze klimaatscenario's schetsen ieder een verschillend toekomstbeeld voor 2050, op basis van verschillende aanname's. Twee leidende principes bij het omgaan met onzekerheden en het verminderen van de kwetsbaarheden voor extreme omstandigheden zijn geformuleerd in de beleidsnota Maak Ruimte voor Klimaat! (VROM 2007): 1) risicobeheersing en 2) herstel natuurlijke processen. Expliciet wordt duidelijk gemaakt dat wetenschappelijk inzicht en begrip van toekomstige veranderingen van ons klimaat de hoeksteen in beleidsbepalende processen dient te zijn, in plaats van voort te bouwen op ervaringen vanuit het verleden (een strategie die bijvoorbeeld eeuwenlang leidend was bij het nadenken over waterveiligheid). De benadering binnen het nationaal programma is een top down benadering; er zijn echter ook initiatieven en (kleinschalig) onderzoek naar adaptatie binnen een bottom-up benadering.
Deze scriptie plaatst zichzelf in deze laatste categorie. Het doel is om meer inzicht te krijgen in de manier waarop onzekerheden behandeld en verwerkt worden binnen de bottom-up benadering, uitgewerkt voor één van de frameworks die hieronder vallen: de veerkrachtbenadering. Deze benadering wordt geoperationaliseerd in een casus. Voor deze casus is contact gezocht met verschillende gemeenten; op verzoek van de gemeente Rotterdam is uiteindelijk gekozen voor een gebied waarvoor men zelf bezig is met het vinden van een adequate adaptieve oplossingsrichting: het te bebouwen buitendijks gebied op het terrein van de (voormalige) stadshavens in het centrum van de stad.

1.2 Doelstelling

De doelstelling voor dit onderzoek is tweeledig:

1) Inzicht verkrijgen in de concepten veerkracht en onzekerheid; inzicht krijgen hoe een veerkrachtbenadering omgaat met onzekerheden betreffende de toekomst;
2) De veerkrachtbenadering operationaliseren in een casus: het te bebouwen buitendijkse gebied van Rotterdam.

1.3 Onderzoeksvragen

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Wat is veerkracht? Hoe wordt het gedefinieerd en gebruikt in de literatuur? Wat zijn de karakteristieken van veerkracht?

2. Wat is onzekerheid? Hoe kunnen bronnen van onzekerheid geclassificeerd worden?
3. Hoe kan een veerkrachtbenadering omgaan met onzekerheden?
4. Wat zijn de essentiële functies van het buitendijks gebied van Rotterdam?
5. Welke adaptieve maatregelen worden binnen de veerkrachtbenadering voorgesteld bij de (her)inrichting van het gebied?

1.4 Methode

Deze vragen zijn beantwoord met behulp van literatuuronderzoek, interviews met diverse belanghebbenden in het buitendijks gebied van Rotterdam en een workshop. Voor het beantwoorden van de eerste drie onderzoeksvragen werd gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur en enkele werkboeken van de Resilience Alliance. Voor het beantwoorden van de vragen vier en vijf zijn vooral documenten van de gemeente Rotterdam gebruikt; hiernaast zijn enkele interviews gehouden die verwerkt zijn in de hfd 4 en 5 (input van de geïnterviewden is weergegeven met hun initialen achter het betreffende gedeelte) en een workshop waar enkele van de geïnterviewden aanwezig waren, als ook enkele vertegenwoordigers van diverse kennisinstituten.
Deze scriptie is een voorstudie waarin de methodiek kwalitatief wordt getoetst en geoperationaliseerd. Om volledig te zijn zouden de onderzoeksvragen ook kwantitatief getoetst moeten worden (met behulp van bijv. indicatoren voor veerkracht); dit is echter niet gebeurd, vooral door de tijd die de kwalitatieve analyse zelf al kostte.

De vijf interviews zijn gehouden op:

15 jan 2008, Walter de Vries, dS+V Rotterdam, stadsontwerper gemeente Rotterdam
30 jan 2008, Dick van den Bergh, provincie Zuid-Holland, senior advisieur water en waterveiligheid
7 feb 2008, Luit de Haas, dS+V Rotterdam, departement Wonen
12 feb 2008, Joost Lankester, Gemeentewerken Rotterdam, ingenieur water en water-veiligheid
13 feb 2008, Wim Egberts, dS+V Rotterdam, jurist

Hiernaast is op 19 maart een workshop gehouden waaraan dhr. Lankester and dhr. Egberts deelnamen; hiernaast dhr. P. de Greef (dS+V Rotterdam), dhr. J. Knoop (Natuur- en Milieuplanbureau), mevr. J. Klostermann (Wageningen University), dhr. G. Groen (KNMI), dhr. J. de Boer (Universiteit van Amsterdam) and dhr. T. Tijsseling (dS+V Rotterdam).

1.5 Leeswijzer

De hoofdstukken 2 en 3 vormen het conceptueel kader. Hoofdstuk 2 is een korte review van het begrip veerkracht met een eigen positiebepaling daarbij opgenomen. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op het begrip onzekerheid, met een terugkoppeling naar de in hoofdstuk 2 genoemde principes van veerkracht. In hoofdstuk 4 wordt de casus behandeld: het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam. De discussie vindt u in hoofdstuk 5, de scriptie wordt met een conclusie en enkele aanbevelingen afgesloten in hoofdstuk 6. Tenslotte zijn drie bijlagen opgenomen.

2 Veerkracht

2.1 Introductie

Het concept veerkracht is ontstaan binnen de ecologie ((Carpenter *et al.* 2001), (Holling 1973)) en werd gebruikt als equivalent en verklaring van stabiliteit in ecologische systemen. Algemene karakteristieken van veerkrachtige systemen, zoals beschreven in diverse artikelen en verzameld door ondermeer Newman, omvatten Systeem geheugen, Zelf organisatie (Anderies 2006), Decentrale beleidsvorming (Uitto 2006), Diversiteit (Adger 2005), Feedback systemen (Simonovic 1999), Responsive instituten (Adger 2005), en Automatisch evenwicht (Hollnagel 2006). Ten minste zes principes van veerkracht zijn vastgesteld ((Barnett 2001); (Dessai en Van der Sluijs 2007)):

- Homeostasis (een systeem houdt zichzelf in stand door middel van interne(stabiliserende) terugkoppelingen; de veerkracht van een systeem wordt vergroot wanneer alle terugkoppelingen effectief worden doorgegeven);
- Omnivory principle (verstoringen van buiten het systeem worden opgevangen door een diversificatie van (hulp)bronnen en –middelen: vitale functies zijn dan afhankelijke van een ruim aanbod van verschillende bronnen en middelen);
- High flux (een hoge flux van bronnen door het systeem verzekert een snelle mobilisatie van deze bronnen om verstoring het hoofd te kunnen bieden; meer in het algemeen: een systeem kan snel reageren op verandering);
- Flatness (de hierarchische structuur van het systeem dient niet top-zwaar te zijn; dergelijke systemen zijn minder flexibel en dus minder in staat om te gaan met onverwacht gedrag van het systeem);
- Buffering (systemen met een capaciteit die de vraag overstijgt zijn meer veerkrachtig);
- Redundancy (in- en uitwisselbaarheid van functies: wanneer een functie uitvalt kan een andere zijn taak overnemen).

Naast een concept binnen de ecologie werd veerkracht na verloop van tijd ook toegepast op natuurlijke systemen in het algemeen; nog later werd het ook gebruikt voor sociaal-economische systemen. Klein *et al.* (2004) bespreekt het gebruik van veerkracht als concept in de literatuur betreffende natuurlijke en sociaal-economische systemen. Er wordt gesteld dat het concept op twee verschillende manieren wordt gebruikt: zowel als eigenschap van een systeem als ook als paraplubegrip voor een verscheidenheid aan systeemeigenschappen. Handmer en Dovers (1996) combineert deze twee manieren door het concept in drie typen te verdelen: 1) weerstand tegen verandering, 2) verandering aan de marge en 3) openheid en adaptatie; hier wordt aan toegevoegd dat instituten en beleidsvormende processen blijven steken in veerkracht zijnde verandering aan de marge. Het concept veerkracht is in de literatuur dus niet zuiver afgebakend, en dit schept verwarring.

In hun review geeft Klein *et al.* (2004) enkele voorbeelden hoe veerkracht in de literatuur wordt gebruikt in relatie tot andere concepten. Als eerste wordt veerkracht afgezet tegen stabiliteit (zijnde de mate waarin een (eco-)systeem veranderingen kan absorberen en zichzelf toch continueren) waarbij veerkrachtige systemen eventueel onstabiel zijn en in hoge mate kunnen fluctueren. Binnen de sociale literatuur wordt het begrip veerkracht vaak verbonden aan kwetsbaarheid: veerkracht als 'de capaciteit van een systeem, of een gedeelte van haar capaciteit om risicovolle gebeurtenissen te absorberen en hiervan te herstellen' (Pelling 2003, uit Klein *et al.* 2004).
Veerkracht is samen met weerstand en blootstelling één van de belangrijke componenten van het begrip kwetsbaarheid. Kwetsbaarheid is de mate waarin een systeem gevoelig is voor, of niet bij machte om ongewenste effecten van klimaatverandering te verwerken (IPCC 2001). De Bruin (2004) haalt als belangrijk verschil tussen veerkracht en weerstand aan, waarbij veerkracht gedefinieerd wordt als het gemak waarmee een systeem herstelt van een zekere verstoring en weerstand als de mogelijkheid van een systeem om een verstoring te voorkomen. In jongere literatuur speelt vooral het verschil tussen de pro-actieve en reactieve veerkracht van een samenleving. Veerkracht wordt toegepast om de mogelijkheid van sociale systemen weer te geven om te anticiperen op nieuwe situatie, dit in tegenstelling tot ecosystemen. Hier wordt proactieve veerkracht gezien als het bovengenoemde paraplubegrip en (bijna) synoniem met adaptieve capaciteit.
Klein *et al.* (2004) bespreekt verder de interpretatie van het IPCC van het begrip adaptieve capaciteit; het heeft hier dezelfde functie als veerkracht als component van kwetsbaarheid. Aan het einde van hun studie wordt geconcludeerd dat veerkracht een concept geworden is dat breed gebruikt wordt, maar vanuit verschillende perspectieven en binnen een verschillende context. Er wordt voor gepleit veerkracht te reserveren als definitie van zekere systeemeigenschappen (nl.: a) de hoeveelheid verandering die een systeem kan ondergaan, zonder dat de controle over functies en structuur verloren gaat en b) de mate waarin een systeem in staat is zichzelf te organiseren) en adaptieve capaciteit te gebruiken als paraplubegrip. Door het op deze manier te definiëren is veerkracht direct van invloed op de adaptieve capaciteit van een systeem.
Walker en Meyers (2004) bijvoorbeeld redeneert tegengesteld (evenals binnen de definiëring van het begrip adaptieve capaciteit door de Resilience Alliantie) wanneer adaptieve capaciteit wordt gedefinieerd als het vermogen van actoren om veerkracht te beinvloeden. Om ecologische en sociaal-ecologische systemen te onderscheiden voegde de Resilience Alliantie een extra kenmerk toe: het vermogen de capaciteit om te leren en zichzelf aan te passen te bouwen en te vergroten. Transformeerbaarheid tenslotte wordt gedefinieerd (Walker en Meyers 2004) als de capaciteit om een fundamenteel ander systeem te creeëren wanneer ecologische, economische of sociale structuren het bestaande systeem onhoudbaar maken.

2.2 Definiëring voor dit onderzoek

Het concept veerkracht dient duidelijk te worden gedefinieerd en afgebakend om het toe te passen in beleidsbepalende processen. Het verduidelijkt ook het onderzoek van de casus en het formuleren van duidelijke indicatoren in een mogelijk vervolgstadium. In deze scriptie worden de aanbevelingen van Klein *et al.* (2004) gebruikt door een duidelijke conceptuele scheiding aan te brengen tussen de begrippen adapatieve capaciteit als het paraplubegrip en veerkracht als (een van) de belangrijke componenten om deze capaciteit te vergroten. Twee karakteristieken van veerkracht die in veel verschillende artikelen terugkeren zijn:

- De hoeveelheid verandering die een systeem kan ondergaan, zonder dat de controle over functies en structuur verloren gaat.
- De mate waarin een systeem in staat is zichzelf te organiseren.

Adaptieve capaciteit behelst hiernaast 'het vermogen zich voor te bereiden op schadelijke gebeurtenissen, als ook het implementeren van technische maatregelen voor, tijdens en na dergelijke gebeurtenissen' (Klein *et al.* 2004) en heeft op deze manier de derde karakteristiek van veerkracht, zoals gegeven door o.m. de Resilience Alliantie in zich: 'het vermogen de capaciteit om te leren en zichzelf aan te passen te bouwen en te vergroten'. Veerkracht wordt hier conceptueel enigszins ingeperkt in verhouding tot adaptieve capaciteit, die de mogelijkheid tot een uiteindelijke verandering binnen het systeem in zich heeft. Als definitie voor veerkracht wordt gekomzen voor *de capaciteit van een systeem om verstoring te tolereren zonder om te slaan naar een kwalitatief andere, meestal ongewenste, status* (Dessai en Van der Sluijs 2007).

2.3 Indicatoren

Om het mogelijk te maken de veerkracht van een system te kwantificeren, dient de veerkracht van de onderdelen van het systeem kwantificeerbaar te zijn. Indicatoren kunnen gebruikt worden om deze veerkracht te kwantificeren en om meetbaar te maken in hoeverre (adapatieve) maatregelen de totale veerkracht van het systeem beinvloeden. Een globale set van indicatoren dient opsteld te worden die specifiek voor elk afzonderlijk systeem op maat gemaakt kunnen worden. Het onderzoek naar veerkrachtige steden begon niet heel lang geleden, er zijn specifiek hiervoor geen indicatoren bekend.

2.4 Stedelijke veerkracht

De zes hierboven vermeldde principes zijn allen afkomstig van ecologische processen en de structuren hierbinnen. Op het moment wordt veerkracht ook gebruikt om sociale systemen te duiden; mensen en natuur zijn wederzijds verbonden, veerkracht wordt gezien als een eigenschap van deze sociaal-ecologische systemen. Het onderwerp voor de casus in deze scriptie is om het veerkrachtprincipe te operationaliseren voor het

buitendijkse gebied van Rotterdam. Dit gebied dat nu gebruikt wordt voor voornamelijk de havenfunctie, wordt op termijn (her)ingericht als stedelijk gebied.
Stedelijk gebied is volkomen verschillend van een ecologisch systeem, waarop het concept veerkracht voornamelijk werd toegepast. Binnen het stedelijk gebied is de ecologische component ook niet de belangrijkste functie, hoewel het belangrijk is dat er een (stabiel) evenwicht tussen het natuurlijke en bebouwde deel van het systeem bestaat. Er wordt veel onderzoek gedaan naar de manier waarop bovenstaande principes functioneren in het stedelijk gebied en op welke manier ze kunnen worden toegepast om de veerkracht van het systeem te vergroten (onder meer door de Resilience Alliantie). Het onderzoek spitst zich toe op vier terreinen: (1) stromen van kapitaal en goederen, (2) sociale dynamiek, (3) bestuurlijke netwerken en (4) de bebouwde omgeving. Wanneer bovenstaande definitie en karakteristieken worden toegepast is enige terughoudendheid geboden bij het uitwerken van de de veerkracht de bijv. de sociale dynamiek, ten gunste van adaptieve capaciteit. Het is belangrijk dat de veerkracht van een stad zich ontwikkelt in de loop van de tijd, gekoppeld aan het beter begrijpen van het eigen systeem en de mogelijke verstoringen die op het systeem afkomen; de houding van de bevolking dient veerkrachtig te zijn: opmerkzaam op het bewoonde gebied en open naar verbeteringen daarvan. Sociale veerkracht wordt gedefinieerd als de mogelijkheid van groepen of gemeenschappen om om te kunnen gaan met externe stress en verstoring als gevolg van sociale, politieke of natuurlijke verandering (Adger 2000). Veerkracht is een specifieke systeemeigenschap en een reactief concept, en beschouwen we in dit onderzoek als atribuut van het meer proactieve en bredere concept adaptieve capaciteit.

3 Onzekerheid

3.1 Introductie

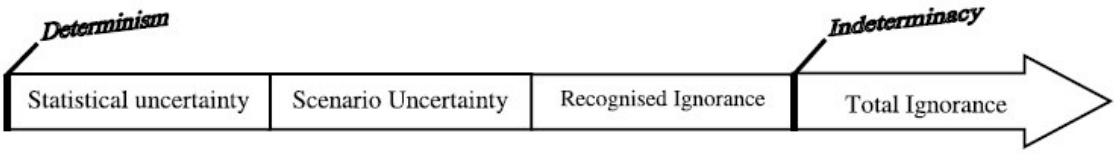
In diverse disciplines wordt onderzoek gedaan naar het systeem Aarde en haar klimaat. Het doel van onderzoek varieert van het verkrijgen van meer inzicht in de belangrijkste aandrijfmechanismen van het klimaat tot het effect van mitigerende en adaptieve maatregelen. De conclusies zijn onder meer van belang voor bestuurlijke strategieën die opgezet zijn en worden om klimaatveranderingen tegen te gaan of het hoofd te bieden. De resultaten van wetenschappelijk onderzoek zouden beleidsmakers moeten triggeren om te besluiten over adequate maatregelen, en aan de samenleving verduidelijken op welke manier ze zich in kan stellen om de ongewenste gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan.

De kennis van het systeem Aarde is echter incompleet en er bestaan grote onzekerheden over de processen waarvan gedacht wordt dat ze belangrijk zijn bij het tot stand komen van het klimaat. Dit compliceert de relatie tussen wetenschap, beleidsvorming en samenleving. Vanuit de samenleving en door beleidsmakers worden heldere uitspraken verwacht over de huidige staat van het klimaat en toekomstige trends. De wetenschap loopt echter tegen haar eigen grenzen aan wanneer het onderzoek doet naar mondiale problematiek die om adequate maatregelen vraagt. Zowel het verzamelen en interpreteren van data als ook de ontwikkeling van toekomstige scenario's brengen grote onzekerheden met zich mee. De aanwezigheid van intrinsieke onzekerheid en een adequate manier om ze integraal mee te nemen bij besluitsvorming is moeilijk over te brengen aan beleidsmakers. Hiernaast wordt de onzekerheid over de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek nog vergroot door onenigheid over de positie en grenzen van de wetenschap op zichzelf.

Walker *et al.* (2003) definieert onzekerheid in model-gebaseerde beslissingsprocedures die met onzekerheid temaken hebben als 'elk verschil met het onbereikbare ideaal van complete gedetermineerdheid'. Drie dimensies van onzekerheid worden onderscheiden: 1) locatie, 2) gradatie en 3) natuur, en benadrukt wordt dat het uiteindelijke doel van beleidsmaken wanneer onzekerheid een rol speelt het verminderen van de ongewenste impact van verrassingen, eerder dan hopen of verwachten de onzekerheid weg te kunnen nemen. Verschillende gradaties van onzekerheid bestaan, variërend van gedetermineerdheid (géén onzekerheid, alles van het systeem is bekend) tot onbepaaldheid (niet te verkleinen onbekendheid) tot totale onbekendheid. De natuur van onzekerheid is ofwel epistemisch (i.e.: de onzekerheid kan verkleind worden door het doen van onderzoek) ofwel ontologisch (de onzekerheid hangt samen met de interne variabiliteit van het systeem). Al deze onzekerheden en bronnen van onzekerheden kunnen zich voordoen op tal van locaties van het bestudeerde systeem. De uitdagingen gesteld aan beleidsmakers worden door Barnett (2001) als volgt samengevat: '[…] niet

alleen dient de politiek te anticiperen op gebeurtenissen met een onzeker karakter (onzekere impact) en strategieen te ontwikkelen waarvan de effectiviteit onzeker is (onzekerheid over effectieve oplossingen), maar het dient ook de capaciteit te hebben om lijden te minimaliseren en catastrofale gebeurtenissen waarvan het bestaan niet te voorspellen is af te wenden.'

Dessai en Van der Sluijs (2007) bracht voor zowel de frameworks die bestaan voor beleidmaken onder onzekerheid als ook de methodes die bestaan om onzekerheid te classificeren hun geschiktheid om met de drie verschillende niveaus van onzekerheid om te gaan: statistische onzekerheid, scenario onzekerheid en erkende onwetendheid & verrassingen. De manier waarop deze niveaus passen in de hier boven genoemde onderscheiding is zichtbaar in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Gradaties van onzekerheid. Bron: Dessai en Van der Sluijs (2007)

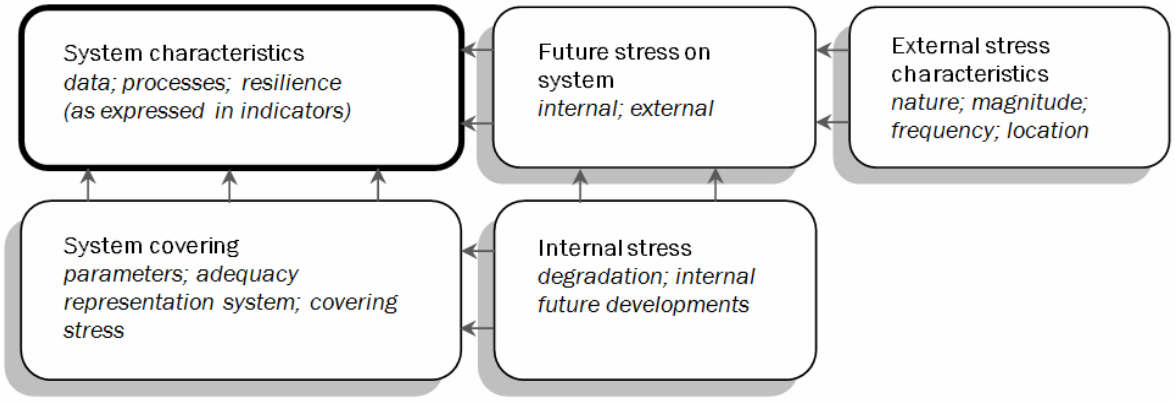
Als belangrijkste reden om het concept veerkracht te gebruiken bij het besluiten over adaptieve maatregelen wordt gegeven: wanneer onzekerheden over de impacts van klimaatverandering zo groot zijn dat de wetenschap er niet toe in staat is betrouwbare schattingen te geven, kan er nog wel kennis beschikbaar zijn om de algemene veerkracht van een systeem te versterken. Om te kunnen bepalen hoe bepaalde beslissingen de totale veerkracht van een systeem veranderen, dienen indicatoren ontwikkeld te worden om deze verandering inderdaad vast te kunnen stellen. Een veerkrachtbenadering focust op de rechterzijde van de in tabel 3.1 opgenomen taxonomie van rampen op het gebied van milieu:

A. Issues	Demand for goods and services	Choice of technologies and practices	Flux of materials	Valued environmental properties	Exposure of people and things	Consequences to people and the things they value
B. Actions (options)	Change demand	Change choice	Change flux	Change environment	Change exposure	Change consequences
C. Groups of actions (options) used in this study	Emissions		Environment		Impacts	
D. Other groups of actions used by actors documented in this study	Mitigation options				Adaptation options	
	Preventive		Offset		Adaptation	
E. Framing categories used in this study	Causes		Environment		Impacts	

Tabel 3.1: Taxonomie van rampen op het gebied van milieu.

3.2 Het verwerken van onzekerheden in een veerkrachtbenadering

Adaptieve maatregelen in een veerkrachtbenadering worden (voor het grootste gedeelte) genomen op het niveau waar de impact van gebeurtenissen (zoals bijv. zeespiegelstijging) op mensen en hun onmiddelijke omgeving plaatsvinden. Veerkracht wordt toegepast op sociaal-economische systemen, om deze reden dienen alle (mogelijke) verstoringen meegenomen te worden. De nadruk binnen een veerkrachtbenadering ligt op het vermogen van een systeem om met verstoring om te gaan Berkes (2007). In de volgende paragrafen worden de drie verschillende niveaus van onzekerheid verder uitgewerkt; hierna worden de zes principes van veerkracht (zie hfd. 4) onderzocht op de manier waarop ze omgaan met onzekerheid. In figuur 3.2 is een overzicht gegeven van de relevante onzekerheden op impact niveau. Niet elk niveau van onzekerheid is van toepassing op de diverse onderdelen van het buitendijks gebied op systeemniveau.



Figuur 3.2: Relevante onzekerheden op impact niveau voor het buitendijks (bebouwde) gebied.

De onzekeheid in de vijf boxen is van een verschillend niveau: 1) statistische onzekerheid en onwetendheid; 3) statistische en scenario onzekerheid, onwetendheid; 4) scenario onzekerheid en onwetendheid; 5) statistische onzekerheid en onwetendheid. Tools om deze onzekerheid mee te nemen in beleidsprocedures zijn beschreven in paragraaf 3.4-3.6. Het vergroten van de veerkracht van het systeem uit de casus brengt ondermeer met zich mee dat de onzekerheid uit figuur 3.2 op een juiste manier behandeld wordt.

Door te onderzoeken welke karakteristieken van een systeem bijdragen aan haar veerkracht, kunnen maatregelen ontwikkeld worden om haar kwetsbaarheid voor stress te verlagen (in het geval van klimaatverandering: vooral impacts). Dit heeft consequenties voor de benadering van wetenschappelijke onzekerheden die op dat moment spelen.

3.3 Statistische onzekerheid

Statistische onzekerheid is de onzekerheid waaraan meestal gerefereerd wordt wanneer onzekerheid besproken wordt (Walker *et al.* 2003). Onzekerheid van dit niveau kan worden uitgedrukt in statistische termen om op deze manier inzicht te krijgen in de range die gerepresenteerd wordt. Gevoeligheidsanalyse, waarbij een model wordt onderzocht tot op welke hoogte de uitkomst ervan wordt bepaald door variatie in de structuur van het model, de keuze van de parameters en de data, is nuttig in een veerkrachtbenadering om inzicht te krijgen in onbepaaldheid. Toekomstige klimaatverandering wordt vaak uitgedrukt in verschillende scenario's (zie de volgende paragraaf), binnen elk van deze scenario's kan de range van bijv. geschatte temperatuurstijging statistisch bepaald worden.

3.4 Scenario onzekerheid

Scenario's geven weer wat in de toekomst zou kunnen gebeuren; deze scenario's worden gebaseerd op aannames die in de meeste gevallen niet (vooraf) geverifieerd kunnen worden. Het omslagpunt tussen statistische onzekerheid en scenario onzekerheid ligt op het punt waar een consistente uitkomst die stochastisch weergegeven wordt veranderd wordt in een range van mogelijke en even (on)waarschijnlijke mogelijkheden (Walker *et al.* 2003). Scenario's kunnen inzicht geven in hoe huidige trends door kunnen werken in de toekomst, bijvoorbeeld uitgedrukt in best- en worst case scenario's. Een van de tools die scenario's op een adequate manier onderzoekt en hierbij geschikt is binnen een beleidsstrategie die zichzelf op het veerkrachtprincipe baseert, is scenario analyse (Dessai en Van der Sluijs 2007). Hoewel scenario's geen eenduidige adaptatie mogelijkheden bieden bij beslissingen over toekomstig beleid, kunnen ze wel creativiteit triggeren om mogelijke impacts op systeem niveau te voorkomen.

3.5 Erkende onzekerheid en verrassingen

Doordat binnen een veerkrachtbenadering het systeem in het algemeen versterkt wordt, wordt automatisch ingegaan op erkende onzekerheid; erkende onzekerheid betreft de onzekerheid over processen en impacts waarvan we wel weten dat die bestaat, maar die (nog) op geen enkele manier adequaat ingeschat kan worden. Bovenstaande geldt ook voor verrassingen: gebeurtenissen in de toekomst waar we nu nog geen weet van hebben.
Dessai en Van der Sluijs (2007) somt enkele mogelijke strategieën op om bewust met dit type onzekerheid om te gaan. Kennis nemen van voorbeelden van niet-lineair gedrag van het betreffende systeem in het verleden kan verrassingen in de toekomst wegnemen. Hiernaast kan het uitwerken van scenario's van onwaarschijnlijke toekomstige gebeurtenissen (verkregen door het 'ondenkbare te denken') informatie geven over de manier waarop een systeem zou kunnen reageren; hiermee kunnen nieuwe manieren gevonden worden om de veerkracht van het systeem te versterken.

3.6 Stakeholder participatie en onzekerheid

Eén van de onzekerheid assessment tools binnen een veerkrachtbenadering is het betrekken van stakeholders in de beslissingsprocedures. Dit volgt niet noodzakelijkerwijs uit de veerkrachtbenadering zelf, maar ligt in de lijn van enkele van haar principes. Vooraf is geen optimum oplossing gegeven of bekend; bij voorbeeld het probleem dat onderzocht wordt in de casus vereist een pro-actieve bevolking van het buitendijkse gebied, voortdurend op zoek naar adaptieve mogelijkheden die de veerkracht vergroten. Alternatieven worden onderzocht en meegenomen wanneer ze een positieve impact hebben op de veerkracht van het systeem.

Wanneer stakeholders betrokken worden in het proces dat moet leiden tot een oplossing van het probleem heeft dit consequenties voor de onzekerheden die bestaan. Aangenomen wordt dat stakeholders proberen om het risico van hun aandeel te verlagen tot een niveau dat acceptabel voor hen is. Wanneer ze worden betrokken in de beslissingsprocedures zal hun perceptie van het risico, ondermeer gebaseerd op hun beoordeling van de onzekerheden, voor een groot deel van belang zijn in hun benadering van mogelijke oplossingen. In het algemeen kan gezegd worden dat de perceptie van dezelfde onzekerheden verschillend is bij verschillende personen, afhankelijk van talloze factoren.

Een veerkrachtbenadering strookt met een adaptive houding ten opzichte van de doelen van formele beleidsanalyse (Dessai en Van der Sluijs 2007), met karakteristieken als het blootleggen van een range van mogelijkheden, het meenemen van zo veel mogelijk alternatieven en het verwachten en profiteren van veranderingen in de toekomst. Het is belangrijk te realiseren dat personen met een verschillende risicoperceptie zich verschillend gedragen wanneer oplossingen en alternatieven worden besproken. Ze kunnen zelfs een verschillende mening hebben over veerkracht zelf. Dit gedeelte van onzekerheidsmanagement is niet het onderwerp van deze scriptie, maar het benoemen waard.

3.7 Zes principes van veerkracht en onzekerheid

Zoals eerder uitgewerkt is de veerkrachtbenadering bedoeld om expliciete en impliciete onzekerheden op een adequate manier mee te nemen in besluitvormende processen. De zes eerder genoemde principes van veerkracht worden hieronder onderzocht op de (bronnen van) onzekerheid die ze kunnen bevatten.

Homeostasis

Interne feedbacks die veranderingen signaleren en reacties aansturen (Barnett 2001) dienen blootgelegd te worden, hoewel dit moeilijk kan zijn door de interactie van ecologische, physische en sociale componenten van een systeem. Een effectieve overdracht van feedbacks vergroot de veerkracht van een systeem. Onzekerheid over de

homeostasis speelt zich vooral af op het niveau van statistische onzekerheid en onwetendheid. Adaptieve maatregelen zouden bijvoorbeeld niet robuust genoeg kunnen zijn om ongewenste impacts te verhinderen; daarnaast zouden belangrijke feedbacks onbekend kunnen blijven of onvolledig begrepen.

Omnivory principe en Hoge Flux

Wanneer de bronnen van een systeem, en de middelen waardoor de bronnen aangeleverd worden verspreid worden, wordt externe shock meer effectief tegengegaan, doordat vitale functies op deze manier niet zo snel degenereren of uitvallen. Deze bronnen dienen met een hoge snelheid in het systeem rond te gaan zodat ze bij verstoring ook snel gemobiliseerd worden. Wanneer de bronnen en middelen van een systeem bekend zijn, is er ook geen onzekerheid meer betrokken om een hoger(e) omnivory niveau en – flux te bereiken. Voor het bestudeerde stedelijke gebied uit de casus zijn beide principes op een specifieke manier van toepassing, niet geheel gelijk aan de manier waarop de principes toegepast worden in de ecologische theorieën waarvoor veerkracht oorspronkelijk ontwikkeld is.

Flatness

Volgens dit principe hebben systemen met een veel hiërarchische lagen een lagere veerkracht. Verrassingen en sturende terugkoppelingen worden meer flexibel behandeld in een systeem waar beslissingen vooral genomen worden op de werkvloer van een organisatie. Om dit te bereiken is in het grootste gedeelte van de gevallen een organisatorische verandering nodig. Onzekerheid is hierbij op een indirecte manier van belang: in de risicoperceptie van de belanghebbende en de manieren waarop zij omgaan met onzekerheden.

Buffering en Redundancy

Deze twee principes overlappen gedeeltelijk. Systemen met een capaciteit die de vraag overschrijdt zijn meer veerkrachtig; wanneer functies onderling inwisselbaar zijn, kunnen functies anderen overnemen wanneer er een uitvalt door bijv. verstoring. Onzekerheid speelt geen rol wanneer het erom gaat de functies en behoeften van een systeem te kennen; het speelt echter wel een rol bij het kennis krijgen van de effectiviteit van de veerkracht van het systeem onder stress. De aard van dit type onzekerheid is zowel statistische onzekerheid als ook onbekendheid/verrassingen.

4 Casus Veerkracht in het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam

De tweede doelstelling van deze scriptie betreft het operationaliseren van de veerkrachtbenadering voor het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam, met daarbij de volgende twee onderzoeksvragen: 1) Beschrijf het onderzoeksgebied en bepaal zijn essentiële functies en 2) werk het veerkrachtsprincipe uit voor deze functies en onderzoek welke maatregelen uit een veerkrachtbenadering volgen. Een analyse van het gebied is te vinden in Bijlage I; gegevens werden verzameld uit algemene literatuur, documenten van de gemeente Rotterdam (met name de Stadsvisie 2030 en het Waterplan 2), interviews met betrokkenen in het buitendijks gebied en een workshop met kennisinstituten en betrokkenen (zie 1.4 Methode).

4.1 Onderwerp

Het probleemveld voor de casestudy is het buitendijks bebouwd gebied, zowel bestaand als nieuw-te-bouwen. Een aanzienlijk deel van het centrum van Rotterdam ligt buitendijks. Daarnaast liggen er plannen voor het herinrichten van oude haventerreinen die eveneens buitendijks liggen. Voor de komende 10 jaar zijn enorme ruimtelijke en industriële investeringen gepland. Een adaptieve strategie wordt gepropageerd om adequaat in te spelen op klimaatverandering (cq zeespiegelstijging en verandering in rivierafvoer). In het Waterplan 2 wordt voor beide typen gebieden een richting aangewezen. Voor bestaand stedelijk gebied word nagedacht over het invoeren van ‘stedelijk hoogwaterbeheer’ (bv. een bewegende vloedkering, vloedbalken, het ontwikkelen van een waarschuwingssysteem). Voor de oude haventerreinen wordt, naast maatregelen tijdens de herstructuring om tot een hoogwaterbestendig gebied te komen, nagedacht over innovatieve oplossingen (ondermeer terpwoningen, vloedbruggen, vluchtpunten).

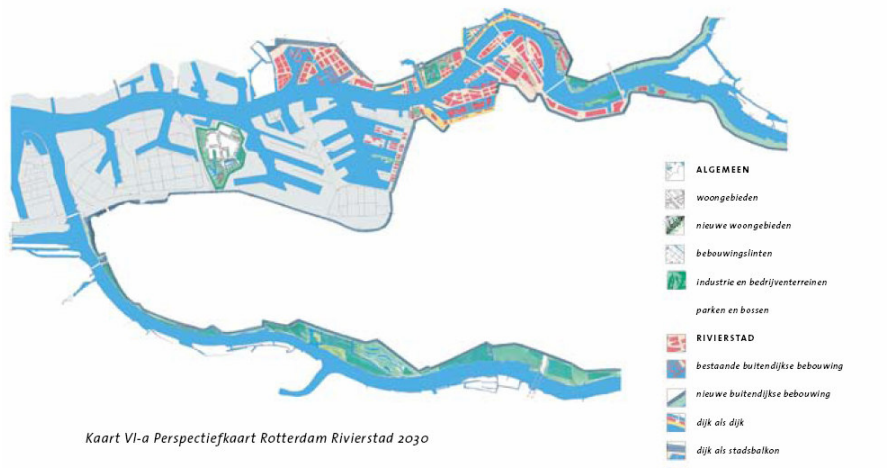
Naast de wateropgave zijn er andere opgaven waar in gespeeld dient te worden op klimaatverandering. Het routeplanner rapport Klimaatverandering in stedelijke gebieden noemt onder andere hitte, droogte en gezondheid. Tenslotte bestaan naast klimaatverandering nog andere stressfactoren die van belang zijn als het gaat om ruimtegebruik in de toekomst.

Wateroverlast en –veiligheid is in dit onderzoek het belangrijkste thema waarop binnen de veerkrachtbenadering geconcentreerd wordt. In de huidige situatie is al sprake van wateroverlast; gezien de huidige overschrijdingsfrequenties en de faalkans van de Maeslantkering (zie paragraaf 4.6 en 4.8) gelden ook al veiligheidsrisico’s voor het buitendijks bebouwde gebied. Door verwachte zeespiegelstijging in de toekomst wordt dit risico groter en dus meer maatgevend. Naast de wateropgave zijn er nog andere verstoringen waar rekening mee gehouden dient te worden. De functies dienen

veerkrachtig te zijn bij allerhande verstoringen die in de toekomst op het systeem afkomen.

4.2 Locatie/ geografische schaal

De veerkrachtbenadering is een holistische (systeem)benadering; de focus is op sleutelelementen die belangrijk zijn voor de dynamiek van het hele systeem, niet zozeer op het begrijpen van de details. Voor de casestudy Rotterdam is het belangrijk aan te kunnen geven wat sleutel-elementen en –functies zijn en welke functies weggelaten kunnen worden in de analyse. In onderstaande beschrijving van belangrijkste functies is uitgegaan van de beschrijving in de Stadsvisie 2030, als volgt geformuleerd: ´Stadshavens is een integraal project met een meervoudige doelstelling: in samenhang versterken we de economische structuur van de mainport Rotterdam en verbeteren we het woonklimaat in de Rotterdamse regio.' Het Waal- en Eemhavengebied is buiten beschouwing gelaten in deze casestudy ter vereenvoudiging van de opdracht.



Figuur 4.1: het gebied van de casus. Bron: Rotterdam Waterstad 2

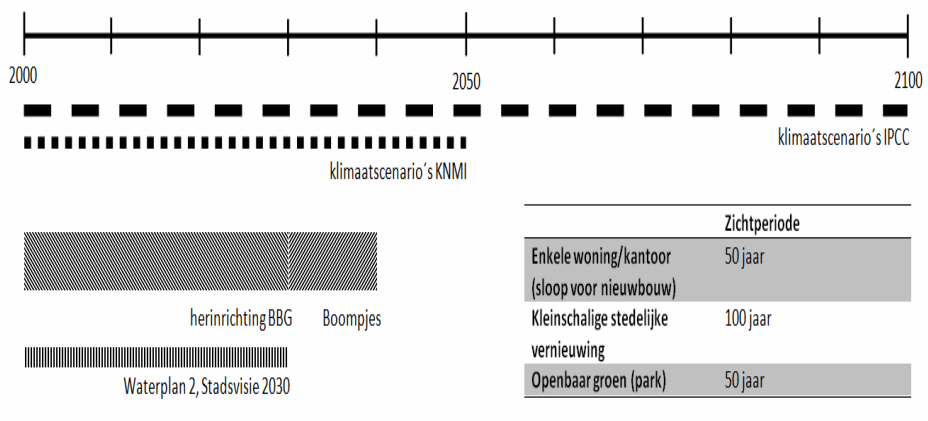
Een korte karakterisering van de verschillende gebieden (na herinrichting) binnen het buitendijks bebouwde gebied naar functie (uitgebreider na te lezen in bijlage I):

- (bestaand) Feijenoord: de wijken rond de Nassau- en Persoonshaven, vooral sociale woningbouw.
- Merwehaven en Vierhavens: stedelijk gebied met woningen en woonvriendelijke bedrijven
- Rijn- en Maashaven: stedelijk gebied met woningen, bedrijven (oa ECC) en attractieve voorzieningen
- Scheepvaartkwartier: woningen (hooginkomens), bedrijven (zakelijke & creatieve dienstverlening), recreatie (parken)

- Wilhelminapier/Kop van Zuid: stedelijk gebied met woningen, bedrijven (o.m. zakelijke dienstverlening), cultuur & voorzieningen
- Parkstad (half buitendijks): stedelijk gebied met woningen, kantoren, recreatie (park)
- Stadsboulevard De Boompjes: transformatie tussen 2020-2030

4.3 Tijdschaal

Bij de herinrichting van het stedelijk gebied is de tijdschaal die voor ogen staat van belang. Verschillende tijdschalen lopen echter door elkaar en zijn lastig op elkaar af te stemmen. Rotterdam heeft tenminste iedere vier jaar een collegewisseling, hetzelfde geldt voor de landelijke overheid; door andere prioriteiten bij verschillende colleges en politiek-gestuurde keuzes kunnen maatregelen in het plangebied in de loop van de jaren een andere richting opgaan. Het huidige college heeft echter het beleid van het voorgaande gecontinueerd (WdV), wat resulteerde in een Stadsvisie en Waterplan met een looptijd tot 2030. Naast de keuze voor een bepaalde bestemming voor het buitendijkse gebied is vooral de risicobenadering van belang. Beslissingen worden afgemeten aan het risico dat ze dragen (volgens risico = kans x gevolg).



	Zichtperiode
Enkele woning/kantoor (sloop voor nieuwbouw)	50 jaar
Kleinschalige stedelijke vernieuwing	100 jaar
Openbaar groen (park)	50 jaar

Figuur 4.2: overzicht tijdschalen.

Door het International Panel on Climate Change (IPCC) zijn mondiale klimaatscenario's opgesteld, consistente en plausibele beelden van een mogelijk toekomstig klimaat. Het KNMI heeft enkele meer op de Nederlandse situatie gerichte klimaatscenario's ontworpen. De klimaatscenario's van het KNMI en IPCC lopen respectievelijk tot 2050 en 2100, waarbij de onzekerheid (bandbreedte) verder toeneemt met de tijd. Bij de keuze voor bepaalde strategieën en maatregelen moet rekening gehouden worden met de onzekerheid voor de toekomst voor de termijn dat het heringerichte gebied bestaat. Het heeft bijv. geen zin nu al in te zetten op een zeespiegelstijging van enkele meters, wanneer voor die tijd het gebied al volledig opnieuw ingericht zal worden.

4.4 Actoren

Het aantal actoren met onderlinge verantwoordelijkheden in het gebied is beperkt en daarom overzichtelijk.

- Het college van de gemeente Rotterdam bepaalt in grote lijnen de koers van de stad en de beleidslijnen voor de toekomst en wordt om de vier jaar opnieuw gevormd. Een belangrijke beslissing van het vorige college (Pastors) die overgenomen is door het huidige college, is het aantrekken van hoog- en middeninkomens naar de stad. Dit heeft gevolgen voor de keuze van het type woningen in o.m. het buitendijks bebouwde gebied.
- Binnen de gemeente zijn drie diensten die van belang zijn voor de herinrichting van het gebied: ds+V (verantwoordelijke planvorming stedenbouw, volkshuisvesting & buitenruimte), Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam (verantwoordelijk voor ruimtelijke & economische ontwikkeling) en Gemeentewerken (verantwoordelijk voor rioleringsbeheer, gemeentelijk waterbeleid, belangenbehartiging & voorbereiding+uitvoering technische maatregelen).
- Voor inrichting van het buitendijks gebied zijn richtlijnen van het Rijk maatgevend. Wat betreft waterveiligheid zijn de richtlijnen van provincie Zuid-Holland van belang; aan een beleidskader wordt echter nog gewerkt door de provincie, in samenwerking met partners, waaronder de gemeente Rotterdam.
- Een groot gedeelte van de grond van het buitendijkse gebied is verpacht aan het Havenbedrijf, een bedrijf dat de Rotterdamse haven ontwikkelt, beheert en exploiteert. Wanneer de Stadshavens in het gebied van de casestudy verhuizen naar de Tweede Maasvlakte, wordt de grond overgedragen aan de gemeente.
- Veel van de grond in het buitendijks gebied wordt op termijn verkocht aan projectontwikkelaars, die binnen de richtlijnen van het bestemmingsplan de ruimte hebben de grond te bebouwen.

4.5 Functies

Functies in het gebied kunnen allemaal onder de noemer (over)leven geschaard worden: wonen (hoog-, midden- en laaginkomens), werken, het aanbieden van diverse voorzieningen, recreëren, culturele functie/toerisme. Hiernaast bevinden zich in het gebied nog een ondersteunende functie die hiermee samenhangt: infrastructuur (wegen, metrolijnen, energie, gas etc.). Het buitendijks bebouwd gebied is opgevat als op zichzelf staand systeem; de vraag is of dat zo is, i.e. of alle functies noodzakelijkerwijs in dit gebied vervuld dienen te worden. Aanname is dat sommigen wel meegenomen dienen te worden om de veerkracht van het systeem te waarborgen, maar niet als op zichzelf staande onmisbare functies beschouwd worden. Een minimale uitvoering geeft dan wonen, werken, div. voorzieningen (tbv wonen en werken) en infrastructuur als essentiele functies.

De opgave van een veerkrachtig systeem is tweeledig. Als eerste dient bepaald te worden *wat veerkracht precies is,* uitgesplitst naar de verschillende functies. Hiermee hangt samen dat een systeem altijd veerkrachtig is *naar een bepaalde verstoring of stressfactor toe*. Voor de casus is het van belang hier (in enige mate) inzicht in te krijgen.

- Tegen welke verstoringen (intern en extern) dient het systeem veerkrachtig te zijn?
- Wat is veerkracht voor de diverse functies, en hoe hangt dit samen?

4.6 Tegen welke verstoringen dient het systeem veerkrachtig te zijn

Bestuurlijke beslissingen zijn gebaseerd op bepaalde modellen, mentaal of concreet. De veerkrachtbenadering is een van deze modellen, die naast waarschijnlijkheidsberekeningen voor de toekomst ook inzet op dramatische en verrassende veranderingen om zo het onderzochte systeem zo weerbaar mogelijk te maken tegen toekomstige veranderingen (Resilience Alliance 2007).

Historisch overzicht Wat betreft een historisch overzicht is ervoor gekozen op dezelfde manier terug te kijken als het toekomstperspectief wat geboden wordt door het KNMI en IPCC (2050, 2100 en 2300).

1710 In de jaren hiervoor was sprake van een stormachtige bevolkingsgroei, die leidde tot milieuproblemen. Nieuw land werd aangewonnen, oa droogmakerijen. Door enkele civieltechnische veranderingen kon de opvoerhoogte vergroot worden, met als gevolg grotere en diepere droogmakerijen. Eind 17^{e} eeuw werd begonnen met bebouwen van het gebied tussen Merwehaven en Wilhelminahaven, buiten de veste. Scheepsbouw werd hierheen verplaatst om op Boompjes een stadsboulevard aan te leggen.

1910 Na een choleraepidemie halverwege de 19^{e} eeuw werd door het Rotterdamse stadsbestuur de vervuiling van de stad aangepakt, op landelijk niveau werd in 1920 het RIZA opgericht. Voor 1910 streefde de industrie handel en landbouw in belang voorbij, de haven veranderde mee; tussen 1894 en 1905 werden Rijn- Maas en Waalhaven aangelegd, later nog de Merwehaven. Feijenoord, met een flink gedeelte buitendijks, werd gebouwd tussen 1870-1880; wonen en werken werd in deze wijk zo veel mogelijk gecombineerd. Katendrecht verpauperde sinds het in 1895 werd geannexeerd door de gemeente Rotterdam en opnieuw ingericht (afbraak woningen tbv het graven van havens; goedkope arbeiderswoningen; spoorwegemplacementen etc.). Rond 1914 werd begonnen met het bouwen van Heijplaat als woonwijk voor de arbeiders van de Rotterdamse Droogdok Maatschappij.

1960 Vanaf de tijd van de wederopbouw kreeg water in de stad zowel esthetisch als infrastructureel een minder belangrijke rol. In 1953 stond er ongeveer 50 cm. water in Feijenoord/Kop van Zuid (bron: besRotdoc). De watersnoodramp van 1953 zorgde voor een snelle besluitvorming en beslissing rondom technische verwezenlijking van waterstaatkundige maatregelen. In 1958 werd de Deltawet van kracht. Ook in 1958, met een grootschalige dijkverzwaring van de Westzeedijk (de Boompjes als primaire waterkering), kwam Waterstad binnendijks te liggen, en werd de Maasboulevard ontwikkeld op deze verhoogde rivierdijk. In 1961 ontstonden overkoepelende waterschappen die met elkaar samenwerkten om de veiligheid van Rotterdam te kunnen garanderen. De haven van Rotterdam groeide, en ontwikkelde zich naar het westen; vanaf 1962 is Rotterdam de grootste haven van de wereld.

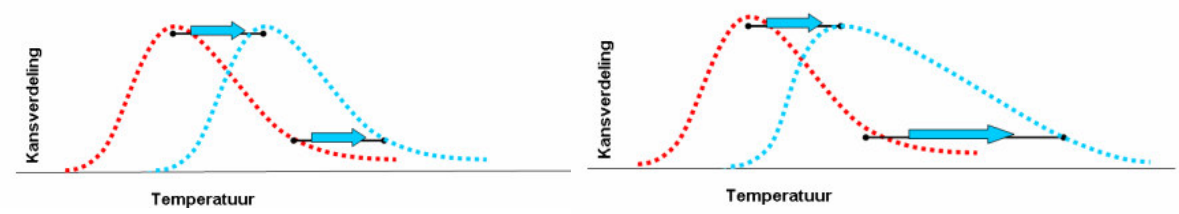
Bron: Stadsvisie 2030, Rotterdam Waterstad 2035

Verstoringen omvatten ruwweg interne en externe verstoringen. Interne verstoring houdt ondermeer degradatie van fysieke objecten in die van belang zijn voor de veerkracht van het gebied. Ook degradatie van de sociale cohesie en gemeenschapszin valt hieronder (vb interculturele spanningen). Externe verstoringen komen van buiten op het systeem af. Allereerst worden hier de bedreigingen behandeld die nu al spelen (bijvoorbeeld zeespiegelstijging) en in de toekomst blijven voortbestaan. Ook de bedreigingen waar men in Nederland rekening mee houdt en voor te toekomst zo adequaat mogelijk op probeert de dimensioneren worden hierbij meegenomen. Veerkracht als strategie onderkent echter de zwakte van deze benadering en gaat verder met een analyse van de scenario's die worden gebruikt. Tenslotte worden nog enkele wildcards gepresenteerd en onderzocht op hun consequenties voor de veerkracht van het buitendijks bebouwde gebied. Wildcards beschrijven gebeurtenissen of trends waarvan het voorkomen statistisch niet te bepalen is en niet onder te verdelen in een bepaald klimaatscenario.

Temperatuur

Zomers vormen in de regel geen probleem in Nederland. Alleen wanneer de zomers lang aanhouden en warmte samengaat met droogte kan dit problemen opleveren voor o.m. de levering van electriciteit en water. Statistisch gezien komt een hittegolf in Nederland eens in de drie jaar voor. Specifiek voor de stad speelt het het fenomeen Hitte-eiland, waarbij de temperatuur in het stedelijk gebied tot 6°C hoger is dan de omgeving, door een combinatie van het gebruik van donkere materialen en lage windsnelheden.
Warme zomers zijn niet een probleem dat direct speelt in het huidige buitendijks bebouwde gebied (LdH) door het open karakter van het gebied. De gevolgen van een hittegolf als in de zomer van 2003, met o.m. een toename van het aantal sterfgevallen zijn alleen op landelijk niveau bekend.

Afhankelijk van al dan niet gewijzigde luchtstromingspatronen geven de klimaatscenario's van het KNMI voor 2050 een verandering van 0.9 – 2.8 °C (zomer) en 0.9 – 2.3 °C (winter) voor de gemiddelde temperatuur in 2050. Daarnaast stijgt in De Bilt bijvoorbeeld het aantal zomerse dagen (>25°C) van gemiddeld 24 in 1990 naar 30 in het G scenario of 47 in het W+ scenario in 2050. Kwadijk *et al.* (2006) geeft een toename van het aantal hittegolven en een afname van de luchtkwaliteit tijdens hittegolven aan als zeer waarschijnlijk.

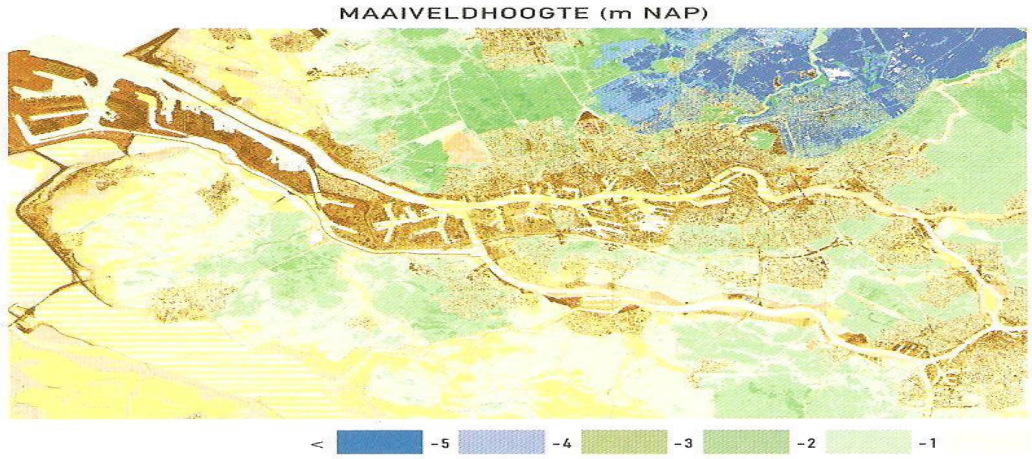


Figuur 4.3a/b: veranderende relatie tussen gemiddelde en extremen. Bron: KNMI

De relatie tussen gemiddelde en extreme waarden voor temperatuur verandert afhankelijk van het scenario. Bij een ongewijzigde circulatie stijgt de temperatuur minder dan de globale temperatuur en is er slechts een klein verschil in de relatie tussen gemiddelde en extreme waarden (figuur 4.3a). Bij een gewijzigde, warme ciruclatie verandert de relatie wel (figuur 4.3b) (Van den Hurk *et al.* 2006).

Wateroverlast en -veiligheid

Gemeentewerken Rotterdam publiceerde in 2005 een studie naar de risico's van zeespiegelstijging voor het stadhavensgebied van Rotterdam. Naast bodemdaling is vooral het waterpeil van de Nieuwe Maas in potentie de belangrijkste externe verstoring hiervoor. Het waterpeil wordt bepaald door de zeespiegelstijging, het sluitingsregime van de Maeslantkering, de rivierafvoer en golfslag (Ingenieursbureau Rotterdam 2005). Gezien de analyse opgenomen in paragraaf s.s worden nu ook verandering in stormpatronen meegenomen. Golfslag bleek uit een andere studie (Ingenieursbureau Rotterdam 2000) verwaarloosbaar wanneer het gaat om het risico van overstroming; dit wordt dan ook verder niet behandeld, de andere drie, samen met verandering in het stormpatroon komen hieronder kort aan de orde.



Figuur 4.4: Huidige maaiveldhoogte van het buitendijkse gebied Rotterdam. Bron: Rotterdam Waterstad 2035

Figuur 4.4 geeft de huidige maaiveldhoogte van het buitendijkse gebied. De gemeente Rotterdam denkt momenteel na over het uitgiftepeil van het te bebouwen gebied.

Zeespiegelstijging

Het Vierde Assessment Report van het IPCC (IPCC 2007) geeft een wereldwijde zeespiegelstijging van 18-59 cm in 2100 tov het niveau van 1990. De grootste bijdrage hierin is uitzetting van het zeewater door een verhoogde mondiale temperatuur. Omdat afkalving van de Groenlandse en West-Antarctische ijskap (nog) niet goed begrepen

wordt, is dit in deze voorspelling niet meegenomen. Wanneer de versnelde afkalving doorzet dient bij de reedse genoemde zeespiegelstijging tussen de 10-20 cm opgeteld te worden. Bij het bepalen van de bovengrens van zeespiegelstijging is door het KNMI in haar scenario's deze versnelde afkalving wel meegenomen. Daarnaast zijn regionale effecten van zeespiegelstijging meegenomen, deze twee factoren verklaren de verschillen met de scenario's van het IPCC. In de KNMI '06 scenario's is de absolute zeespiegelstijging rond 2050 aan de Nederlandse kust tussen de 15 cm en 35 cm. Omstreeks 2100 geven de scenario's tussen de 35 cm en 85 cm. De zeespiegel blijft na 2100 verder stijgen en de stijging bedraagt in 2300 tussen de +1 m en de +2,5 m.
Voor het gebied uit de casestudy zijn naast de absolute zeespiegelstijging vooral de extremen van belang. Twee relevante tabellen met de gemiddelde overschrijdingsfrequentie, gedefinieerd als het gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd de waterhoogte een zekere waarde bereikt en overschrijdt zijn bijgevoegd in tabel 4.1:

Hoek van Holland

Frequentie	Stand in cm
1 x per 10.000 jaar	505
1 x per 1.000 jaar	430
1 x per 100 jaar	360
1 x per 50 jaar	340
1 x per 20 jaar	315
1 x per 10 jaar	300
1 x per 5 jaar	280
1 x per 2 jaar	260
1 x per jaar	245
2 x per jaar	230
5 x per jaar	210
Basispeil	505

Rotterdam Centrum

Frequentie	Stand in cm
1 x per 10.000 jaar	358
1 x per 4.000 jaar	351
1 x per 1000 jaar	342
1 x per 100 jaar	326
1 x per 10 jaar	299
1 x per 2 jaar	268
1 x per jaar	256
Maatgevende waarde	360

Tabel 4.1a/b: Gemiddelde overschrijdingsfrequenties Hoek van Holland (a) en Rotterdam Centrum (b). Bron: Waternormalen

Het buitendijks gebied in de gemeente Rotterdam is gemiddeld opgehoogd tot 3.25 m +NAP, enkele gebieden liggen lager (v.a. 2.5 m), enkele gebieden zijn opgehoogd tot 5 m +NAP. De gemeente Rotterdam onderzoekt op dit moment of het uitgiftepeil voor het buitendijkse gebied dient te veranderen, Rijkswaterstaat dringt aan op een peil van 3.9 m (JL). Zie tabel 3.2a en 3.2b voor de huidige situatie. Gezien de huidige overschrijdingsfrequenties en de hoogte van het buitendijks gebied kennen gedeelten van het buitendijks gebied wateroverlast en is de verwachting (en ervaring, zoals in 2006) dat hoger gelegen gebieden (tot 300 cm.) ook regelmatig te maken krijgen met wateroverlast.

Bij een waterpeil van ca. 300 cm in Rotterdam Centrum sluit de Maeslantkering en is waterlast voor de hoger gelegen gebieden afhankelijk van de faalkans van deze kering.

Wind

De verandering in hoogste daggemiddelde windsnelheid is in alle KNMI scenario's gering. Voor opstuwing van het zeewater zijn vooral de extremen van belang. Het KNMI stelt in het begeleidende wetenschappelijke artikel bij het uitgeven van de scenario's dat het risico op storm in het Noordzee gebied waarschijnlijk niet (sterk) toe zal nemen.

Sluitingsregime Maeslantkering

De Maeslantkering sluit bij een een waterspiegel in Rotterdam centrum van 3 m +NAP, gezien de gemiddelde overschrijdingsfrequenties in tabel 4.1a is dat ongeveer eens per tien jaar voor de huidige situatie. Het peilbesluit waarin het sluitpeil bepaald wordt, wordt door Rijkswaterstaat periodiek gecontroleerd en indien nodig aangepast; gezien de verwachte zeespiegelstijging zal de Maeslantkering bij een gelijkblijvend sluitpeil vaker dichtgaan. De faalkans van de Maeslantkering is 1:100.

Rivierafvoer

Aangezien het waterpeil in de Nieuwe Maas ter hoogte van het buitendijks bebouwde gebied vooral bepaald wordt door de zeespiegel, is de rivierafvoer, en veranderingen daarin als gevolg van o.m. klimaatverandering, niet zozeer van belang. (Rotterdam 2005) geeft aan dat rivierafvoer vooral van belang is bij de afwegingen voor de sluitingsstrategie: hoe eerder de kering wordt gesloten en hoe langer de afsluiting duurt, des te meer rivierwater moet geborgen worden ondermeer in de benedenloop van de Nieuwe Maas. De waterstand zal hierdoor hoger zijn. Dit werd echter niet gekwantificeerd in het aangehaalde rapport.

Neerslag

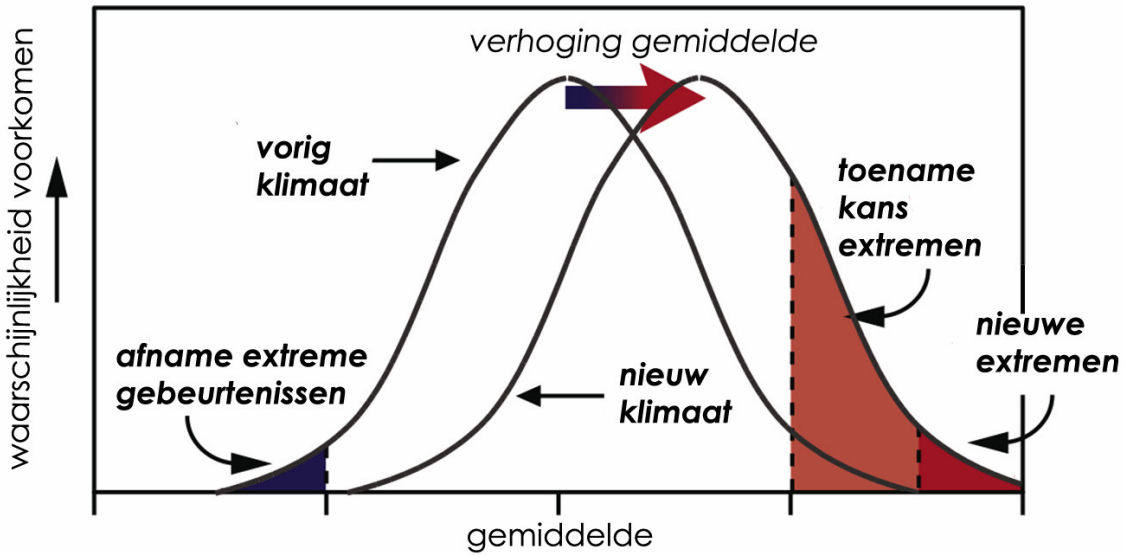
Extreme neerslag is geen probleem in het buitendijks gebied door verhoogde ligging van het gebied (met een gemiddeld hoogste grondwaterstand van max. -1 m NAP) de vele mogelijkheden tot afwatering (JL). Hierop wijzen ook het zeer geringe aantal brandweermeldingen, bij een onderzoek na extreme neerslag in 2001 (Rotterdam 2005).

4.7 Extra analyse voorgesteld binnen veerkrachtbenadering: scenario analyse

De overschrijdingskansen die maatgevend zijn voor het waterbeheer in Nederland, zijn opnieuw berekend voor 2050 door ze te koppelen aan de KNMI klimaatscenario's (Bessembinder 2008). Hetzelfde geldt voor de risicobenadering die door o.m. de gemeente Rotterdam omarmd is als richtinggevend; ze gaat uit van een bepaalde kans op overstroming met een verwacht gevolg (risico = kans x gevolg). Zo wordt in de analyse van risico's van zeespiegelstijging voor het stadshavengebied van Rotterdam (Rotterdam

2005) het middenscenario van het KNMI doorgerekend naar Maximaal Optredende Waterstanden voor een verschillende tijdshorizon.

Het niveau van onzekerheid kan variëren tussen volledige zekerheid (gedetermineerde toekomst) en volledige onzekerheid, onbekendheid (onbepaalbare toekomst). Meer precies kan kennis over het systeem en/of haar toekomst voorgesteld worden als statistische onzekerheid, scenario onzekerheid, erkende onbestembaarheid tot volledige onbepaalbaarheid (zie hfd. 3). De huidige strategie van gemeente Rotterdam benadert onzekerheid over klimaatverandering als statistische onzekerheid; ook de scenario onzekerheid wordt vertaald in statistische onzekerheid om het te kunnen verwerken in beleid. Bovenstaande benadering van risico's is al lang gemeengoed in het waterbeheer in Nederland. Op basis van een bepaalde waarschijnlijkheid in waterstanden wordt een gebied ingericht en beveiligd; naarmate de schade bij inundatie hoger wordt, wordt besloten tot een hoger beveiligingsniveau. Wanneer onzekerheid over toekomstige klimaatverandering zo groot is dat wetenschap niet meer bij machte is betrouwbare voorspellingen te geven, kan er nog wel voldoende kennis zijn om de algemene veerkracht van het systeem te vergroten (zie hfd 2). Om de kwetsbaarheid van het buitendijks bebouwde gebied te ontdekken is een verdergaande analyse noodzakelijk dan bovengenoemde waarschijnlijkheids-benadering, a) om de onzekerheden hiervan naar boven te brengen, en daarnaast b) verrassingen te voorkomen. In het vervolg wordt de scenario onzekerheid verder uitgewerkt; bovendien wordt onbepaalbaarheid van de toekomst onderzocht. Tenslotte wordt dit vertaald naar de veerkracht van het systeem.



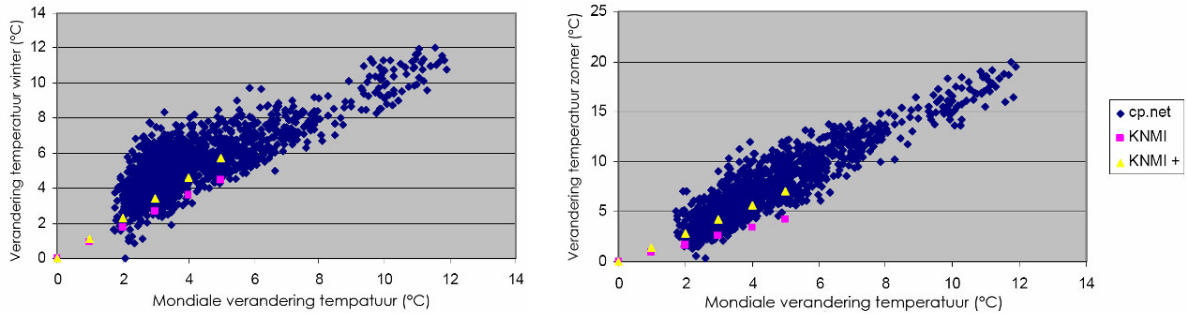
Figuur 4.5: Verandering relatie waarschijnlijkheid voorkomen en gemiddelde. Bron: IPCC 2007, aangepast

Bovenstaande grafiek laat zien dat wanneer het klimaat veranderd, ook de kans op extremen veranderen; daarnaast komen er nieuwe extreme gebeurtenissen bij (rechts), en verdwijnen er extremen (links).

De grafiek is met opzet zo algemeen gehouden, omdat de grafiek voor diverse verschijnselen opgaat. Relevant voor het buitendijks gebied zijn overschrijdingskansen voor hoog water, en gezien de wildcards hitte en storm.

Temperatuur

De KNMI scenario's zijn niet gebaseerd op emissie scenario's in de toekomst, maar zetten in op 1 of 2°C mondiale temperatuurstijging in 2050 (zie hfd 4.6). Voor een gecontroleerde simulatie bij een verdubbeling van de CO2 concentratie werd in een experiment van climateprediction.net met een groot aantal runs van het Hadley Centre model de onzekerheid in model parameters gekwantificeerd. Het gaat hierbij om de temperatuurstijging in een evenwichtstoestand, in tegenstelling tot de resultaten in de KNMI scenario's waar het klimaatsysteem rond 2050 nog geen evenwicht bereikt heeft. Bovendien wordt binnen de door het KNMI gebruikte GCM's geen parameter onzekerheid onderzocht. Deze CO2 verdubbeling kan onder andere gerealiseerd worden in alle SRES A1 en het SRES A2 scenario (Dessai 2007), voor 2050 vooral relavant voor de W en W+ scenario's (e.g.: deze KNMI scenario's vallen binnen de bandbreedte van deze SRES scenario's in de TAR). Door de onzekerheid in het cp.net experiment te kwantificeren, is het mogelijk een bandbreedte in temperatuurstijging voor Nederland bij een bepaalde mondiale temperatuurstijging voor zowel zomer als winter te onderzoeken. Hoewel de cp.net resulaten dus moeilijk vergelijkbaar zijn met de KNMI scenario's geeft het wel inzicht in onzekerheid die de KNMI scenario's niet geeft. Onderstaand de range in zomer- en wintertemperatuur in Nederland uitgezet tegen mondiale temperatuurstijging; voor vergelijking met de KNMI scenario's is vooral de range bij een mondiale stijging van 2°C van belang.



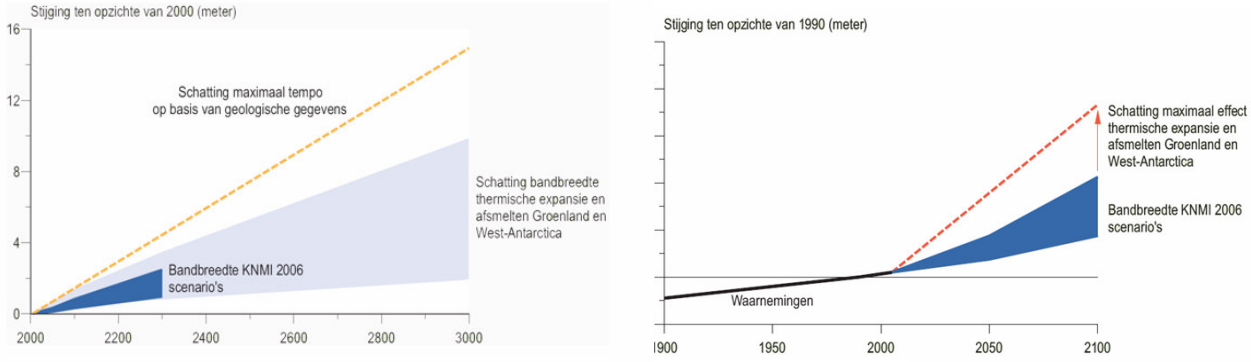
Figuur 4.6a/b: Relatie range in zomer- en wintertemperatuur in Nederland ten opzichte van mondiale temperatuurstijging. Bron: cpnet.com

Wat betreft extremen verandert de temperatuur van de warmste zomerdag anders dan het gemiddelde: in de KNMI klimaatscenario's tussen 1 – 3.8°C; het 10% gebied van warmste dagen verandert in de scenarios voor de zomer tussen de 1-3.6°C.

Zeespiegelstijging

Het is denkbaar dat de KNMI-06 scenario's tekortschieten qua voorspellend vermogen door onzekerheid over de toekomstige uitstoot van broeikasgassen, onzekerheid over de gevoeligheid van het klimaatsysteem en onzekerheden over het afsmeltgedrag van Groenland en West-Antartica (o.m. (Natuurplanbureau 2007)).

De 35-85 cm zeespiegelstijging van het KNMI voor het jaar 2100 valt in een 80% betrouwbaarheidsinterval (Van den Hurk, Oldenborgh et al. 2006).

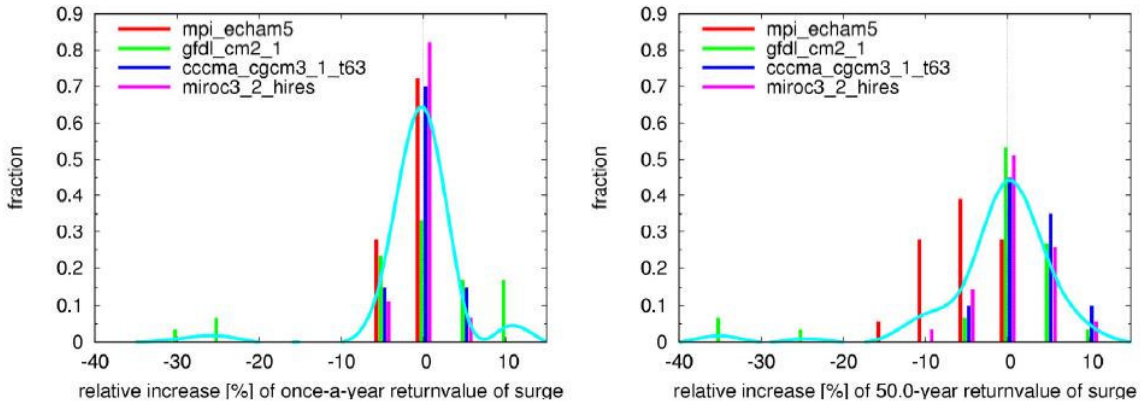


Figuur 4.7a/b: Verwachte zeespiegelstijging tot 2100/3000. Bron: Nederland Later, 2007

De in figuur 4.7b aangegeven historisch bekend maximaal tempo van 1,5 m/eeuw kan aangenomen worden als bovengrens. Dit viel samen met een temperatuurstijging van 2 - 2.5ºC op het noordelijk halfrond, een stijging die ook verenigbaar is met sommige van de klimaatscenario's rond 2050.
Kleine verschillen in het gravitatieveld van de aarde kunnen regionaal echter voor grote verschillen zorgen in de absolute zeespiegelstijging. Bij het smelten van het ijs op Groenland zal volgens berekeningen aan dit gravitatie-effect de zeespiegel bij Nederland slechts twee meter stijgen. Wanneer de ijsmassa op Antarctica stijgt is de zeespiegelstijging in Nederland juist meer dan gemiddeld. Het gravitatie-effect is door het KNMI in haar klimaatscenario's niet meegenomen (Pater 2008).

Wind

De verandering in hoogste daggemiddelde windsnelheid is in alle vier scenario's gering: voor De Bilt W: -1%, G: 0%, G+: +2% en W+: +4%. De GCM-voorspellingen voor extreme wind zijn minder consistent onderling, vooral de voor Nederland relevante storm vanuit het noord-westen. SRES A1B gegevens, verkregen uit dezelfde GCM's die gebruikt worden voor het construeren van de KNMI '06 scenario's, zijn ingevoerd in een eenvoudig model wat storm berekent, met onderstaande grafiek als resultaat.



Figuur 4.8a/b: Toename in jaarlijkse (1) en eens-per-50-jaar(r) voorkomen van stormsterkte voor SRES A1B scenario in vijf modellen. Bron: (Van de Hurk *et al.* 2006)

Voor SRES A2 en B2 scenario's zijn modelsimulaties uitgevoerd naar het verschil in hoogte van een storm met een frequentie van eens in de 50 jaar (Lowe 2005); zowel het A2 als B2 scenario gaf voor 2080 voor de Nederlandse kust een hoogteverschil van +0.1 - +0.25 meter te zien. De auteurs van deze studie berekenden ook het totale hoogteverschil, en namen daarbij aan dat dit hoogteverschil eenvoudigweg optelt bij de zeespiegelstijging. Naast het gebruik van de scenario's is er echter onzekerheid over de accuraatheid van de representatie van het systeem in de gebruikte stormmodellen, maar dit kon door de auteurs niet worden gekwantificeerd.

4.8 Extra analyse voorgesteld binnen veerkrachtbenadering: onwetendheid

Door opgestelde scenario's te analyseren wordt meer informatie verkregen over de onzekerheid ervan. Een niveau dieper ligt de onzekerheid waarvan we weten dat die bestaat, maar die (nog) op geen enkele manier gekwantificeerd kan worden. Nog fundamenteler ligt volledige onbepaaldheid.

Dessai en Van der Sluijs (2007) wijst op de het belang van wildcards en verrassingen om toekomstige stress situaties adequaat op te kunnen vangen. Er is een historische voorkeur voor het creëren van modellen die de werkelijkheid totaal dekken, waarin geen ruimte is voor verrassingen (Brooks 1986, geciteerd bij Dessai en Van der Sluijs 2007). Enkele wildcards voor het buitendijks bebouwd gebied worden beschreven, met daarbij de impact die ze kunnen hebben. Eén is echter (impliciet) al opgenomen in bovenstaande paragraaf, nl. het afsmelten van de ijskap van Groenland en West-Antartica.

Stop Thermohaline Circulatie (THC)

Teveel aanvoer van zoet water in de Noord Atlantische Oceaan waar de 'deep water' vorming plaatsvindt die de THC kan een omslag geven in de sterkte en richting van de Warme Golfstroom, met als gevolg een stop van de THC. Sinds 1957 is de sterkte van de Warme Golfstroom al afgenomen met 30%, het is echter onbekend hoe ver ze verwijderd is van het triggerpunt wat haar doet stoppen (Bryden 2005). De gevolgen voor Nederland

zijn o.m. een temperatuurdaling van 2-4°C (KNMI), zeespiegelstijging kan oplopen tot +25 cm (Vellinga en Wood 2006).

Dichtvriezen haven Rotterdam

Globaal genomen zal het risico op extreme winters als die van 1963 afnemen bij een (verdere) stijging van de temperatuur; als wild card blijft het echter een relevant scenario, zeker wanneer het gekoppeld wordt aan een stop van de THC. Wanneer de haven van Rotterdam dichtvriest kan gevaar ontstaan voor de drinkwatervoorziening, kruiend ijs in het gebied met gevaar voor schade aan wegen en gebouwen; verder een hogere sterfte, m.n. onder ouderen.

Malariagevallen in Rotterdamse haven

Malaria was tot ongeveer 1970 een inheemse ziekte in Nederland. De gevolgen van klimaatverandering in Nederland (zachtere winters en warmere zomers) en het stijgende aantal natte natuurgebieden is in het voordeel van de malariamug. Incidenteel komt het voor dat besmette malariamuggen meereizen vliegtuigen die op Schiphol landen; de mogelijkheid dat besmette malariamuggen met schepen meereizen die de Rotterdamse haven aandoen dient te worden overwogen. In combinatie met een hittegolf kunnen met malaria besmette muggen lang genoeg overleven om een besmetting over te dragen.

Lage waterstand Nieuwe Maas

Door meer warme en droge zomers zullen in de toekomst vaker situaties ontstaan met een lage rivierafvoer; bovendien heeft het rivierwater een hogere temperatuur. Hierdoor kunnen problemen ontstaan bij de productie van electriciteit. Het afschakelen van bepaalde gebieden kan dan een mogelijkheid worden, het is echter onbekend in welke volgorde gebieden in deze situatie afgekoppeld worden, en of hier momenteel beleid over bestaat. Een ander probleem is dat de concentraties van vervuilende stoffen te hoog kunnen worden bij een lage waterstand.

Aanpassing veiligheidsbeleid Duitsland

Wanneer Duitsland na een forse overstroming van de Rijn haar watermanagement radicaal omgooit, kan er bij extreme weersomstandigheden veel meer dan de nu maximaal verwachtte 15.500 m^3/s ons land binnenkomen (JK).

Aanhoudende hittegolf

Hittegolven worden door veel verschillende toevalstreffers bepaald, het is niet mogelijk een bepaalde trend te trekken over de voorgaande eeuw (KNMI), hoewel het opvallend is dat de 21^e eeuw al relatief veel hittegolven kent. Wanneer de temperatuur stijgt, wordt de kans op extremen ook groter (zie figuur 3.7). Een toename van het aantal hittegolven wordt zeer waarschijnlijk geacht (Kwadijk *et al.* 2006).

(Drunen 2007) geven enkele gevolgen van hittestress: hogere mortaliteit (m.n. onder ouderen, zieken en kleine kinderen), een lagere arbeidsproductiviteit, (meer) agressie en een grotere vraag naar electriciteit. Daarnaast brengt droogte, en de daarmee samenhangende lagere grondwaterstand, het risico met zich mee van verzakking en inklinking van de bodem.
Voor stedelijk gebied zijn de gevolgen van hitte erger dan in het landelijk gebied, door lagere windsnelheden, veel verhard oppervlakte en aaneengesloten huizen. Voor het buitendijks bebouwde gebied geldt dit minder door het open karakter en de aanwezigheid van de Nieuwe Maas (LdH).

Extreme storm

Het open karakter van het buitendijks bebouwde gebied geeft bij storm waarschijnlijk hogere windsnelheden. Tegelijkertijd is de schade daardoor misschien relatief minder.

Maeslantkering faalt in combinatie met extreme storm

De Maeslantkering heeft een faalkans van 1/100. Dit zou samen kunnen gaan met een noordwesterstorm, met gevolgen voor de veiligheid in het buitendijks gebied. De gevolgen voor het buitendijks gebied, bij een waterstand van 4.10 m +NAP (T = 1250) zijn ondermeer onderzocht door het Ingeniersbureau van gemeente Rotterdam (zie Ingenieursbureau Rotterdam 2005).

Enkele van deze wildcards (vb. Dichtvriezen haven Rotterdam, Lage waterstand Nieuwe Maas) geven meer nadruk aan de richting van de verstoringen waarbinnen al gedacht wordt bij de door de gemeente Rotterdam gebruikte risicobenadering, en de hierboven uitgewerkte scenario analyse. Malariagevallen in de Rotterdamse haven echter zouden een compleet nieuw verschijnsel zijn voor dit gebied; de consequenties hiervan dienen te worden overwogen binnen een veerkrachtbenadering voor het gebied.

4.9 Wat is veerkracht voor de diverse functies

De twee karakteristieken van veerkracht, genoemd in hfd. 2 waren als volgt:

- De hoeveelheid verandering die een systeem kan ondergaan, zonder dat de controle over functies en structuur verloren gaat.
- De mate waarin een systeem in staat is zichzelf te organiseren.

Daarnaast waren zes principes van een veerkracht systeem gevonden: homeostasis principe, omnivory, high flux principe, flatness principe, buffering principe en het redundancy principe, uitgebreider beschreven in hoofdstuk 2.
Wat betekent veerkracht voor de hierboven genoemde functies? En welke componenten zijn belangrijk zonder dat ze direct met de functies te maken hebben?

Er zijn nog geen indicatoren bekend om onderstaande voorgestelde maatregelen en ideeën af te wegen op hun bijdrage aan de veerkracht van het buitendijks bebouwde gebied.

Wonen

Wanneer in het buitendijks bebouwde gebied woongelegenheid is gerealiseerd, zullen de bewoners rekening moeten houden met wateroverlast. In het bestaand buitendijks bebouwde gebied bestaat de overlast nu uit een decimeter water een á twee keer per het jaar (LdH), met hierbij de te verwachten gevolgen voor kelders en kruipruimten ed. Dit type wateroverlast is voor bewoners vervelend, maar hindert de functie op zichzelf niet permanent. Wanneer bij een stijgende zeespiegel de frequentie van wateroverlast toeneemt, kan hierop ingespeeld worden met een mix aan maatregelen om het water tegen te houden, en wanneer het gebied inundeert de schade te beperken en het water bij een dalende rivierwaterstand zo snel mogelijk uit het gebied te verwijderen. Bij de keuze voor bouwmateriaal, stratenplan en infrastructuur kan nu al ingespeeld worden op de toekomst. Dit betekent hogere kosten bij het bouwen, maar vermindert de schade bij inundatie.
Op het moment is er geen voorlichting aan de bewoners van het bestaand buitendijks bebouwde gebied over klimaatverandering in de toekomst. Toekomstige bewoners van het nieuw te bouwen buitendijks gebied dienen echter van meet af aan geïnformeerd te worden over de risico's men loopt wanneer men zich in dit gebied vestigt en de maatregelen die genomen kunnen worden om schade bij inundatie te voorkomen. Veerkracht betekent ondermeer dat de bewoners zichzelf kunnen organiseren, en inspelen op (de gevolgen van) hoogwater in de toekomst. De bestaande woningbouw in de gebied is vooral sociale woningbouw, maar met vrije (weiger)keuze van de bewoners. Voor de toekomst is in dit gebied geen sociale woningbouw gepland (LdH). Waterschade in dit gebied is verzekerbaar.

In het algemeen lijkt het raadzaam woningen en appartementen te bouwen zonder kelder. Deze lopen als eerste onder water bij de geringste vorm van wateroverlast, bovendien is het water moeilijk te verwijderen. Wanneer de eerste woonlaag verhoogd wordt aangelegd loopt deze ook niet onder bij wateroverlast. Bij het inrichten van de eerste woonlaag kan rekening gehouden worden met wateroverlast (bijv. door het vermijden van planken vloeren). Woningblokken en appartementencomplexen kunnen zo gebouwd worden dat de wind de zomerwarmte beter mee kan voeren.
De gemeente Rotterdam onderzoekt op dit moment de mogelijkheid van drijvende woningen in de havens die in dit gebied op termijn vrijkomen. In principe is dit een uitstekende vorm van adaptief bouwen/inrichten.

De karakteristieken van veerkracht wijzen voor de functie wonen andere maatregelen aan. Homeostasis bestaat bij een sterke en zelfredzame bevolking die gezamenlijk zich instelt op wateroverlast en de woonfunctie beschermt bij dreigende wateroverlast. Hiervoor dienen ze tijdig gewaarschuwd te worden, mogelijk via een centraal en algemeen bekend meldpunt. Om (extreme) temperaturen op te vangen is het mogelijk woningen zo te bouwen dat natuurlijke ventilatie bevorderd wordt. Omnivory kan uitgewerkt worden door zoveel mogelijk verschillende belanghebbenden (qua investering) in het gebied te hebben, om schade zo breed mogelijk op te vangen. Voor de langere termijn kan een hoge flux van de woningen (i.e.: woningen met een korte levensduur) gebruikt worden als strategie om steeds opnieuw in te kunnen spelen op de directe toekomst. Een flexibele overheid en flatness in de hiërarchie, wat samenhangt met de eerste karakteristiek, is uitermate van belang. Bewoners van het gebied moeten weten waar ze voor kiezen wanneer ze zich hier vestigen, en dienen zo mogelijk pro-actief te handelen bij naderende inundatie en gevaar. Ze dienen van de overheid de ruimte te krijgen optimale aanpassingen in het gebied te doen om schade en overlast te minimaliseren. Dit principe lijkt vooral op te gaan op het terrein van instituties en regelgeving. Korte lijnen en het vermijden van bureaucratie zijn misschien te bereiken door het buitendijks bebouwd gebied een aparte status te geven, gezien het belang van de inbreng van bewoners van het gebied. Een (groot) buffervermogen lijkt voor de functie wonen voor zowel de korte als (middel)lange termijn niet aan de orde, aangezien het gebied onderdeel is van een veel groter woongebied (nl. Rotterdam en Randstad). Het valt op de korte en middellange termijn niet te verwachten dat woningen tijdelijk onbewoonbaar worden; redundancy is dus op het gebied van de functie wonen niet aan de orde. Wat betreft de lange termijn is het principe hoge flux een mogelijkheid om deze laatste twee principes uit te voeren/te ondervangen.

Enkele randvoorwaarden voor buitendijks wonen zijn opgesteld door Van Genugten (2006). Enkele voor R'dam relevante randvoorwaarden:

- Veilige afvoer van water, sediment en ijs moet gewaarborgd blijven.
- Goede voorlichting over buitendijks wonen, bij wie verantwoordelijkheden liggen met betrekking tot risico's en evacuatie.
- In geval van extreem hoogwater/inundatie moet men een evacuatiemogelijkheid hebben, te voet danwel per boot.
- Minder valide personen dienen enkel in het gebied te verblijven zolang zij zichzelf in veiligheid kunnen brengen.
- Men moet altijd veilig in het pand kunnen verblijven ten tijde van inundatie of hoogwater tot het niveau van maatgevend hoogwater.
- In extreme situaties en in het geval van onwillige mensen kan de burgemeester dwang toepassen.

Werken

In deelgemeente Feyenoord bevinden zich enkele grote bedrijven, die echter geen hinder ondervinden van de bestaande wateroverlast (LdH). De stadsvisie 2030 geeft nadrukkelijk de functie werken/bedrijvigheid een plaats in het te bouwen buitendijks gebied, het is echter de vrije keuze van bedrijven om zich hier te vestigen. Al decennia kent het huidige buitendijks bebouwde gebied bedrijvigheid (rondom de Oranjeboomstraat), de wateroverlast bleek geen reden om zich hier niet te vestigen of te verhuizen (LdH).

Algemene overwegingen wat betreft de functie werken zijn hetzelfde als die voor de functie wonen. Bedrijvigheid brengt extra verkeer met zich mee, ook omdat het niet waarschijnlijk is dat werknemers zich in hetzelfde gebied vestigen waar het bedrijf zich bevindt. Een vraag naar aanleiding van veerkracht is of bedrijven met veel aan- en afvoer zich in dit gebied zouden moeten vestigen, gezien de mogelijkheid van inundatie. Tegenwoordig zijn bedrijven zeer afhankelijk van ict, het is een optie om de kabelinfrastructuur op een hoger niveau uit te laten komen.

Wat betreft de karakteristieken van veerkracht geldt ruwweg dezelfde toepasbaarheid als voor de functie wonen, zij het dat bedrijven op een andere manier, en met andere belangen, betrokken zijn op het buitendijks bebouwde gebied. De bedrijfsvoering kan intern aangepast worden door gevoelige activiteiten op een hogere verdieping te plannen (Rotterdam 2005). Wat betreft de karakteristiek buffervermogen is het verstanding om ruimte te reserveren voor opslag van grondstoffen, zodat wateroverlast geen beperkingen oplevert voor de productiviteit.

Enkele randvoorwaarden:

- In het geval van minimale inundatie zijn kantoren, bedrijven ed. bereikbaar en ondervindt het werk geen of minimale vertraging.
- Goede voorlichting over buitendijks werken, bij wie verantwoordelijkheden liggen met betrekking tot risico's en evacuatie.
- In geval van extreem hoogwater/inundatie moet men een evacuatiemogelijkheid hebben, te voet danwel per boot.

Infrastructuur

Een veerkrachtig gebied vangt stress (in het geval van het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam vooral hoogwater/ inundatie) zo op dat de belangrijkste functies intact blijven. Infrastructuur is een functie die niet om zichzelf bestaat, maar in het geval van de casestudy ten dienste van de functies wonen en werken. In het geval van minimale inundatie dienen wegen (en metrolijnen) begaanbaar te blijven, bij gevaren voor veiligheid dienen in ieder geval de hoofdwegen bruikbaar te zijn ten behoeve van

evacuatie. Veerkracht toegepast voor infrastructuur vereist een zorgvuldige keuze van het gebruikte materiaal en de plaatsen waar het aangelegd is: aan de ene kant dient het materiaal bestendig te zijn tegen verstoring door water, hitte, kruiend ijs ed., aan de andere kant dient het bij schade zo snel mogelijk in oude staat gebracht te kunnen worden. Door wegen te markeren met paaltjes kunnen ze ook gebruikt worden bij minimale inundatie.

Voor de functie infrastructuur zijn andere karakteristieken van veerkracht van belang dan voor wonen en werken. Het is mogelijk het gebied zo in te richten dat bij een overstroming het water getrapt het gebied binnenkomt (bijv. door de toepassing van schuin aflopende kades), waardoor het waterpeil naarmate het verder het gebied binnenkomt steeds langzamer zal stijgen. Dit komt tegemoet aan het homeostasis principe. Praktisch gezien bevordert het de veerkracht door de afhankelijkheid van één (type) voorziening te vermijden, wat betreft infrastructuur dient hier rekening mee gehouden te worden. Wat betreft de karakteristiek hoge flux gelden dezelfde (fysieke) randvoorwaarden als bij de functies wonen en werken. De infrastructuur (vooral wegen) dient idealiter zo ingericht te zijn dat het naast een goede ontsluiting van het gebied ook een vlotte doorstroming van het water geeft, om bij inundatie het gebied zo snel mogelijk weer in oude staat te kunnen herstellen. Voor kruiend ijs in het geval van een extreme winter geldt hetzelfde. Wateroverlast is van korte duur, door de werking van het getij; alleen bij een aanhoudende storm die het zeewater opstuwt is wateroverlast van langere duur. Vooral buffervermogen en in/uitwisselbaarheid van functies zijn cruciaal, om de bereikbaarheid te kunnen garanderen. Idealiter zou infrastructuur op verschillende manieren (dubbel) toegepast moeten worden. Wegen dienen strategisch aangelegd te worden, om zowel te zorgen voor een goede ontsluiting, als ook om een vlotte terugtrekking van het water mogelijk te maken. Verder zou een veerkrachtig verkeersnetwerk o.m. inhouden dat het gebied op verschillende manieren ontsloten is: wanneer een bepaalde weg of metrolijn wegvalt door inundatie dienen anderen deze functie over te nemen. Evenzo het energie- en rioleringsnetwerk, zij dienen speciaal op de specifieke omstandigheden van het buitendijks bebouwde gebied ingericht te worden. Om bij extreme inundatie de veiligheid te kunnen garanderen dienen belangrijke wegen die het gebied ontsluiten hoger aangelegd te worden om evacuatie over de weg te kunnen garanderen. Ook het gevaar van hitte-eilanden kan voorkomen worden door gebruik te maken van hitte-absorberend materiaal voor de wegen; daarnaast kunnen straten dienen als windtunnel voor de afvoer van hete lucht.

Enkele randvoorwaarden:

- Veilige en snelle afvoer van water, sediment en ijs moet gewaarborgd blijven.

- In geval van hoogwater/inundatie moet men een evacuatiemogelijkheid hebben, te voet danwel per boot. Hoofdwegen dienen het liefst bruikbaar te blijven in het geval van (minimale) inundatie.
- Schade aan infrastructuur in het geval van inundatie is minimaal zodat na terugtrekking van het water infrastructuur spoedig weer bruikbaar is.

Voorzieningen

Voor veel voorzieningen (zoals sportfaciliteiten, bibliotheken, banken etc.) gelden voor de fysieke representatie in het gebied dezelfde voorwaarden als bij de functies wonen en werken; wat betreft hun functie zijn ze zodanig niet onmisbaar, dat bij zeer hoog water of gevaar voor de veiligheid hun functie uitgeoefend moet worden. Voor de beschikbaarheid van levensbehoeften geldt dit niet: idealiter zou een systeem in de eigen behoeften moeten kunnen voorzien, maar in het geval van een stedelijk subsysteem als het buitendijks bebouwde gebied is dit niet aan de orde. Het begrip zelfvoorzienend kan ook anders uitgewerkt worden, door te vereisen dat eerste levensbehoeften in gebied aanwezig blijven ook als aanvoer tijdelijk stokt. Dit kan ondermeer gerealiseerd worden door ruimte beschikbaar te hebben voor opslag. Voor de keuze van materiaal en dergelijke gelden dezelfde randvoorwaarden als bij wonen.

Bij dreigende wateroverlast, overstroming of verwachte problemen door hitte zouden bepaalde (ramp)voorzieningen in werking kunnen treden om hulp te coordineren en schade te beperken. Omnivory is te bereiken door voorzieningen zoveel mogelijk fysiek te spreiden over het gebied, zodat ook de afhankelijk gespreid wordt. Zelfregulering, zelfredzaamheid en een flexibile overheid (flatness principe) zijn ook hier kernbegrippen; qua voorzieningen zou het gebied zichzelf idealiter moeten organiseren, om in het geval van verstoring zo efficient en effectief mogelijk te kunnen reageren. Ook een (groot) buffervermogen en in/uitwisselbaarheid van functies lijken erg relevant voor de functie voorzieningen, maar dit zou specifiek uitgewerkt moeten worden voor iedere specifieke voorziening.

Een veerkrachtig systeem heeft een hoog buffervermogen, in het geval van de casestudy betekent dit ondermeer dat het bij stress in ieder geval enige tijd zelfvoorzienend kan blijven.

- Minimale voorzieningen zijn aanwezig in het gebied en beschikbaar bij verstoring.

Overige

Door alleen naar veerkracht voor alle in het gebied aanwezige functies te zoeken, ontgaan ons de mogelijkheden die in het algemeen gelden. Bovendien zijn nog functies in het gebied aanwezig, die bij juiste toepassing bij kunnen dragen aan de algehele veerkracht.

Vanaf het begin van de bewoning van het gebied dient er duidelijke communicatie te zijn over risico's en de sociale component van een veerkrachtige strategie om hiermee om te gaan. Door bewoners bewust te maken van de risico's die het wonen en/of werken in het gebied met zich meebrengt en hen te betrekken bij een klimaatbestendige inrichting, wordt onvrede en onbegrip voor een (groot) deel voorkomen. Hiermee hangt samen dat er duidelijkheid moet zijn over de (financiële) aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid bij overlast en schade.
Een noodplan voor reactie en herstel bij verstoring en schade dient aanwezig te zijn; alle hulpdiensten en een vertegenwoordiging van de bewoners en werkgevers/nemers in het gebied dienen hierbij betrokken te zijn. Dit noodplan is gekoppeld aan een crisiscentrum dat in werking treedt bij reële dreiging. Dit crisiscentrum zou mobiel of meervoudig uitgevoerd kunnen worden (redundantie).
Naast de hiervoor besproken functies zijn er nog de overige functies recreëren en culturele functies/toerisme. Aangenomen wordt dat deze functies niet essentieel zijn voor het gebied. Ze dienen echter wel meegenomen worden in het bepalen van en inrichten op de uiteindelijke veerkracht.

In het algemeen is ophogen van het gebied een mogelijkheid om in ieder geval wateroverlast tegen te gaan en risico's met betrekking tot waterveiligheid te verkleinen. Absolute garanties tegen verstoring zijn echter niet te geven (zie bv. de wildcards). Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een kade om het gebied met een ruimtereservering voor ophoging in de toekomst.

Het homeostasis principe pleit voor stabiliserende terugkoppelingen die een externe verstoring remmen; bomen (en overig groen) hebben een verkoelend effect, bovendien bevorderen ze de luchtkwaliteit. Hetzelfde geldt voor de aanleg van groene daktuinen en gevels. Recreatieve onderdelen van het gebied als parken en pleinen kunnen tevens gebruikt worden als opslag voor water in het geval van inundatie (verdiept aangelegd), of juist dienen als vlucht/verzamelplaats in het geval van extreem hoogwater (verhoogde aanleg). Bij extreme hitte is dit gedeelte van de stad het aangewezen gebied om te verblijven.
Stedelijke vernieuwing heeft een zichtperiode van ongeveer 100 jaar (zie figuur 3.4), dit gegeven kan gebruikt worden als strategie om in te spelen op klimaatverandering en de effecten hiervan in stedelijk gebied. Dit is al eerder gepreciseerd voor de functies wonen en werken (hoge flux). Binnen het duurzaamheidsdenken wordt op het moment veel aandacht besteedt aan het cradle to cradle principe: alle materialen zijn herbruikbaar in eindeloze cycli. Topzwaarte van de hiërarchie in het gebied kan voorkomen worden door het misschien een aparte status te geven, omdat met name zeespiegelstijging op een fundamenteel andere manier zich manifesteert in dit gebied dan in het stedelijk gebied eromheen. Om in te kunnen spelen op verrassingen dient een traditie opgebouwd te

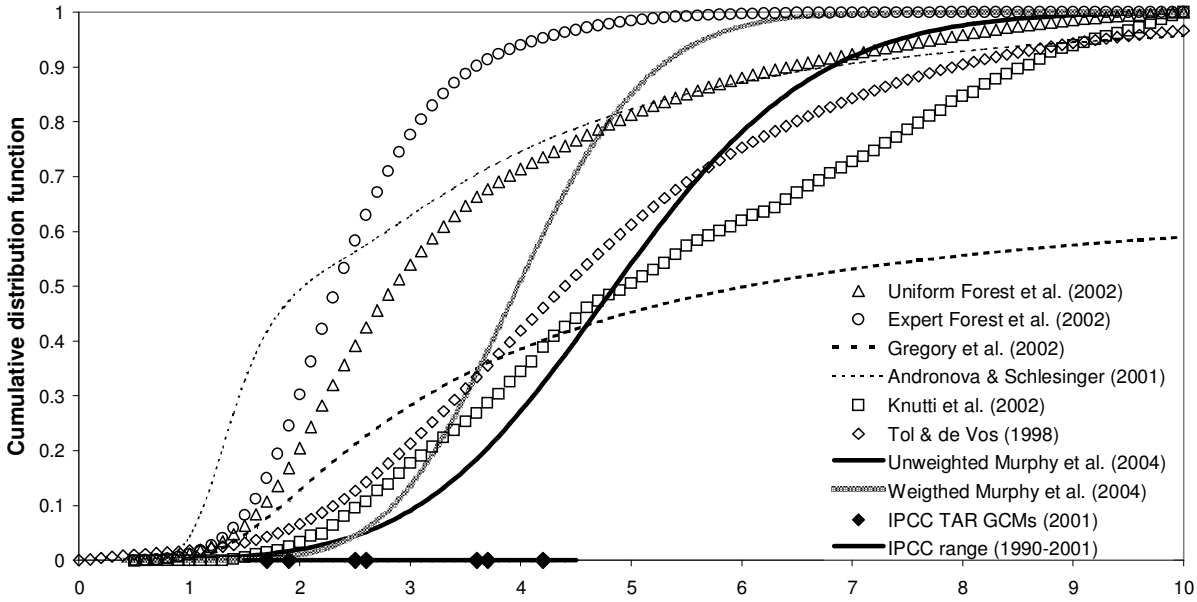
worden van zelfregulering en zelfredzaamheid, dit kan vooral gerealiseerd worden door bewoners van het gebied hier vanaf het begin op te wijzen en de ruimte toe te geven (flatness). Een (groot) buffervermogen en uitwerken van het redundancy principe kan alleen gerealiseerd worden door het gebied niet vol te plannen met enkele functies, maar essentiële functies (zoals infrastructurele voorzieningen) in meervoud uit te voeren. Ook kan het bouwen van multifunctionele ruimtes worden overwogen, die dienst kunnen doen als woning, kantoor, etc. waarvan gebruik gemaakt kan worden wanneer (delen van) deze functies elders in het gebied uitvallen.

4.10 Veerkracht en onzekerheid

De IPCC emissiescenario's zijn gebaseerd op verschillende geconstrueerde wereldbeelden van de toekomst, met verschillen in technische, sociale en economische ontwikkelingen wereldwijd. Tot halverwege de 21^{e} eeuw overlappen de bandbreedtes van de temperatuurstijging in deze verschillende scenario's aanzienlijk, en vertonen de klimaatscenario's niet veel verschillen (KNMI wetrapport). De onzekerheid over temperatuurstijging rond 2050 wordt grotendeels bepaald door het gebrek aan kennis van het klimaatsysteem (met verschillende uitkomsten voor hetzelfde scenario tussen verschillende GCM's) en de weergave hiervan door modellen, en niet zozeer door onzekerheid over het emissiescenario (Stott en Kettleborough 2001). Voor een kleinschalige regio, zoals West-Europa of Nederland is de onzekerheid bij het gebruik van GCM's en RCM's nog groter. Voor de KNMI scenario's is een analyse gemaakt van de klimaatmodellen die de huidige circulatiepatronen in West-Europa het beste weergeven. Daarnaast zijn de scenario's zo gekozen, dat ze een groot deel van de bestaande onzekerheden in beeld brengen.

De KNMI scenario's zijn dus ook niet gebaseerd op de emissiescenario's van het IPCC, wel is door het KNMI aangegeven binnen welk scenario's hun temperatuurstijging relevant is; voor het W en W+ scenario is dit het SRES A1B en A2 scenario, voor het G en G+ scenario is het het B1 en B2 scenario. De uitersten van de IPCC scenario's vallen echter niet binnen de bandbreedte van de KNMI scenario's.

Voor de constructie van de KNMI scenario's is gebruikt gemaakt van 5 GCM's die de grootschalige luchtcirculatiepatronen adequaat boven West-Europa goed weergaven (Van den Hurk *et al.* 2006). Voor de klimaatgevoeligheid (i.e. de mondiale gemiddelde oppervlakte opwarming bij een verdubbeling van de CO_2 concentratie) wordt aangenomen dat het tussen 2 – 4.5°C, met een beste schatting van 3°C. Onderstaande grafiek geeft een cumulatieve verdeling van de klimaatgevoeligheid uit een aantal studies met verschillende modellen weer (Dessai en Hulme 2004). Klimaatgevoeligheid is een begrip wat de evenwichtsreactie (uitgedrukt in temperatuurstijging) van de aarde geeft bij een verdubbeling van de CO^2 concentratie (tov. de pre-industriële concentratie).



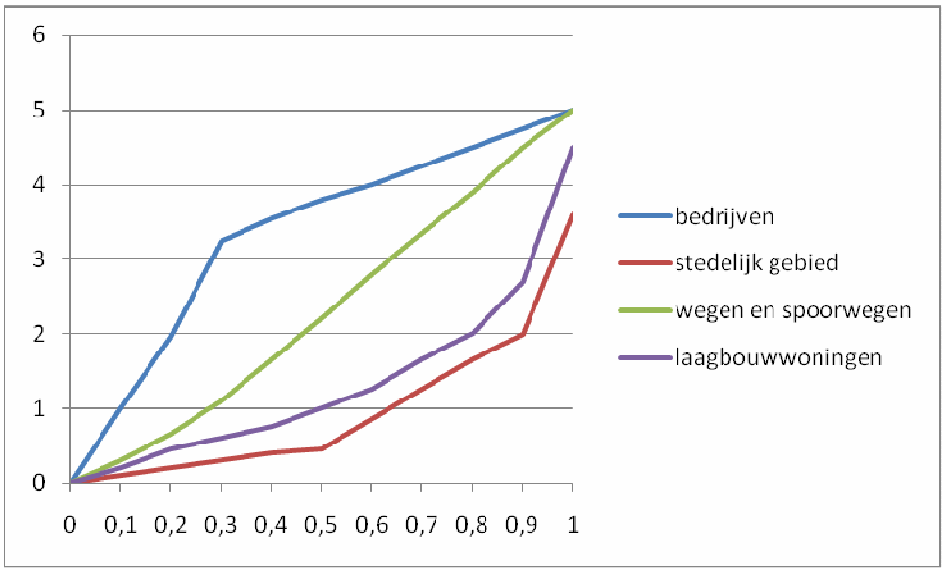
Figuur 4.10: Cumulatieve verdeling van de klimaatgevoeligheid uit een aantal studies met verschillende modellen.
Bron: Dessai en Hulme 2006

Het gebruik van modellen die elk een bepaalde klimaatgevoeligheid kennen brengt gezien de onzekerheid over de werkelijke klimaatgevoeligheid (dus niet: die in het model gerealiseerd wordt) onzekerheid met zich mee over de uitkomsten.

4.11 Kosten

Twee vormen van kosten zijn van belang bij de (her)inrichting van het buitendijks gebied. Als eerste de kosten (=investeringen) die gemaakt moeten worden om de veerkracht van het gebied te vergroten en/of de kans op schade bij verstoringen te verkleinen. Deze kosten houden bijvoorbeeld het ophogen van het gebied in, de keuze voor bepaald (duurder) materiaal voor de bouw van woningen, infrastructurele kosten en dergelijke. Daarnaast is er de (verwachte en werkelijke) gevolgschade door verstoring. Deze schade is onder te verdelen in economische schade, economische waardering en immateriële schade (Klein Tank 2004). Economisch gezien zou het raadzaam zijn het punt te vinden waar deze twee lijnen elkaar snijden, maar gezien de onzekerheden is dit onmogelijk. Wel is het van belang in het oog te houden dat de (extra) kosten die gemaakt worden om de veerkracht van het gebied te vergroten ook een (economisch) nut hebben.

Onderstaande grafiek geeft de schadefactor aan, uitgezet tegen de inundatiehoogte. Wanneer bijv. niet gekozen wordt voor ophoging van het gebied, en de totale kosten per sector/functie bekend zijn, kan de figuur gebruikt worden om investeringen te maximaliseren.



Figuur 4.11: Schadefactor voor diverse sectoren uitgezet tegen inundatiehoogte.
Bron: Ingenieursbureau Rotterdam 2005

4.12 Tijdschaal inplementatie

Bij het inrichten van het gebied spelen verschillende tijdschalen die elkaar overlappen en soms andere prioriteiten en belangen geven. Ook bij het veerkrachtig inrichten en houden van het gebied gelden verschillende tijdschalen.

De fysieke component van veerkracht speelt vooral tijdens de planningsprocedure en inrichting van het gebied. Degradatie van fysieke objecten en tussentijdse veranderingen en verbeteringen hangen samen met de sociale component. De sociale component moet in de jaren dat het gebied bestaat opgebouwd worden: het vormen van een (collectief) sociaal geheugen, en opbouwen van zelfredzaamheid en adaptief vermogen.

Bovendien is het gebied nooit af: continu dient gezocht te worden naar verbetermogelijkheden om het gebied veerkrachtiger te maken; dit op basis van ervaringen van bewoners en het adaptief reageren op bestaande verstoringen.

5 Discussie

In deze discussie wordt eerst de gebruikte methode besproken (i.e.: literatuurstudie, interviews, workshop), waarna enkele opmerkingen worden geplaatst bij de punten uit de conclusie en aanbevelingen.

5.1 Methode

Stedelijke veerkracht betreft een concept dat ondermeer door de Resilience Alliance onderzocht wordt op potentie op het gebied van klimaatadaptatie (zie bijv. (Alliance 2007). In deze studie is na het de begrippen veerkracht en onzekerheid in de bestaande literatuur te onderzoeken, het begrip veerkracht geoperationaliseerd in een casus. Met name de interviews en de workshop leverden veel nieuwe ideeën op om in concrete maatregelen de veerkracht van het gedefinieerde systeem te beïnvloeden. Door het ontbreken van adequate indicatoren konden deze maatregelen niet tegen elkaar afgewogen worden. Bij de interviews en workshop bleek dat er onder beleidsmakers grote behoefte bestaat aan een robuust beleid wat de onzekerheid over met name de veiligheid en hittebestendigheid van het onderzochte gebied uit de casus adequaat meeneemt. In deze studie is geen analyse opgenomen hoe de voorgestelde maatregelen rekenen met onzekerheid.

5.2 Mentaliteitsverandering

De veerkrachtbenadering heeft voor de casus het buitendijks bebouwd gebied van Rotterdam nieuwe inzichten opgeleverd ten aanzien van de onzekerheden die leven naar de toekomst toe. Het vereist echter een mentaliteitsverandering om af te zien van uiteindelijke kwantificaties van risico's in de toekomst en een vastgesteld streefbeeld los te laten. Bovendien lijken sommige extra kosten die gemaakt worden overbodig. Eén van de conclusies was het belang van een op veerkracht ingestelde bevolking. Verbonden met het flatness principe dat vooral op bestuurlijk vlak een rol speelt betekent dit een heel andere status van het buitendijks gebied dan andere gebieden waar (her)inrichting aan de orde is. Het is de vraag of dit mogelijk is voor een relatief klein gebied als het buitendijks gebied van de casus. Wellicht dat een veerkrachtbenadering van dit gebied ingebed moet zijn in een andere benadering dan de huidige van bijv. de hele Randstad, met de bestuurlijke consequenties daarbij ingesloten. Een andere mogelijkheid zou zijn een eigen benadering voor alle buitendijks liggende gebieden in Nederland te ontwikkelen.

5.3 Veerkracht als ecologisch concept

De veerkrachtbenadering is een systeem benadering, waarbij het te onderzoeken gebied of onderwerp geclassificeerd en geanalyseerd wordt als systeem. Het begrip veerkracht is afkomstig uit de ecologie, waarbij een afgesloten systeem wordt onderzocht op

veerkracht, omslagpunten en alternatieve evenwichten. De benadering is niet één op één over te brengen naar het stedelijk gebied.
Als eerste is het stedelijk gebied geen op zichzelf staand en zelfvoorzienend systeem, voor het buitendijks gebied geldt dit nog minder door de beperkte omvang en de afhankelijkheid van de rest van de stad (bijv. bestuurlijk). Er is geen mogelijkheid tot voedselproductie en de productie van de in de stad gebruikte (bouw)materialen. Gezien de als tweede genoemde karakteristiek van veerkracht (de mate waarin een systeem in staat is zichzelf te organiseren) is veerkracht dus slechts tot een zeker niveau te realiseren.
Vervolgens is voor het stedelijk gebied –zeker wanneer het om het buitendijks gebied gaat- de link met adaptieve capaciteit cruciaal. Om zowel flexibel als pro-actief te reageren is een op veerkracht ingestelde bevolking nodig, deze pro-actieve instelling zelf valt onder adaptieve capaciteit. In deze scriptie wordt veerkracht gezien als één van de componenten van adaptieve capaciteit; een veerkrachtig systeem heeft als het ware de essentiële kwaliteiten voor aanpassing in zich. Nader onderzoek naar deze casus zou daarom eerder uit moeten gaan van het concept adaptieve capaciteit in plaats van veerkracht, met veerkracht als een van de attributen die adaptieve capaciteit beïnvloeden. Dit om de benadering conceptueel zuiver te houden.
Bij het nadenken over concrete maatregelen voor het gebied vanuit de zes eigenschappen van veerkracht werd steeds teruggegrepen op voorbeelden vanuit de ecologie. Dit kwam doordat het stedelijk gebied een nieuwe richting is om dit concept op toe te passen. Wanneer in de toekomst hier meer ervaring mee opgedaan is, zal veerkracht voor het stedelijk gebied ook een eigen traditie gaan kennen met meer ervaring, discussie en creativiteit die hierop voortbouwt.

5.4 Oplossingsrichtingen

In de conclusie werden drie oplossingsrichtingen genoemd, nl. thema's, tijdschaal en zelfred-zaamheid. Deels zijn er synergieën te ontdekken in de voorgestelde maatregelen, deels zijn de maatregelen (of: oplossingsrichtingen) tegengesteld. Met behulp van nog te ontwikkelen indicatoren zal het in de toekomst mogelijk zijn specifieke sets van maatregelen tegen elkaar af te wegen.
De onderzoeksopdracht behelsde het operationaliseren van de veerkrachtbenadering voor het buitendijkse gebied van Rotterdam; bij het uitwerken van de verschillende principes van veerkracht zijn maatregelen voorgesteld, die binnen de kaders van dit onderzoek niet financieel en bouwtechnisch uitgewerkt konden worden. Zowel wateroverlast en waterveiligheid aan de ene kant en hitte aan de andere kant vragen specifieke maatregelen betreffende de inrichting van het gebied (bv. ruim opgezet) en de vereisten aan gebouwen; waarschijnlijk zijn hier synergieën te bereiken. Ook diversificatie van de energievoorziening biedt het hoofd aan meerdere verstoringen.

Bij het gebruiken van een geplande levensduur van het gebied als uitwerking van de veerkrachtbenadering botst deze oplossingsrichting waarschijnlijk met de fysieke maatregelen die binnen de benadering voorgesteld worden. Deze specifieke keuzes en maatregelen brengen (veel) meer kosten met zich mee dan het geval zou zijn voor het inrichten van stedelijk gebied op een andere locatie. De door gemeente Rotterdam gebruikte zichthorizon hiervoor is 200 jaar; om in te spelen op de onzekerheid van toekomstige klimaatverandering en adaptief te reageren op potentiële verstoringen die verminderd kunnen worden door aanpassingen aan de fysieke inrichting is een zichthorizon van ca. 50 jaar aan te raden. Het is eveneens mogelijk dat een hoge flux van het gebied als geheel ten koste gaat van de sociale veerkracht.

5.5 Kosten

Veerkracht als principe bij klimaatadaptatie levert nieuwe inzichten op, maar beantwoordt niet alle vragen. Een belangrijk punt wat vaak terugkwam in de interviews betreft de kosten van maatregelen die de veerkracht van het gedefinieerde systeem vergroten. Een aanvullende methodiek is noodzakelijk om een efficiënte afweging te kunnen maken over te implementeren (sets van) maatregelen (bijv. scenario's die veerkracht op een verschillende manier invullen).

5.6 Overig

Door de gemeente Rotterdam wordt bij de (her)inrichting van het buitendijks gebied vooral rekening gehouden met zeespiegelstijging in de toekomst. Bij de analyse binnen de casus bleek ook het temperatuurverloop en de onzekerheid hiervan in de komende decennia van belang. Daarnaast gaven de wildcards meer informatie over mogelijke verstoring bij ondermeer een extreme winter en een lage waterstand van de Nieuwe Maas. In de casus is vooral uitgegaan van verstoringen als gevolg van klimaatverandering; voor de veerkrachtbenadering is het juist van belang dat een volledige analyse van alle mogelijke verstoringen gemaakt wordt, niet alleen die als gevolg van klimaatverandering of meer in het algemeen van natuurlijke oorsprong.

De casus bleek goed gekozen te zijn. In het gebied spelen directe effecten van klimaatverandering, er was veel interesse en openheid vanuit de gemeente Rotterdam en bovendien is zij zelf op het moment ook al bezig met innovatieve manieren om het gebied in te vullen en klimaatbestendig te maken. In de interviews en tijdens de workshop zijn echter niet alle relevante partijen betrokken. Bij een mogelijk vervolg dient dit wel te gebeuren.
Een al op een eerder punt genoemd tekort van het onderzoek is de afwezigheid van een kwantitatieve analyse van de aangedragen oplossingen. Bovendien is ecologie buiten beschouwing gelaten bij het bespreken van de veerkracht van het gebied.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken ten aanzien van het concept veerkracht en de bruikbaarheid van een veerkrachtbenadering ten aan zien van de onzekerheden bij het inspelen op verstoringen door klimaatverandering. Dit is onderzocht aan de hand van een concrete casus waarin het veerkrachtprincipe is geoperationaliseerd voor het buitendijkse gebied van Rotterdam. Het hoofdstuk wordt afgesloten met enkele aanbevelingen voor verder onderzoek.

De doelstellingen die leidend waren zijn:

1) Inzicht krijgen in het begrippen veerkracht en onzekerheid; begrip krijgen hoe een veerkrachtbenadering om kan gaan met onzekerheden in de toekomst.
2) De veerkrachtbenadering operationaliseren in een casus: het buitendijks (bebouwde) gebied van Rotterdam.

6.1 Veerkracht en onzekerheid

In de literatuur worden adaptieve capaciteit en veerkracht door elkaar gebruik, waarbij veerkracht gezien wordt als attribuut van adaptieve capaciteit, en andersom. Om het begrip veerkracht bruikbaar te maken voor toepassing dient het nauwkeurig gedefineerd en afgebakend te worden. Voorgesteld is onderstaande definitie van veerkracht aan te houden: *de capaciteit van een systeem om verstoring te tolereren zonder dat het systeem omslaat naar een kwalitatief andere, meestal ongewenste, modus*, waarbij veerkracht gereserveerd wordt om de volgende specifieke karakteristieken van een systeem te beschrijven:

- De hoeveelheid verandering die een systeem kan ondergaan terwijl ze desondanks de controle behoudt over haar functies en structuur;
- De mate waarin een systeem in staat is tot het zelforganisatie;

Veerkracht dient in deze benadering gezien te worden als één specifieke factor die van invloed is op adaptieve capaciteit; adaptieve capaciteit behelst ondermeer de derde karakteristiek die vaak gereserveerd wordt voor veerkracht: ‘het vermogen te leren en de aanpassingscapaciteit *(i.e.: van het systeem)* te vergroten’.
Verschillende eigenschappen van veerkracht zijn in hoofdstuk 3.3 uitgelegd: homeostasis, omnivory, hoge flux, flatness, buffervermogen en redundancy.

Wanneer onzekerheid een belangrijke rol speelt is het uiteindelijke doel bij het nemen van beslissingen het voorkomen van verrassingen bij ongewenste impacts, en niet het uitstellen van beslissingen in de hoop dat onzekerheid opgelost of verkleind wordt door meer onderzoek. Bronnen van onzekerheid omvatten statistische onzekerheid, scenario

onzekerheid en onbepaaldheid (risico niet in te schatten of volledig onbekende risico's). De veerkrachtbenadering zet juist in op mogelijke impacts en onderzoekt de mogelijke verstoringen bij verschillende onzekerheden. Er is vooaf geen optimum oplossing bekend door de aanwezigheid van onzekerheden; een veerkrachtig systeem is ingesteld op verstoringen vanuit diverse (bekende en onbekende) bronnen; bovendien is het systeem nooit af maar permanent in wisselwerking met de toekomst.

6.2 Casus Buitendijks bebouwd gebied Rotterdam

Het gebied van de casus ligt in het centrum van Rotterdam en heeft een woonstedelijke bestemming. Enkele deelgebieden kunnen worden onderscheiden, met, afhankelijk van de locatie, een rustig-stedelijk of centrum-stedelijke bestemming. Het Waal- en Eemhavengebied is buiten beschouwing gelaten gezien de havenfunctie die daar intact blijft.

Drie belangrijke oplossingsrichtingen uit bovenstaande analyse onderscheiden de veerkrachtbenadering: nl. thema's, tijdschaal en zelfredzaamheid.
Allereerst de thema's. Gezien de huidige insteek van de gemeente Rotterdam bij het analyseren van de risico's in het buitendijks bebouwd gebied is vooral zeespiegelsstijging een aandachtspunt. De KNMI scenario's schieten te kort om de onzekerheid over zeespiegelstijging volledig in kaart te brengen; bovendien is zeespiegelstijging op zichzelf niet een afdoende factor, ook de verandering in stormpatronen boven Noord-West Europa is van belang.
Ook de onzekerheid in het temperatuurverloop in de komende eeuw(en) kan gaan meespelen, ondanks het open karakter van het buitendijks gebied. Geconcludeerd kan worden dat het raadzaam is in te spelen op de KNMI scenario's bij de inrichting van het gebied (concreet: het gebied tot een zeker uitgiftepeil op te hogen) en de veerkrachtbenadering te
gebruiken om onzekerheid af te dekken. Bovendien gaan de concrete adviezen vanuit de veerkrachtbenadering in veel gevallen om no-regret en low-regret opties. De veerkrachtbenadering zou ingrijpen op de inrichting van het gebied door concreet tegemoet te komen aan de zes principes. Er worden andere keuzes gemaakt dan binnen de door de gemeente Rotterdam gehanteerde risicobenadering wat betreft de planning van wegen en objecten, het gebruik van (bouw)materiaal, de keuzes voor infrastructuur en maatregelen met betrekking tot veiligheid.

Als oplossingsrichting wordt verder voorgesteld om de levensduur van het gebied te gebruiken om in te spelen op klimaatverandering. Wanneer de zichthorizon duidelijk wordt afgebakend kunnen bepaalde gevolgen van klimaatverandering worden uitgesloten als relevant voor beslissingen die nu genomen worden. Deze zichthorizon is gezien de onzekerheid voor de toekomst (veel) lager dan de 200 jaar die staat voor stedelijk gebied.

Wanneer de kosten de baten op dit punt overschrijden en het risico van een minder veerkrachtig ingericht gebied te groot wordt geacht, dient niet-bouwen nadrukkelijk ook een optie te zijn voor de gemeente Rotterdam. Geconcludeerd kan worden dat het gebied nooit af is en zal zijn, de veerkracht dient continu geëvalueerd te worden.

Tenslotte heeft het unieke van het buitendijks gebied als stedelijk gebied consequenties voor de bewoners van het gebied, in die zin dat ze actief betrokken dienen te zijn op hun leefomgeving. Binnen de veerkrachtbenadering is (of: wordt verondersteld dat) de bevolking in het algemeen beter ingesteld op verstoring in de toekomst doordat geen (vals) besef van zorgeloosheid en veiligheid wordt gegeven. Geredeneerd vanuit de veerkrachtbenadering zijn de inwoners onderdeel van het stedelijk systeem en dienen daarom meegenomen te worden in de analyse. Vanuit de casus bleek dat het verschil uitmaakt voor de veerkracht van het systeem hoe zelfredzaam de inwoners zijn; deze instelling zelf geeft een bepaalde veerkracht. Hoe dit concreet in de tijd ingevuld en onderhouden wordt is meer een onderwerp voor een uitgebreide analyse in combinatie met de adaptieve capaciteit van het gebied en valt zodoende buiten het bestek van deze scriptie.

6.3 Aanbevelingen

Indicatoren

Een grote verscheidenheid aan maatregelen werd benoemd bij de uitwerking van de casus. Er was niet voldoende tijd om indicatoren te ontwikkelen aan de hand waarvan maatregelen getoetst kunnen worden op hun bijdrage aan de veerkracht van het systeem. Deze indicatoren zijn wel nodig wanneer verder gegaan wordt met veerkracht als leidend principe bij de (her)inrichting van het gebied. Hiernaast zijn de indicatoren te gebruiken om de gevoeligheid van het hele systeem voor verandering te toetsen en monitoren.

Eigen benadering buitendijkse gebieden

Een manier om veerkracht in het buitendijks bebouwde gebied te bereiken op een manier die meer aansluit bij haar karakteristieken is om de buitendijkse anders te benaderen dan nu het geval is. Gezien de specifieke behoeften van het buitendijkse gebied zijn (waarschijnlijk) andere maatregelen nodig om flexibel en adaptief te kunnen reageren op klimaatverandering. Wel dient het gebied (als systeem) blijvend gezien te worden als onderdeel van het grotere stedelijk gebied, maar vervolgonderzoek naar de mogelijkheid van een eigen benadering voor alle buitendijks liggende gebieden in Nederland lijkt gebieden lijkt op zijn plaats.

Vervolgonderzoek

In deze studie is geen analyse opgenomen hoe de voorgestelde maatregelen rekenen met onzekerheid. Dit geldt als aanbeveling voor vervolgonderzoek.

Figuren en tabellen

Figuur 3.1: Gradaties van onzekerheid.
Figuur 3.2: Relevante onzekerheden op impact niveau voor het buitendijks (bebouwde) gebied.
Figuur 3.3: Locatie buitendijks (bebouwde) gebied Rotterdam.
Figuur 4.1: Het gebied van de casus
Figuur 4.2: Overzicht tijdschalen.
Figuur 4.3a/b: Veranderende relatie tussen gemiddelde en extremen.
Figuur 4.4: Huidige maaiveldhoogte van het buitendijkse gebied Rotterdam.
Figuur 4.5: Verandering relatie waarschijnlijkheid voorkomen en gemiddelde.
Figuur 4.6a/b: Relatie range in zomer- en wintertemperatuur in Nederland ten opzichte van mondiale temperatuurstijging.
Figuur 4.7a/b: Verwachte zeespiegelstijging tot 2100/3000.
Figuur 4.8a/b: Toename in jaarlijkse (a) en eens-per-50-jaar (b) voorkomen van stormsterkte voor SRES A1B scenario in vijf modellen.
Figuur 4.9: Inundatie in het buitendijks gebied van Rotterdam bij waterstand 4.10 m +NAP.
Figuur 4.10: Cumulatieve verdeling van de klimaatgevoeligheid uit een aantal studies met verschillende modellen.
Figuur 4.11: Schadefactor voor diverse sectoren uitgezet tegen inundatiehoogte.

Tabel 3.1: Taxonomie van rampen op het gebied van milieu.
Tabel 4.1: Gemiddelde overschrijdingsfrequenties Hoek van Holland en Rotterdam Centrum.

Bijlage I | Beschrijving buitendijks gebied (bebouwd/nieuw) Rotterdam

De missie van het gemeentebestuur, zoals vastgelegd in de Stadsvisie 2030, luidt als volgt: 'Bouw aan een sterke economie en een aantrekkelijke woonstad'. Deze missie rust op twee pijlers: 1) een sterke economie (meer werkgelegenheid) en 2) aantrekkelijke woonstad (evenwichtige bevolkingssamenstelling). In de stadsvisie is ingezet op bouwen binnen de bestaande stad. Concreet voor 2030 is een zgn. verdichtingsopgave van 56.000 huizen voorzien. Het waterfront langs de Maas zal ontwikkeld worden tot bepalend gezicht van Rotterdam. De verdichtingsopgave zal ten dele gerealiseerd worden in bestaande wijken aan de rivier, en voor een ander deel zullen bestaande havengebieden aan de Maasoever (Stadshavens) getransformeerd worden naar stedelijk woon- en werkgebied.

Het buitendijks bebouwde gebied van Rotterdam, zowel bestaand als nieuw, ligt in het deel Rivierstad. Voor een overzicht zie figuur 1.



Figuur 1: bestaand en nieuw bebouwd gebied Rivierstad. Bron: Waterplan 2

Op het moment bestaan er al enkele wijken in Rotterdam buitendijks. Dit betreffen wijken die gebouwd zijn in de negentiende eeuw (in deelgemeente Feijenoord, vooral sociale woningbouw) en het begin van de twintigste eeuw (Heijplaat). Heijplaat wordt

echter beschermd door een waterkering, en wordt buiten het bestek van dit onderzoek gelaten. In de betreffende wijken van Feijenoord komt wateroverlast voor bij een hoge waterstand van de Maas, ongeveer één keer per jaar zo'n tien cm water (LdH).
Bij het herinrichten van de oude stadshavens gaat het concreet om de volgende (gedeelten van) wijken: Nieuw Mathenesse (ofwel: het gebied rond de Vier- en Merwehavens, bestaande & nieuwe bebouwing), Schiemond (bestaand), het gebied rondom Veerhaven en de Maasboulevard (bestaand), Zuiddieppe (bestaand), de Kop van Zuid en omgeving (bestaand), het gebied rond de Rijn- en Maashavens (bestaand en nieuw) en een gedeelte van de Waalhaven (nieuw). Voor dit gebied zijn verder grote herstructureringsprojecten gepland (oa in de Waal- en Eemhaven), maar deze vallen buiten het bestek van dit onderzoek. Ze worden hieronder wel kort even genoemd.

Gebied rond de Rijn- en Maashavens

Stadsvisie 2030: 'de ontwikkeling van een centrumstedelijk woonmilieu rond de Rijnhaven en van een rustigstedelijk woonmilieu rond de Maashaven (samen 3000 tot 5000 woningen). Uitgangspunt voor verstedelijking van beide havens is het wonen op het water.' Hiernaast wordt in dit gebied het European China Centre gerealiseerd (ca 100.000 m2). Verder krijgen de wijken rondom deze havens (Katendrecht, Afrikaanderswijk etc) een meer specifieke invulling.
Katendrecht en Afrikaanderswijk: tot 2015/2020; Rijnhaven, Maashaven: tot 2030.
[Probleempunt: verplaatsing van de binnenvaart nodig.]

Vierhavens en Merwehaven (oa Lloydkwartier)

Het fruit- en sappencluster uit de Vierhavens en Merwehaven wordt op termijn verplaatst naar de Waalhaven; na 2020 komt hier een groot gebied vrij wat getransformeerd zal worden naar een woon-werkgebied (ca. 4000 – 5000 woningen). Stadsvisie 2030: 'Het wordt geen traditionele ontwikkeling door volledige sloop en nieuwbouw, maar een geleidelijke transformatie naar een gemengd, uniek haven- en stadsmilieu met maritieme bedrijvigheid, creatieve economie en woningbouw.' De vierhavenstrip wordt een bedrijventerrein met dakpark.
Lloydkwartier: tot 2015; Vierhavenstrip: tot 2010; Vierhavens en Merwehaven: tussen 2020 en 2030.

Waal- en Eemhavengebied

Uit de Stadsvisie 2030: Intensivering van *shortsea*, vernieuwing van havenfuncties en aantrekken van avengerelateerde kennis en dienstverlening.
Heijplaat: tot 2020; Waal- en Eemhavengebied: tot 2030.

Scheepvaartkwartier
Stadsvisie 2030: 'Het Scheepvaartkwartier - een beschermd stadsgezicht - is met haar statige panden en representatief imago een aantrekkelijke vestigingsplaats voor bedrijven in de creatieve/ zakelijke dienstverlening, en voor bewoners met hoge inkomens.'
Tot 2015/2020.

Kop van Zuid
Nieuw stadsdeel met 5300 woningen en 400.000 m2 kantoorruimte, gereed in 2010.

Wilhelminapier
Stadsvisie 2030: 'Allereerst de voltooiing van de transformatie van de Wilhelminapier: een locatie met een rijke historie, een eigen skyline, een aantrekkelijke mix van wonen, werken, cultuur, horeca en voorzieningen, een fraaie buitenruimte en een goede bereikbaarheid. Dit wordt hét trendy, meest glossy gemengd binnenstedelijke gebied van Rotterdam.'

Parkstad
Voormalig rangeerterrein wat ontwikkeld wordt tot woongebied met 2000 – 3000 huizen, kantoren en diverse voorzieningen. Ligt voor een gedeelte buitendijks –waterkering als barriere-? Tussen 2010/2020.

Boompjes
Transformatie van de Boompjes zal pas plaatsvinden nadat de (her)inrichting van andere toplocaties afgerond is. Tussen 2020/2030.

Een adaptieve strategie wordt door de gemeente Rotterdam gepropageerd om adequaat in te spelen klimaatverandering (cq zeespiegelstijging en verandering in rivierafvoer). In het Waterplan 2 wordt voor beide typen gebieden een richting gewezen. Voor bestaand stedelijk gebied word nagedacht over het invoeren van 'stedelijk hoogwaterbeheer' (bv. een bewegende vloedkering, vloedbalken, het ontwikkelen van een waarschuwingssysteem). Voor de oude haventerreinen wordt, naast maatregelen tijdens de herstructuring om tot een hoogwaterbestendiggebied te komen, nagedacht over innovatieve oplossingen (ondermeer terpwoningen, vloedbruggen, vluchtpunten).

Bijlage II | Watersysteem

Het buitendijkse gebied van Rotterdam is gelegen aan de Nieuwe Maas. Op het gebied van water en waterveiligheid is naast de afvoer van de Nieuwe Maas is vooral ook de hoogte van de zeespiegel, het sluitingsregime van de Maeslantkering en de invloed van de wind van belang. De zee stuwt het water van de Nieuwe Maas op, de wind dient meegenomen te worden in verband met stormopzet en de hoogte van windgolven.
De getijdewerking van de zee is ter hoogte van Hoek van Holland ongeveer 1.7 meter (gem. hoog water 1.32 m +NAP, gem. laag water 0.39 m –NAP) als ook in het centrum van Rotterdam. De dijkhoogte voor Rotterdam Noord (dijkring 14) is gedimensioneerd op een veiligheidsniveau van 1:10.000, voor Rotterdam Zuid (dijkring 17) op 1:4000. In Rotterdam Centrum is de dijkhoogte +5.5 m NAP. Wanneer de waterstand hier een niveau van ca 3 m +NAP bereikt, wordt de Nieuwe Waterweg dmv de Maeslantkering (hoogte 6 m NAP) afgesloten.
Het buitendijks gebied wordt niet beschermd door een hoofdwaterkering, maar worden wel beschermd door de stormvloedkering.
De maaiveldhoogte van het buitendijks gebied ligt voor het grootste gedeelte v.a. ong. +3.25 m NAP. Een groot gedeelte ligt op +5 m NAP, enkele gebieden echter hebben een maaiveldhoogte van ong. 2.5 m NAP.
Enkele karakteristieken zijn gegeven in de drie volgende tabellen.

Gemiddelde waterstanden Rotterdam Centrum
en Hoek van Holland bij gemiddelde afvoer (2200 m3/s)
Bron: Waternormalen, slotgemiddelde 1998

	Rotterdam Centrum			Hoek van Holland		
	HW-stand in cm + NAP	**LW-stand in cm +NAP**	**tijverschil in cm**	**HW-stand in cm + NAP**	**LW-stand in cm +NAP**	**tijverschil in cm**
type tij						
gemiddeld tij	132	-39	171	111	-63	174
springtij	148	-38	186	130	-60	190
doodtij	112	-38	150	88	-60	148
gemiddelde waterstand	**24**			**7**		

Gemiddelde overschrijdings frequentie per jaar

Hoek van Holland

frequentie	stand in cm
1x per 10.000 jaar	505
1x per 1.000 jaar	430
1x per 100 jaar	360
1x per 50 jaar	340
1x per 20 jaar	315
1x per 10 jaar	300
1x per 5 jaar	280
1x per 2 jaar	260
1x per jaar	245
2x per jaar	230
5x per jaar	210
Basispeil	505

Rotterdam centrum

frequentie	stand in cm
1x per 10.000 jaar	358
1x per 4.000 jaar	351
1x per 1.000 jaar	342
1x per 100 jaar	326
1x per 10 jaar	299
1x per 2 jaar	268
1x per jaar	256
Maatgevende waarde	360

In de huidige situatie (afvoer Nieuwe Maas, zeespiegel) zou het buitendijks gebied ongeveer eens in de 100 jaar inunderen, een gedeelte echter ongeveer één keer per jaar, het gedeelte wat is aangelegd op 5 m +NAP is zelfs in de hoogste klasse veilig voor overstroming. De Maeslantkering sluit bij ca. 3 m +NAP (Rotterdam Centrum), maar heeft echter een faalkans van 1:100.

Bijzonderheden periode 1971-1990

	Rotterdam centrum		**Hoek van Holland**	
datum	**stand cm +NAP**	**kenmerkende waarde**	**stand cm +NAP**	**datum**
28-jan-94	293	hoogst bekende waarde	385	1-feb-53
19-jan-72	-153	laagst bekende waarde	-209	14-mrt-64
21-nov-71	293	maximale rijzing	340	2-mrt-87
4-jan-76	273	maximale daling	323	4-jan-76

Toekomst

In 2007 bracht het Intergovernmental Panel on Clim ate Change (IPCC) haar vierde klimaatrapport uit met de nieuwste inzichten op het gebied van klimaatverandering wereldwijd. Naast directe waarnemingen van recente klimaatveranderingen, trends in het klimaatsysteem over de laatste decennia en een analyse van mogelijke oorzaken, biedt het rapport perspectief op de (voor een gedeelte onzekere) toekomst middels klimaatprojecties. Belangrijke conclusies uit voorgaande rapporten blijken bevestigd of aangescherpt, ondermeer een geobserveerde zeespiegelstijging van 17 cm in de 20^{e} eeuw (met een verdubbeling van de snelheid in de periode 1993-2003 tov 1900-1992) en de conclusie dat het zeer waarschijnlijk is dat de intensiteit en/of frequentie van neerslag in de toekomst toe zal nemen.

In 2006 presenteerde het KNMI vier klimaatscenario's voor Nederland, met daarin een beeld van de veranderingen in o.m. temperatuur, neerslag en zeespiegel voor een klimatologische periode van 30 jaar. De scenario's zijn ontwikkeld op basis van de uitkomsten van een groot aantal (mondiale en regionale) klimaatmodellen en Nederlandse meetreeksen uit het verleden. Uit de uitkomsten zijn vier verschillende oplossingen geselecteerd, die volgens het KNMI stuk voor stuk even aannemelijk zijn. Voor dit onderzoek belangrijke conclusies zijn onder meer:

Neerslag

Vanaf 1906 is de jaarlijkse neerslag toegenomen met 18%. Meer specifiek naar seizoen: winter +26%, voorjaar +21%, zomer +3% en herfst +26%. Bovendien nam in de winter de neerslaghoeveelheid in lange periodes met veel regen toe. De hoogste 10-daagse neerslagsom per winter steeg met 29%. In de G en W scenario's (zonder verandering in stromingspatronen in de lucht) neemt de neerslag in Nederland zowel in de zomer als in de winter toe met circa 3% per graad wereldwijde temperatuurstijging. In de G+ en W+ scenario's (met verandering van stromingspatronen) neemt de neerslag extra toe in de winter (circa +7% per graad) en juist af in de zomer (circa -10% per graad). De afname in de zomer komt vooral door de afname van het aantal dagen met regen.

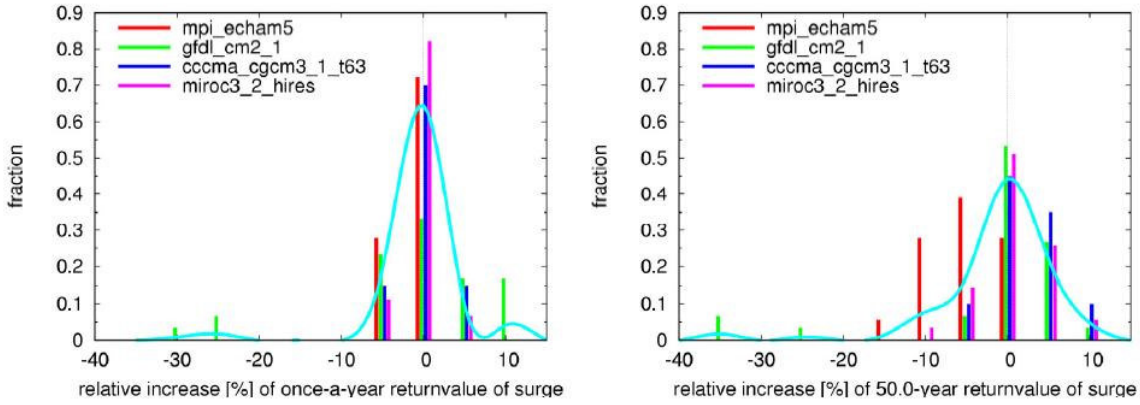
Zeespiegel

De absolute zeespiegelstijging is in de scenario's rond 2050 aan de Nederlandse kust tussen de 15 cm en 35 cm. Omstreeks 2100 varieert de stijging tussen de 35 cm en 85 cm. De zeespiegel blijft na 2100 verder stijgen en de stijging bedraagt in 2300 tussen de +1 m en de +2,5 m. De klimaatmodellen laten onderling grote verschillen zien in de gevoeligheid van de zeespiegelstijging voor een verhoging van de luchttemperatuur. Om met deze onzekerheid te kunnen rekenen is per scenario de bandbreedte aangegeven voor zeespiegelstijging, in plaats van één getal. De scenario's verschillen alleen door de verschillen in de wereldwijde temperatuurstijging. In de nieuwe scenario's wordt de absolute zeespiegelstijging gepresenteerd, wat ongeveer overeen komt met de

verandering in de stand ten opzichte van NAP (= Nieuw Amsterdams Peil). Om de relatieve verandering van het zeeniveau ten opzichte van de Nederlandse bodem te verkrijgen, moet de bodembeweging nog worden opgeteld bij de scenario's. Voor de 20e eeuw wordt voor het betreffende gedeelte van Rotterdam een bodemdaling verwacht van 2-10 cm tov de huidige situatie (Rijkswaterstaat, NAM).

Wind

De verandering in hoogste daggemiddelde windsnelheid is in alle vier scenario's gering: voor De Bilt W: -1%, G: 0%, G+: +2% en W+: +4%. De GCM-voorspellingen voor extreme wind zijn minder consistent onderling, vooral de voor Nederland relevante storm vanuit het noord-westen. SRES A1B gegevens, verkregen uit dezelfde GCM's die gebruikt worden voor het construeren van de KNMI '06 scenario's, zijn ingevoerd in een eenvoudig model wat storm berekent, met onderstaande grafiek voor 2050 als resultaat.



Voor SRES A2 en B2 scenario's zijn modelsimulaties uitgevoerd naar het verschil in hoogte van een storm met een frequentie van eens in de 50 jaar (Lowe & Gregory 2005); zowel het A2 als B2 scenario gaf voor 2080 de Nederlandse kust een hoogteverschil van +0.1 -+0.25 meter te zien. De auteurs van deze studie berekenden ook het totale hoogteverschil, en namen daarbij aan dat dit hoogteverschil eenvoudigweg optelt bij de zeespiegelstijging. Naast het gebruik van de scenario's is er echter onzekerheid over de accuraatheid van de representatie van het systeem in de gebruikte stormmodellen, maar dit kon niet worden gekwantificeerd door de auteurs.

Toekomst Rotterdam

Rijkswaterstaat hanteert als richtlijn dat, na sluiting van de Maeslantkering, 35% van de zeespiegelstijging doorwerkt achter de Maeslantkering. Bij een zeespiegelstijging van 50 cm. wordt het waterpeil achter de kering dus 300 cm + 0.35*50 cm =317.5 cm.

Bijlage III | Briefingnote klimaatverandering, veerkracht en Rotterdam

Deze achtergrondinformatie is de deelnemers voorafgaand aan de workshop toegestuurd.

Landelijke en lokale ontwikkelingen rond klimaatverandering

Klimaatverandering wordt tegenwoordig gezien als belangrijke trend betreffende de toekomst. Het nationale onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat noemt twee kennisvragen die centraal staan om een klimaatbestendig ruimtegebruik te realiseren: (1) adequate strategieën voor aanpassing aan klimaatverandering (adaptatie) moeten worden ontwikkeld voor de middellange en lange termijn en (2) de gevolgen van beleidslijnen moeten zichtbaar gemaakt worden. Als missie voor het programma geldt: *Het beschikbaar krijgen van wetenschappelijk gefundeerde en vanuit de maatschappelijke praktijk gevoede kennis, zodat overheden en bedrijven samen –in het licht van de effecten van klimaatverandering- weloverwogen ruimtelijke- en investeringsbeslissingen kunnen nemen*. Een belangrijk deel van het programma is gericht op het ontwikkelen en verbeteren van de toepassing en interpretatie van voorspellingen van klimaatmodellen. Wetenschappelijke onzekerheden in het beleidsproces komen hierbij nadrukkelijk aan de orde. Om deze werkbaar te maken (wegnemen, verkleinen en verduidelijken) wordt ingezet op het vergroten van (systeem)kennis.

Rotterdam is binnen Kennis voor Klimaat opgenomen als zgn. hotspot. Rotterdam dient in de toekomst zowel klimaatbestendig als aantrekkelijk (werken, wonen en recreëren) te zijn en blijven - ondanks mogelijke verstoringen als zeespiegelstijging en veranderingen in rivierafvoer. Belangrijke middelen binnen het Kennis voor Klimaat programma zijn het ontwikkelen van scenario's toegespitst op deze regio en het onderzoeken van mogelijke innovatieve strategieën die klimaatverandering omzetten van bedreiging tot kans. Op lokaal niveau is de opgave als volgt geformuleerd: *hoe kunnen de verschillende ambities, zoals het inzetten van water als kans voor de stedelijke ontwikkeling, de verdubbeling van de CO2 ambities, een bijdrage leveren aan het realiseren van een sterke economie en een aantrekkelijke woonstad?* Dit vereist o.a. het ontwikkelen van een adaptatiestrategie voor zowel het bestaande als nieuw-te-ontwikkelen buitendijks bebouwde gebied.

Veerkracht als adaptatiestrategie

De veerkrachtbenadering is een holistische (systeem) benadering; de focus is op sleutelelementen die belangrijk zijn voor de dynamiek van het hele systeem. Een belangrijk argument binnen deze benadering is dat elke maatregel die getroffen wordt waarbij rekening gehouden wordt met de veerkracht van het systeem (i.e., ten minste gelijkhoudend, maar zo mogelijk de veerkracht verhogend), de kwetsbaarheid van het systeem voor stress verlaagt. Door te focussen op het systeem zelf worden verrassingen

in de toekomst ondervangen. Een systeem met een hoge veerkracht zal niet zozeer ongevoelig zijn voor stress, maar is zo ontworpen dat het stress op die manier opvangt dat de functies intact blijven bij een ramp en het systeem zo snel mogelijk herstelt (in de oude staat, of een betere nieuwe staat).
Zes 'principes van veerkracht':

1. **Homeostasis**: stabiliserende terugkoppelingen remmen verstoringen.
2. **Omnivory**: essentiële functies kunnen op verschillende manieren vervuld worden (valt 1 uit, kunnen de anderen het aanvullen).
3. **High Flux**: systeem kan snel reageren op veranderingen, snel herstellen na ramp.
4. **Flatness**: systeem is niet 'topzwaar', geen ingewikkelde procedures/bureaucratie.
5. **Buffering**: systeem kan klappen tot op zekere hoogte opvangen.
6. **Redundancy**: dubbel uitvoeren van essentiële functies (valt 1 uit, kan de ander het opvangen/overnemen).

<u>Buitendijks bebouwd gebied Rotterdam</u>
Het probleemveld voor de casestudy is het buitendijks bebouwd gebied, zowel bestaand als nieuw-te-bouwen. Een aanzienlijk deel van het centrum van Rotterdam ligt buitendijks. Daarnaast liggen er plannen om voor het herinrichten van oude haventerreinen die eveneens buitendijks liggen. Voor de komende 10 jaar zijn enorme ruimtelijke en industriële investeringen gepland. Een adaptieve strategie is nodig om adequaat in te spelen klimaatverandering (o.a. zeespiegelstijging en verandering in rivierafvoer). In het Waterplan 2 wordt voor beide typen gebieden een richting gewezen. Voor bestaand stedelijk gebied wordt nagedacht over het invoeren van 'stedelijk hoogwaterbeheer' (bv. een bewegende vloedkering, vloedbalken, het ontwikkelen van een waarschuwingssysteem). Voor de oude haventerreinen wordt, naast maatregelen tijdens de herstructuring om tot een hoogwaterbestendiggebied te komen, nagedacht over innovatieve oplossingen (ondermeer terpwoningen, vloedbruggen, vluchtpunten).

Naast de wateropgave zijn er andere opgaven waar ingespeeld dient te worden op klimaatverandering. Het Routeplanner rapport "Klimaatverandering in stedelijke gebieden" noemt onder andere hitte, droogte en gezondheid. Tenslotte bestaan naast klimaatverandering nog (vele) andere stressfactoren die van belang zijn als het gaat om ruimtegebruik in de toekomst.

Een veerkrachtig buitendijks bebouwd gebied is, náást veilig, zo ingericht dat verstoring de belangrijkste functies niet hindert en het systeem zo snel mogelijk herstelt.
Het Waal- en Eemhavengebied is buiten beschouwing gelaten in deze casestudy ter vereenvoudiging van de uiteindelijke opdracht. Een korte karaterisering van de verschillende gebieden (na herinrichting) binnen het buitendijks bebouwde gebied naar functie:

- (bestaand) Feijenoord: de wijken rond de Nassau- en Persoonshaven, vooral sociale woningbouw.

- Merwehaven en Vierhavens: stedelijk gebied met woningen en woonvriendelijke bedrijven.
- Rijn- en Maashaven: stedelijk gebied met woningen, bedrijven (o.a. het European Chinese Centre, ECC) en attractieve voorzieningen.
- Scheepvaartkwartier: woningen (hooginkomens), bedrijven (zakelijke&creatieve dienstverlening), recreatie (parken).
- Wilhelminapier/Kop van Zuid: stedelijk gebied met woningen, bedrijvigheid, cultuur & voorzieningen.
- Parkstad (half buitendijks): stedelijk gebied met woningen, kantoren, recreatie (park).
- Stadsboulevard Boompjes: transformatie tussen 2020-2030.

Referenties

Adger, W. N. (2000). "Social and ecological resilience: are they related?" Progress in Human Geography **24**(3).

Adger, W. N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., and Rockström, J. (2005). "Social-ecological resilience to coastal disasters " Science **309**(5737).

Alliance, R. (2007). Assessing and managing resilience in social-ecological systems: A practitioners workbook, Vol. 1.

Resilience Alliance, (2007). Urban Resiliance: a Resilliance Alliance initiative for transitioning urban systems towards sustainable futures. G. a. B. Barnett

Anderies, J. M., Walker, B.H., and Kinzig, A.P. (2006). "Fifteen weddings and a funeral: case studies and resilience-based management " Ecology and Society **11**(1).

Barnett, J. (2001). "Adapting to climate change in Pacific Island countries: the problem of uncertainty." World Development **29**(6).

Berkes, F. (2007). "Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking." Natural Hazards **41**(2).

Bessembinder, J. E. (2008). Extreme klimaatverandering en waterveiligheid in Nederland.

De Bruin, K. M. (2004). "Resilience and flood risk management. ." Water Policy **6**(1).

Bryden, H. L., Longworth, H.R. and Cunningham, S.A. (2005). "Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N." Nature **436**(7068).

Carpenter, S., Walker, B.,Anderies, J.M., and Abel, N. (2001). " From metaphor to measurement: resilience of what to what?" Ecosystems **4**(8).

CPnet, website, www.climateprediction.net. Geraadpleegd tussen 01-12-2007 en 31-05-2008

Dessai, S., and Hulme, M. (2004). "Does climate adaptation policy need probabilities?" Climate Policy **4**.

Dessai, S. en Van der Sluijs, J.P., (2007). Uncertainty and climate change - a scoping study. Utrecht.

Drunen, M. e. L., R. (2007). Klimaatverandering in stedelijke gebieden. Amsterdam, Institute for Environmental Studies.

Handmer, J. W., and Dovers, S. (1996). "Societal vulnerability to climate change and variability." Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change **4**(3-4).

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

Hollnagel, E., Woods, D.D., and Leveson, N. (2006). Resilience engineering: concepts and precepts.

IPCC (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability.

IPCC (2007). Climate Change 2007.

Klein, R. J. T., Nicholls, R.J., Thomalla, F. (2004). "Resilience to natural hazards: how useful is this concept?" Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards **5**(1-2).

Klein Tank, A. (2004). Changing Temperature and Precipitation Extremes in Europe's Climate of the 20th Century.

KNMI, website: www.knmi.nl. Geraadpleegd tussen 01-12-2007 en 31-05-2008

Kwadijk, J., Klijn, F., en Van Drunen, M. (2006). "Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting."

Lowe, J. A. a. Gregory., J.M. (2005). "The effects of climate change on storm surges around the United Kingdom" Philosophical transactions - Royal Society. Mathematical, physical and engineering sciences **363**.

Milieu- en Natuurplanbureau, (2007). Nederland Later. Tweede Duurzaamheidsverkenning.

Pelling, M., 2003. The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience. , Earthscan, London, UK.

Gemeentewerken Rotterdam, (2005). Rotterdam Waterstad 2035.

Ingenieursbureau Rotterdam, (2000). "Vernatten en verbinden."

Ingenieursbureau Rotterdam, (2005). "Zeespiegelstijging: analyse van de risico's voor het stadshavensgebied Rotterdam."

Simonovic, S. P. (1999). "Social criteria for evaluation of flood control measures: Winnipeg case study." Urban Water **1**.

Stott, P. A., and Kettleborough, J.A. (2001). "Origins and estimates of uncertainty in predictions of twenty-first century temperature rise." Nature **416**.

Uitto, J. I. en Shaw., R. (2006). "Adaptation to changing climate: promoting community based approaches in the developing countries." Sansai: an environmental journal for the global community.

Van den Hurk, B., Klein Tank, A., Lenderink, G., Van Ulden, A., Van, G. Oldenborgh, Katsman, C., Van den Brink, H., Keller, F., Bessembinder, J.,, et al. (2006). "KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands."

Van Genugten, B. (2006). Voorwaarden voor buitendijkse bebouwing langs rivieren.

Vellinga, M. a. Wood., R.A. (2006). "Impacts of thermohaline circulation shutdown in the twenty-first century." Climate Change.

VROM, Ministerie. (2007). Maak ruimte voor klimaat!

Walker, B. a. Meyers., J.A. (2004). "Thresholds in ecological and social–ecological systems: a developing database." Ecology and Society **9**(2).

Walker, W. E., Harremoës, P., Rotmans, J., Van der Sluijs, J.P., Asselt, M.B.A. van, Janssen, P. and Krayer von Krauss, M.P. (2003). "Defining uncertainty: a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support." Integrated Assessment **4**(1).

Waternormalen, website: www.waternormalen.nl. Geraadpleegd tussen 01-12-2007 en 31-05-2008