

# Werken met knikpunten en adaptatiepaden

Handreiking

Ad Jeuken  
Aline te Linde

1202029-000

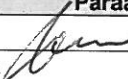
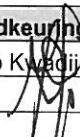
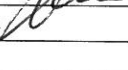
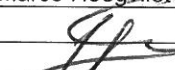


**Titel**  
Werken met knikpunten en adaptatiepaden

<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
1202029-000	1202029-000-VEB-0004	30

**Trefwoorden**  
Handreiking, omslagpunt, knikpunt, klimaatscenario, effecten, adaptatie, adaptatiepaden

**Samenvatting**  
In dit document wordt op basis van praktijkervaringen uit diverse projecten een praktische uitwerking gegeven aan het werken met omslagpunten/knikpunten in klimaatadaptatie studies. Het betreft een eerste vastlegging in de vorm van een handreiking, bedoeld voor beleidsmakers, consultants en ook intern Deltares voor adviseurs die de methode willen toepassen in hun projecten. De handreiking is opgesteld in het kader van het strategisch onderzoek (SO) van Deltares. De handreiking zal ook beschikbaar zijn via internet

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	maart. 2011	Ad Jeuken		Marco Hoogvliet		Jaap Kwadijk	
		Aline te Linde					

**Status**  
definitief

# Deltares

**Titel**  
Werken met knikpunten en adaptatiepaden

<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
1202029-000	1202029-000-VEB-0004	29

**Titel**  
Werken met knikpunten en adaptatiepaden

**Project** 1202029-000      **Kenmerk** 1202029-000-VEB-0004      **Pagina's** 29

**Samenvatting**

**Het probleem**

Het klimaat verandert en we moeten ons aanpassen. Dat betekent dat er investeringen moeten worden gedaan. De vraag is wanneer en hoe

**De kern**

Voor adaptatie is de klimaatverandering pas interessant wanneer deze zo groot is dat we iets moeten doen

**Omslagpunt/knikpunt**

Het moment dat de omvang van de klimaatverandering dusdanig is dat het (huidige) beleid zijn doelen niet meer kan bereiken

**Hoe bepaal je een knikpunt**

In eerste instantie wordt bepaal hoeveel klimaatverandering het huidige systeem kan verwerken (gevoeligheidsanalyse)  
Vervolgens wordt aan de hand van plausibele klimaatscenarios bepaald wanneer dat op zijn vroegst/laatst zal gebeuren

**Onzekerheid**

we drukken de onzekerheid uit in de kortste / tijd die we hebben voordat we de aanpassingen uitgevoerd moeten hebben

**Waar o.a. toegepast**

In Nederland als basis voor de deltabeslissingen; In Rotterdam als onderdeel van het stadshavensplan; in Brabant als basis voor de aanpassing van het regionale watersysteem

**De ervaringen**

- herkenbaar en communiceerbaar
- discussie over drempelwaarden
- gecompliceerd in uitvoering
- soms te hoge verwachtingen
- hulpmiddel in groter geheel

wat is een knikpuntenanalyse

**Stap 1 Bepaal de scope**

Inventariseer alle denkbare consequenties van klimaatverandering in een gebied of voor een sector  
Verzamel een serie klimaatscenarios voor het gebied  
prioriteer aan de hand van de gevolgen (groot-klein) van mogelijke klimaatverandering voor een thema  
Geen een indicatie van de waarschijnlijkheid van de klimaatverandering (richting en omvang)  
Combineer a en b

**Stap 2 Stel indicatoren en drempelwaarde vast**

welke effecten zijn acceptabel. Vast te stellen door:  
- Analyse van beleidsdoelen/normen/bestuurlijke afspraken  
- Publieke participatie  
- Statistiek

**Stap 3 Bepaal knikpunten**

Door middel van een systeemanalyse waarbij de indicator met bijbehorende drempelwaarde via modellen /kwantitatieve relaties kan worden gekoppeld aan veranderende klimaatrandvoorwaarden

**4. Vertaal naar tijd**

Wanneer treedt knikpunt onder de huidige inzichten op zijn vroegst/laatst op  
  
bijvoorbeeld door interpolatie van Klimaatscenario's

**5. Herhaal evt. stap 3 en 4 met adaptatie maatregelen**

Laat zien hoe de implementatie van een andere strategie of aanvullende maatregelen een knikpunt kunnen uitstellen

**Adaptatiepaden**

Kunnen worden gezien als een uitbreiding van een knikpuntenanalyse  
- Meerdere samenhangende maatregelen / strategieën  
- Naast robuustheid ook een beeld van flexibiliteit, overstappen, opties open houden, 'geen spijt'

**Titel**  
Werken met knikpunten en adaptatiepaden

**Project**  
1202029-000

**Kenmerk**  
1202029-000-VEB-0004

**Pagina's**  
29

## Inhoud

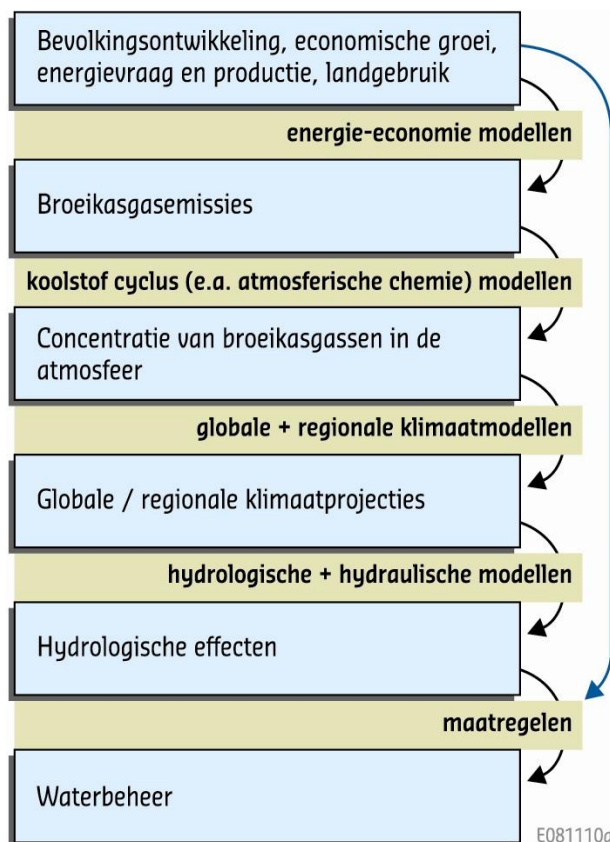
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 De methode op hoofdlijnen</b>	<b>3</b>
2.1 Wat verstaan we onder knikpunten of omslagpunten	3
2.2 Onzekerheid uitgedrukt in tijd	5
2.3 Toepassing van de methode	5
2.4 Soorten knikpunten	8
<b>3 Aanpak in stappen</b>	<b>9</b>
3.1 Stappenplan	9
3.2 Stap 1 Definieer scope	10
3.3 Stap 2 Vaststellen van indicatoren en drempelwaarde	10
3.4 Stap 3 Bepaal de knikpunten	13
3.5 Stap 4 Vertaal mate van klimaatverandering naar momenten in de tijd	14
3.6 Stap 5 Herhaal stap 3 en 4 met adaptatiemaatregelen	18
3.7 Uitvoerbaarheid	19
<b>4 Adaptatiepaden</b>	<b>21</b>
<b>5 Belangrijke ervaringen</b>	<b>25</b>
<b>6 Referenties</b>	<b>27</b>





## 1 Inleiding

Bij grote ruimtelijke of infrastructurele beslissingen horen grote investeringen. Bij zulke investeringen is het van belang om lange termijn onzekerheden te betrekken in de afweging. Klimaatscenario's zijn daarbij een belangrijk hulpmiddel om effecten van klimaatverandering voor verschillende mogelijke toekomsten, voor verschillende sectoren in beeld te brengen.



De meest gevolgde werkwijze is de zogenaamde 'top-down' aanpak. Hierbij worden mondiale bevolkings- en economische ontwikkelingsscenario's via mondiale en regionale klimaatmodellen doorvertaald naar hydrologische effecten in het waterbeheer (zie Figuur 1.1, zie ook Dessai en van der Sluis, 2007). Deze aanpak geeft echter niet direct antwoord op belangrijke vragen waarmee bestuurders, beleidsmakers en beheerders te maken hebben zoals:

- is er een risico dat doelen niet worden gehaald?
- is er een risico dat op korte termijn extra geld moet worden uitgeven?
- is er een risico dat ik (over)investeringen doe die (achteraf) niet nodig blijken?
- hoe groot is dit risico en op welke termijn speelt dit?

Bij al deze vragen speelt de factor tijd een belangrijke rol en staan niet klimaateffecten op zichzelf centraal, maar het risico dat deze effecten leiden tot het niet voldoen aan maatschappelijke eisen, doelen, criteria, acceptabele kosten etc.

Figuur 1.1 Top down benadering

De methodiek van werken met knikpunten of omslagpunten draagt bij aan de antwoorden van deze vragen. Op het meest basale niveau staat de vraag centraal:

*"In welke mate moet het klimaat veranderen willen we in de problemen komen"*

De knikpuntenmethode is ontstaan in een samenwerking tussen RWS Waterdienst (van Waveren, 2008) en Deltares binnen het project "Klimaatbestendigheid NL Waterland" (Kwadijk et al., 2008b; Jeuken en van Waveren, 2008) en verder ontwikkelt en toegepast in diverse vervolgstudies op verschillende schaalniveaus (Asselman et al., 2008; Hoogvliet et al., 2009; Passchier et al., 2010; Gerssonius et al. 2010). De term 'knikpunt' of 'omslagpunt' lijkt inmiddels ingeburgerd in het in Nederland toegepaste klimaatonderzoek en wordt bijvoorbeeld gebruikt binnen het Deltaprogramma (Werken aan de Delta, oktober 2010; Jeuken et al., 2010). In de internationale wetenschappelijke literatuur is de toepassing van de

Nederlandse knikpuntenmethode verschenen in 'Wiley's Interdisciplinary Review Climate Change' (Kwadijk et al., 2010).

Belangrijke inspiratiebron voor het werken met knikpunten is het Engelse project 'Thames Estuary 2100'. In dit project zijn robuuste adaptatiepaden onderzocht voor hoogwaterbescherming bij een toenemende zeespiegelstijging (Defra, 2009. Environment Agency 2007).

Ervaringen uit de voornoemde studies zijn gebruikt bij het opstellen van deze handreiking. Het doel van dit document is om een praktische uitwerking te geven van de knikpuntenmethode, voor verschillende functies, toepassingen, omstandigheden en schaalniveaus. De methode helpt om de impact van klimaatverandering op functies en beleidsdoelen inzichtelijk te maken en de mogelijkheden voor (flexibele) adaptatie in beeld te brengen doordat het de eerder genoemde korte termijn investeringen in het perspectief kan plaatsen van lange termijn risico's.

Alhoewel de methode generiek is en kan worden toegepast op alle toekomstige externe veranderingen zal deze handreiking voornamelijk ingaan op klimaatverandering.

De doelgroep van de handreiking is divers; beleidsambtenaren, ondersteunende consultants en onderzoekers die met de methode aan de slag willen vinden er een basis in om mee te starten en kunnen leren van lessen uit andere projecten. De uitgebreide literatuurverwijzingen stellen de lezer in staat zich te verdiepen in specifieke projecten.

## 2 De methode op hoofdlijnen

### 2.1 Wat verstaan we onder knikpunten of omslagpunten

In studies naar effecten van klimaatveranderingen worden meestal de klimaatscenario's als uitgangspunt genomen ('top-down' benadering). De omvang, snelheid en zelfs de richting van klimaatverandering zijn echter omgeven met onzekerheden. Het nadeel van de 'top-down' benadering is dat wanneer nieuwe inzichten ontstaan over het veranderende klimaat, daarmee de uitgangspunten van de eerder ontworpen strategie veranderen.



©Beeldleveranciers

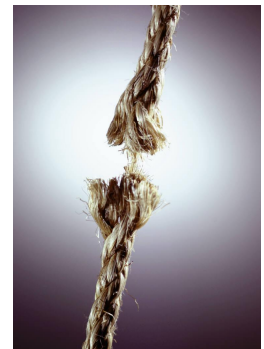
**Bron: beeldleveranciers**

Bij een aanpak via de knikpunten methode beginnen we aan de andere kant ('bottom-up' benadering (Kwadijk et al., 2008a)). We ontwikkelen dan kennis over de gevoeligheid van functies/maatschappelijke thema's voor een eventuele verandering in het klimaat. Deze kennis is onafhankelijk van het verschijnen van nieuwe scenario's, en nieuwe onderzoeken naar klimaatbestendigheid. Per thema stellen we de vraag hoeveel het klimaat moet veranderen voordat we in de problemen komen. Vertaald naar beheer en beleid:

*"Bij welke mate van klimaatverandering moeten we onze strategie heroverwegen?"*

Het moment waarop alternatieve strategieën nodig zijn, is het knikpunt of omslagpunt.

In Engeland is in het project 'Thames Estuary 2100' een vergelijkbare aanpak gevolgd en wordt gesproken over een 'scenario-neutral approach' (Reeder, 2010), m.a.w. een aanpak die los staat van de gangbare scenario's. Het fundament van de aanpak is dat niet de door scenario's geschetste klimaatverandering het belangrijkste is, maar de grootte van de verandering die het noodzakelijk maakt over te gaan op



andere strategieën voor het waterbeheer. Vraag twee is wanneer dit gaat gebeuren. Hiervoor komen klimaatscenario's in beeld, als hulpmiddel bij het modelleren en voor de bepaling van de termijn waarop een alternatieve strategie noodzakelijk zou zijn.

De aanpak is in feite een toets van strategieën onder extreme omstandigheden. In de toets wordt gezocht naar het moment waarop de gevolgen van de klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging, verandering in extreme rivierafvoeren en neerslagtekorten, zo groot zijn geworden dat strategieën niet langer voldoen en alternatieven noodzakelijk zijn. Het moment waarop dat het geval is, wordt een knikpunt genoemd.

#### Kader 2.1

##### Gebruik van termen:

In de praktijk van het Nederlandse toegepaste klimaatonderzoek wordt zowel de term **knikpunt** als **omslagpunt** gebruikt.

Vertaald naar het Engels wordt knikpunt of omslagpunt: **tipping point**. In de internationale literatuur rond klimaatverandering wordt een 'tipping point' omschreven als:

'a point when global climate changes from one stable state to another stable state. After the tipping point has been passed, a transition to a new state occurs. The tipping event may be irreversible', waarbij dus fysieke omslagpunten bedoeld worden, zoals het smelten van een landschap.

De knikpunten methode in deze handreiking gaat in eerste instantie over de houdbaarheid van beheer van of het beleid onder druk van **veranderingen** in het fysieke systeem.

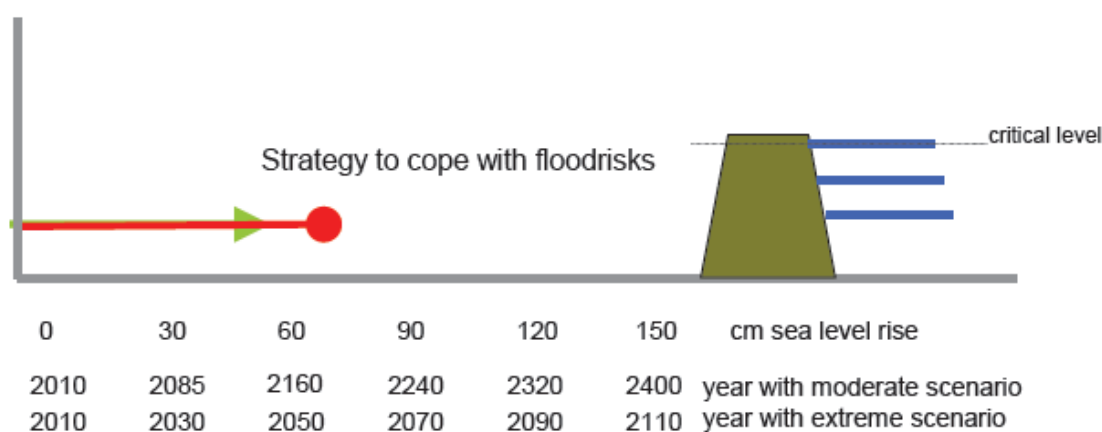
Om nu verwarring met de Engelse term 'tipping point' te vermijden, spreken we consequent van '**adaptation tipping point**': een moment voor heroverweging van een (adaptatie) strategie dat niet noodzakelijkerwijs samenvalt met een **omslag** in het fysieke systeem maar ook al eerder kan optreden bij geleidelijke veranderingen in het fysieke systeem (zie ook Kwadijk et al., 2010).

In het Engelse Thames Estuary 2100 project wordt de term **threshold** of wel drempelwaarde gebruikt.

De termen knikpunten en omslagpunten worden vaak naast elkaar gebruikt. Toch suggereert de term omslagpunt een rigoureuze koerswijziging. In *Passchier et al. 2010* wordt hierover het volgende geschreven: "Bij beleidsomslagpunten wordt bewust een andere koers ingeslagen ten opzichte van het bestaande beleid, waarbij een nieuw *adagium* leidend wordt. Zo'n koerswijziging wordt ook wel aangeduid met de term '**transitie**'. Een transitie gaat vaak wat geleidelijker dan een omslag van een systeemevenwicht (zie ook 'tipping point'): vaak zijn er al vooraankondigingen van een aanstaande wijziging en uitgebreide maatschappelijke debatten. Soms is de overgang geleidelijk onder druk van de *communis opinio*, soms is er een katalyserende gebeurtenis nodig om de transitie echt tot stand te brengen. Dat kan een overstroming zijn (1953), maar ook een principiële opstelling van een beoogd bewindspersoon (ir. Lely eiste de Afsluitdijk te mogen realiseren bij zijn aanstelling als minister). De koerswijzigingen zijn vaak ook niet zodanig groot dat van een omslagpunt, een echt keerpunt kan worden gesproken, maar eerder van een verandering die voldoet aan onze definitie van een knikpunt (Kwadijk et al. 2008).

## 2.2 Onzekerheid uitgedrukt in tijd

In eerste instantie wordt een knikpunt bepaald door een bepaalde mate van klimaatverandering waarbij een kritische drempelwaarde wordt overschreden. Met behulp van klimaatscenario's kan een doorvertaling naar tijd worden gemaakt. Hiermee kan men tot uitspraken komen over wanneer (onder de huidige inzichten) er op zijn vroegst gereageerd zou moeten worden door toepassing van het meest extreme plausibele scenario. De onzekerheid in de tijd kan worden getoond door ook het jaartal dat hoort bij het meest gematigde scenario te bepalen. Deze aanpak werkt goed als het duidelijk is welke scenario's een plausibele range omvatten, bijvoorbeeld in de huidige Nederlandse situatie waarin KNMI'06 scenario's een zekere formele status hebben gekregen en representatief worden geacht voor het beslaan van de bandbreedte in potentiële veranderingen.



Figuur 2.1 Onzekerheid uitgedrukt in de tijd

Een knikpunt is wat anders dan een **beslismoment**. Een beslismoment gaat aan een knikpunt vooraf in de tijd en is afhankelijk van vele factoren, zoals het verkrijgen van maatschappelijk en politiek draagvlak voor een besluit, de doorloop tijden van planfase en implementatiefase etc. Het inschatten van de timing van knikpunten zoals hierboven geschetst is dus een handig hulpmiddel om ook de urgentie voor besluitvorming in beeld te brengen.

## 2.3 Toepassing van de methode

### *Verkennen en afwegen van alternatieven*

Een knikpuntenanalyse kent in principe vele mogelijke toepassingen. Daarbij komen vele vragen over afbakening (welke externe ontwikkeling, welke thema's functies en gebieden) en definities (strategie, maatregel, (autonoom) beleid, beheer zie tekstkader 2.3) aan de orde. Vanuit de ervaringen die binnen Deltares zijn opgedaan gaat deze handreiking voornamelijk in op klimaatverandering en de invloed op strategieën die een raakvlak hebben met het waterbeheer en –beleid.

Op hoofdlijnen onderscheiden we 2 soorten toepassingen:

- Verkennen (bepalen urgentie) bij welke mate van verandering (bijvoorbeeld als gevolg van klimaat) het huidige beleid en beheer faalt. Bijvoorbeeld ten behoeve van de probleemanalyse binnen een overheidsprogramma als het Deltaprogramma of het opstellen van een klimaatadaptatie prioriteitenlijst of agenda voor landen/overheden.
- Vergelijken en afwegen van adaptatiemaatregelen of –strategieën op robuustheid. Welke range van klimaatverandering kan een strategie aan, bij welke mate verandering worden kritische grenzen overschreden. Een voorbeeld hiervan is het vergelijken van verschillende planalternatieven in fases van grof naar fijn. Dit kan zowel in een planstudie (zie voorbeeld riolering Dordrecht) als in een verkenning (zie bijvoorbeeld Deltaprogramma).

### Kader 2.3

#### Maatregelen, strategieën en beleid.

Om spraakverandering te voorkomen is het van belang goed af te spreken waarop een knikpunt van toepassing is. Dit kan variëren van een toepassing op goed afgebakende fysieke maatregelen, een beleidsstrategie of een veel ruimer gedefinieerde adaptatiestrategie. Belangrijk is om daarbij dezelfde beelden te hebben. Gaat het om de essentiële filosofie, het adagium (zie ook kader 2.2) van een strategie of over of de strategie formeel in beleid, wetten en budgetten is vastgelegd. Hier volgen behulpzame definities van begrippen.

**Fysieke maatregelen:** fysiek ingrijpen in het milieu of het ruimtegebruik, bijvoorbeeld met gemalen, bredere watergangen, irrigatiekanalen, pijpleidingen, bedrijfsverplaatsingen en drijvende kassen. Ook baggeren, terrasseren, herbebossen, contourploegen e.d., kunnen als fysieke maatregelen worden beschouwd.

**Beleidsinstrumenten:** wet- en regelgeving, financiële en communicatieve middelen om actoren / derden te bewegen tot een bepaald gedrag / handelen, bijvoorbeeld door vergunningen, subsidies, heffingen en voorlichting.

Fysieke maatregelen kunnen zelden of nooit zonder beleidsinstrumenten worden geïmplementeerd (denk aan de Waterwet, Beleidslijn Ruimte voor de Rivier, e.d.), het omgekeerde kan wel. We zien in de praktijk dat in het waterbeheer veel van fysieke maatregelen gebruik wordt gemaakt, terwijl dat in het RO-beleid nauwelijks het geval is: daar zijn medefinanciering en wet- en regelgeving de gebruikelijke instrumenten.

**Beleidsstrategieën:** samenhangend geheel van (technische en ruimtelijke ordenings-) maatregelen en beleidsinstrumenten (regelgeving, financiële en communicatieve instrumenten), met een planning ten aanzien van hun implementatie, monitoring, evaluatie en eventueel bijstelling.

Een **adaptatiestrategie** wordt hier opgevat als die maatregelen die ertoe moeten leiden dat (bestaand) beleid of beheer vernieuwd of aangepast wordt aan een toekomstige, veranderende situatie. Strategievorming is een iteratief proces.

*Hoe maak je een knikpunt hanteerbaar?*

Een strategie moet worden heroverwogen als doelen niet meer worden gehaald of als bepaalde functies beginnen te falen (dit ligt uiteraard meestal in elkaars verlengde). Voorbeelden uit het waterbeheer van doelen zijn het voldoen aan hoogwaterbeschermingsnormen, het voorzien van gebieden van voldoende zoetwater volgens waterakkoorden, het garanderen van een minimumpeil om paalrot tegen te gaan, geen water op straat bij hevige buien etc. Voorbeelden van functies zijn natuur, wonen, zoetwatervoorziening, en waterveiligheid. Een knikpunt bij een functie wordt beschreven door:

- een **indicator**, die een kwantificeerbare eigenschap van een mogelijk optredend probleem voor deze functie betreft (bv. aantal malen per jaar water op straat); en
- een bijbehorende **drempelwaarde** voor die indicator, die aangeeft bij welke grenswaarde van deze indicator het thema niet afdoende functioneert. Deze wordt vaak bepaald door normen (bv. maximaal eens in de 2 jaar water op straat) maar kan ook worden bepaald door waarden (bv. “de norm is dan wel eens in de 2 jaar, maar in deze specifieke wijk willen we graag maximaal eens per 5 jaar water op straat hebben, omdat...”).

Iedere functie kan te maken hebben met een veelvoud van problemen, waarbij meerdere knikpunten de problematiek omschrijven en kwantificeren. Naast klimaatverandering beïnvloeden socio-economische veranderingen, zoals bevolkingsgroei en verstedelijking, de knikpunten maar beïnvloeden vooral ook de beslismomenten en beslissers.

Het is essentieel dat een indicator **begrijpelijk** is voor alle betrokken partijen, en dat deze **kwantificeerbaar** is, zodat alle betrokkenen (in bovenstaand voorbeeld bijvoorbeeld huiseigenaren en woningbouwverenigingen) er een getal aan kunnen verbinden dat aangeeft wat acceptabel is en wat niet. Tenslotte moet een indicator uitgaan van een mogelijk **probleem** en niet van een oplossing. “Beschikbare rioolcapaciteit” bijvoorbeeld is geen goede indicator, ook al heeft een te kleine rioolcapaciteit het probleem water op straat als gevolg. Als “beschikbare rioolcapaciteit” als indicator gebruikt zou worden, wordt er inherent vanuit gegaan dat de oplossing een toename van de rioolcapaciteit zal betreffen. Dit neemt erg veel keuzemogelijkheid voor mogelijke oplossingsrichtingen weg (bijvoorbeeld: bouwen met groene daken als oplossingsrichting wordt hierbij direct buiten beschouwing gelaten, terwijl ook dit het probleem “water op straat” kan verminderen).

*Toekomstverkenning is geen voorspelling*

Met de knikpuntenmethode wordt de toekomst verkend. Elke toekomstverkenning is een poging te beschrijven wat er volgend jaar of over enkele decennia zou kunnen gebeuren. Hiervoor zijn verschillende methoden en presentatievormen. Maar een verkenning is geen voorspelling.

Verkenningen van de overheid kijken meestal niet verder dan circa 10 jaar vooruit. In klimaatverkenningen echter, wordt 50 tot 100 jaar vooruit gekeken, wat resulteert in aanzienlijke onzekerheden. Verkenningen letten ook op gebeurtenissen die weliswaar een lage of onzekere kans hebben, maar waarvan de gevolgen zo groot zijn dat je hier toch rekening mee wilt houden. De meest maatgevende onzekerheden kunnen worden vastgelegd in scenario's (zie deltasenario's)

Een verkenning heeft over het algemeen drie voornamen doelen: signaleren, inspireren en agenderen. Deze doelen zijn erop gericht om het zichtveld van beslissers en beleidsmakers te verbeteren. Een vierde doel van toekomstverkenningen is het uitvoeren van een toets op de houdbaarheid huidig beleid of beheerspraktijken. Het plaatst de huidige ideeën over maatregelen, normen, beleidslijnen, beheerspraktijken e.d. in een ander perspectief wat kennis oplevert over de robuustheid, houdbaarheid of flexibiliteit hiervan.



Bron: *Regeren is vooruitzien* (ministerie van Justitie, januari 2004)

## 2.4 Soorten knikpunten

Er kunnen verschillende oorzaken zijn die leiden tot een knikpunt. We onderscheiden de volgende (zie Kwadijk et al., 2008):

- Technisch/fysiek; continuering van de beleidsstrategie wordt technisch of fysiek onmogelijk of vergt teveel ruimte.
- Financieel; continuering van de beleidsstrategie wordt onbetaalbaar, of onaanvaardbaar kostbaar.
- Maatschappelijk; continuering van de beleidsstrategie vergt ingrepen met onacceptabele gevolgen, sociaal (ongelijkheid) of door aantasting of verlies van cultuur- en natuurwaarden.

In de praktijk zal een beleidsomslag zelden onontkoombaar zijn; zeker in rijke landen als Nederland is het meer de vraag hoeveel inspanning de maatschappij zich wil getroosten. Dat betekent dat de zwaarwegendheid van het argument rekbaar is en er van een glijdende schaal sprake kan zijn.

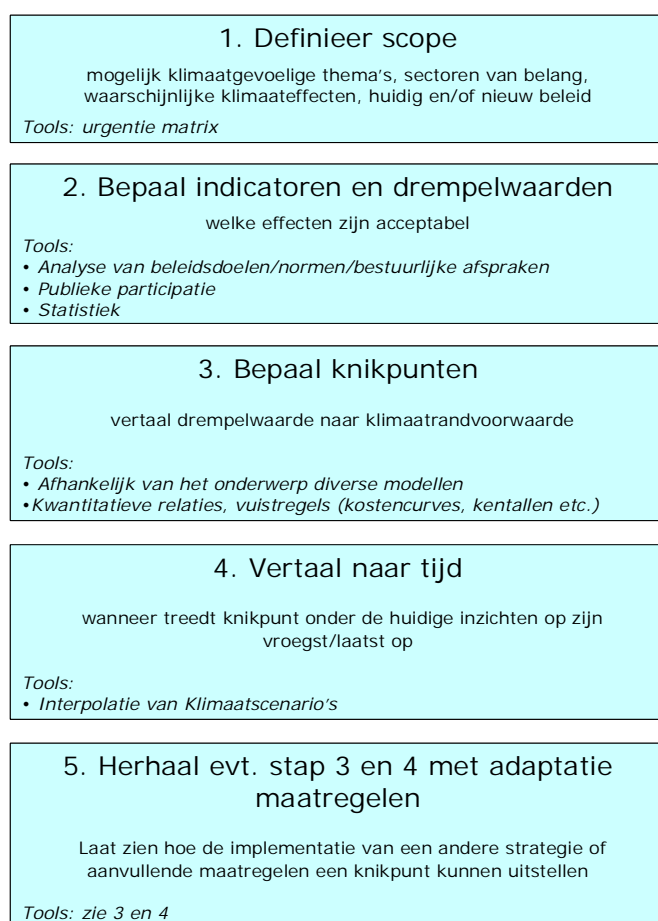


## 3 Aanpak in stappen

### 3.1 Stappenplan

In dit hoofdstuk wordt een praktische uitwerking gegeven aan de knikpunten methode<sup>1</sup> met daarbij suggesties voor het gebruik van methoden/tools. Belangrijk is om de eindgebruiker/opdrachtgever goed te betrekken bij de uitvoering. Stel vooraf met de eindgebruiker het doel vast van de knikpunten analyse, en bespreek wederzijdse verwachtingen. Geef daarbij duidelijk aan wat de analyse wel en niet kan. Zo is het wel een methode om maatregelen en strategieën op effectiviteit en houdbaarheid te toetsen, (wat onderdeel uitmaakt van een iteratief ontwerpproces) maar is het geen methode om oplossingsrichtingen te bedenken. De eerste ideeën voor alternatieve strategieën moeten op een andere manier worden vastgesteld.

In een knikpunten analyse worden ruwweg onderstaande stappen doorlopen. Stappen worden afhankelijk van het doel van de studie nog wel eens anders gedefinieerd. We bevelen aan om stappen in nauwe samenwerking met de eindgebruiker te doorlopen. In de navolgende paragrafen worden de stappen toegelicht.



Figuur 3.1 Stappenplan knikpunten analyse

1. Het toepassen van de knikpunten methode wordt in deze handreiking een knikpunten analyse genoemd

### 3.2 Stap 1 Definieer scope

Een knikpuntenanalyse kan, zoals in het vorige hoofdstuk beschreven, worden uitgevoerd om de impact van klimaatverandering in beeld te brengen of om de robuustheid van maatregelen te testen. Bij de definitie van de scope gaat het om:

- Welke thema's, functies of sectoren moet worden beschouwd (voor welk gebied en schaalniveau). Dit is een keuze vooraf. De keuze kan ook zijn dat voor een land, stroomgebied, provincie etc. gekeken moet worden naar de klimaatgevoeligheid van alle mogelijke functies en sectoren.
- Welke klimaateffecten kunnen met enige waarschijnlijkheid optreden en welke functies, sectoren zijn hier gevoelig voor. In veel gevallen is dit op voorhand nog niet duidelijk (denk bijv. aan buitenlandse toepassingen). Daartoe wordt een systematische aanpak voorgesteld waarbij:
  - a. eerst een 'longlist' van mogelijke klimaateffecten en aanwezige kwetsbare sectoren en functies, wordt gemaakt
  - b. daarna op basis van de waarschijnlijkheid van optreden van klimaateffect en het belang van de functie/sector, een shortlist wordt gemaakt bestaande uit de meest waarschijnlijke klimaateffecten voor de meest kwetsbare en belangrijke sectoren.

Zo wordt er in Nederland bijvoorbeeld geen klimaateffect verwacht in de toenamen van stormen op zee en hoeft dit effect ook niet worden beschouwd. Voor meer informatie over deze vorm van afbakening verwijzen we door naar de '0-meting klimaatbestendigheid' (Kwadijk et al. 2006) en 'Afwegen van klimaatbestendigheid in het Stadshavensgebied Rotterdam' (Asselman et al. 2008).

- Zodra de scope uit bovengenoemde stappen helder is, moeten per functie/sector goede beschrijvingen worden gemaakt waarbij aan bod komt:
  - wat is de locatie en omvang
  - wat is het huidige beleid
  - welke doelstellingen horen daarbij
  - welke strategie wordt gevolgd en welke maatregelen/beheer wordt ingezet om aan deze doelstellingen te voldoen.
  - zijn er wettelijke criteria / normen
  - bestaan er bestuurlijk afspraken
  - is het huidige systeem op orde?
  - zijn er evt. nieuwe plannen voor aanvullende (adaptatie) maatregelen

Voorbeelden van dergelijke beschrijvingen zijn te vinden in *Passchier et al. 2010*, *Hoogvliet et al. 2010*, *Jeuken en Jorna 2009*.

### 3.3 Stap 2 Vaststellen van indicatoren en drempelwaarde

Dit is de meest fundamentele stap. Immers hierin wordt bepaald welke criteria van belang worden geacht, welke indicatoren daaraan te koppelen zijn en wat de kritische drempelwaarden hiervan zijn. Dit is ook de stap die de meeste discussie vereist met de eindgebruiker. We onderscheiden drie mogelijke manieren om tot drempelwaarden te komen:

1. De meeste houvast bieden al dan niet wettelijk vastgelegde kwantitatieve doelen, normen en afspraken. Denk daarbij aan de veiligheidsnormen, NBW-afspraken, de waterakkoorden, de peilbesluiten of de natuurdoelen of aan bekende fysieke randvoorwaarden voor functies zoals zouttoleranties van gewassen, het niet mogen droogvallen van houten paalfunderingen of de eisen aan funderingen van dijken. In stap 1 worden voor verschillende functies deze gegevens op een rij gezet. In stap 2 is het zaak om in samenspraak met de belanghebbenden keuzes te maken welke drempelwaarden worden gehanteerd.

2. Als er nog geen kritische grenzen zijn vastgelegd in wetten, richtlijnen en bestuurlijk afspraken of de eerder gemaakte afspraken hierin niet meer (h)erkend worden door de partijen, dan ligt het voor de hand om te trachten middels discussie met de belanghebbenden te komen tot een gezamenlijk voorstel. In de praktijk wordt dan vaak voor gesteld om meerdere kritische grenzen te verkennen omdat de consequenties op voorhand niet helemaal zijn te overzien. Zie bijvoorbeeld *Jeuken en Jorna, 2009*.
3. Tot slot kunnen ook meetseries houvast bieden. Extreme gebeurtenissen en bijbehorende herhalingstijden kunnen een basis zijn om te komen tot kritische grenzen (bijv. dit mag niet vaker gebeuren dan 1/100 jaar). Zie bijvoorbeeld *Seck, 2010*. Met behulp van statistiek kunnen ook afspraken worden gemaakt over de afwijking van 'gemiddeld' die kan worden geaccepteerd (bijv. 2x de standaardafwijking). Het gebruik van meetgegevens en statistiek is altijd een hulpmiddel in de discussie met de eindgebruiker.

Algemeen geldt voor een indicator dat hij: kwantificeerbaar, begrijpelijk voor belanghebbende en specialist, en begrensbare moet zijn. Voorbeelden van indicatoren zijn bijvoorbeeld te vinden op de publieke WIKI van Deltares (

Problematiek (per belanghebbende/sector)	Waterthema	tijdschaal (levensduur functie)	ruimtelijke schaal	Indicator	relatie problematiek / klimaatverandering	Mogelijkheden voor berekening
<b>Glastuinbouw / landbouw</b>						
Verhoging belasting primaire/secundaire waterkeringen (Impact op stedenbouw en land-/tuinbouw)	Oppervlaktewater	+100 jaar	regionaal	Frequentie voorkomen hoge waterstanden	Toename maatgevende waterstand	KNMI '06 neerslagen --> Oppervlakte polder/boezem model (bv. ABC-Delfland model)
Verminderde waterbeschikbaarheid in de zomer	Oppervlaktewater	+100 jaar	regionaal	Waterbeschikbaarheid zomer	Extremen in totale zomerneerslag	KNMI '06 neerslagen --> Oppervlakte polder/boezem model (bv. ABC-Delfland model)
Verzilting van zoetwatervoorraden (bv. Brielse meer)	Oppervlaktewater	+100 jaar	provinciaal	Chloridegehalte	vertaling zeespiegelstijging + zomerneerslag naar verzilting	KNMI '06 --> Grondwater(kwaliteits)model (bv. KKF tailoring (eind zomer 2010 gereed)
Gewasschade door zoute kwel	Grondwater / Waterkwaliteit	+100 jaar	regionaal	Boer: Gemiddelde jaarlijkse opbrengst; Beheerder: chloridegehalte	vertaling zeespiegelstijging + zomerneerslag naar zoute kwel	KNMI '06 --> KKF tailoring (eind zomer 2010) en verziltingsstudie

Tabel 3.1) en in Leusink en Zanting 2009 en alle onderliggende Routeplanner rapporten.

Problematiek (per belanghebbende/sector)	Waterthema	tijdschaal (levensduur functie)	ruimtelijke schaal	Indicator	relatie problematiek / klimaatverandering	Mogelijkheden voor berekening
<b>Glastuinbouw / landbouw</b>						
Verhoging belasting primaire/secundaire waterkeringen (Impact op stedenbouw en land-/tuinbouw)	Oppervlaktewater	+100 jaar	regionaal	Frequentie voorkomen hoge waterstanden	Toename maatgevende waterstand	KNMI '06 neerslagen --> Oppervlakte polder/boezem model (bv. ABC-Delfland model)
Verminderde waterbeschikbaarheid in de zomer	Oppervlaktewater	+100 jaar	regionaal	Waterbeschikbaarheid zomer	Extremen in totale zomerneerslag	KNMI '06 neerslagen --> Oppervlakte polder/boezem model (bv. ABC-Delfland model)
Verzilting van zoetwatervoorraden (bv. Brielse meer)	Oppervlaktewater	+100 jaar	provinciaal	Chloridegehalte	vertaling zeespiegelstijging + zomerneerslag naar verzilting	KNMI '06 --> Grondwater(kwaliteits)model (bv. KKF tailoring (eind zomer 2010 gereed)
Gewasschade door zoute kwel	Grondwater / Waterkwaliteit	+100 jaar	regionaal	Boer: Gemiddelde jaarlijkse opbrengst; Beheerder: chloridegehalte	vertaling zeespiegelstijging + zomerneerslag naar zoute kwel	KNMI '06 --> KKF tailoring (eind zomer 2010) en verziltingsstudie

Tabel 3.1 Uitsnede WIKI klimaatindicatoren. In deze wiki worden naast indicatoren en drempelwaarden ook suggesties gedaan hoe de indicatoren kunnen worden gekwantificeerd bijvoorbeeld door het gebruik van modellen. Een volledig overzicht van mogelijke klimaateffecten en indicatoren staat op <http://public.deltares.nl/display/HSHL01/Klimaatproblemen+en+indicatoren>

Tabel 3.2 Voorbeelden van indicatoren uit Leusink en Zanting 2009.

THEMA	SUBTHEMA	MOGELIJKE INDICATOREN	EXTRA INSPANNING
<b>Veiligheid</b>	Overstromen Stormen Ziekten en plagen	Minimum draagkracht zetting, verschuiving overstromingsfrequentie % uitval % productieverlies Aantallen slachtoffers Schade- en slachtofferrisico Vluchtmogelijkheden en -tijden	Wettelijke regelingen rampenplannen
<b>Biodiversiteit</b>	Verschuiven leefgebieden Verandering van soorten Verdrogen Verdrinken	Breedte en functionaliteit Ecologische verbindingen Migratiecapaciteit soorten Aantal plagen Omvang soortenvermindering Vermindering van habitats en diversiteit genen	Monitoring
<b>Economie</b>	Ontwrichting functies (landbouw, verkeer, elektriciteitsvoorziening en recreatie)	Minimale uitval transport, toename files en reistijd Uitval elektriciteitsproductie, leveringsgarantie en noodvoorziening Kosten uitval productie en omschakeling Droogteschade	Marktmechanisme Monitoring externe effecten
<b>Leefklimaat</b>	Hinder, schade, sterfte door hitte, wind en neerslag Luchtkwaliteit Wateroverlast	Aantal dagen temperatuuroverschrijding Aantal gehinderden Aantal dagen hinder Schade aan gebouwen	Monitoring

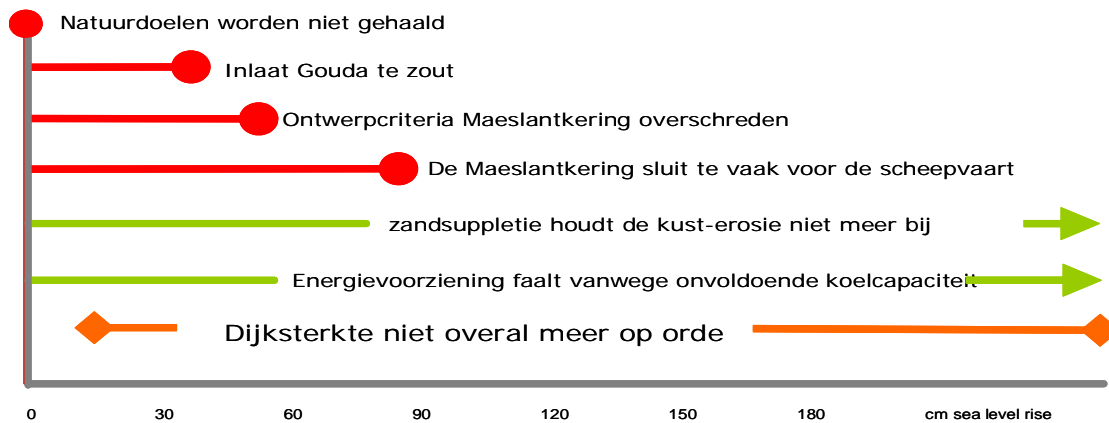
### 3.4 Stap 3 Bepaal de knikpunten

*De knikpunten kunnen kwantitatief bepaald worden met diverse (reken)modellen en rekenregels (die de relatie tussen klimaat en de beschouwde functie beschrijven). Voorbeelden hiervan zijn te vinden in de diverse toepassingen uit de referentielijst. Het resultaat is een bepaalde mate van klimaatverandering waarbij het knikpunt bereikt wordt (zie Figuur 3.2 en Figuur 3.4).*

Een aantal stappen dienen doorlopen te worden, onafhankelijk van de beschouwde functies/thema's:

- Het gebied en de maatregelen moeten in modellen en kwantitatieve relaties worden omgezet. Vaak liggen hiervoor vanuit het bestaande waterbeheer modellen klaar, zoals bijvoorbeeld een hydraulisch rekenmodel voor een rivier met de mogelijkheid maatregelen als rivierverruiming toe te voegen of een gekoppeld grond oppervlaktewatermodel met de mogelijkheid allerlei waterbeheersmaatregelen in te voeren of de mogelijkheid grondgebruiksfuncties aan te passen.
- Daarbij moet goed afgebakend worden welke maatregelen behoren tot de te beschouwen strategie: het huidig beleid en verdere autonome ontwikkeling daarvan of een nieuwe adaptatiestrategie.

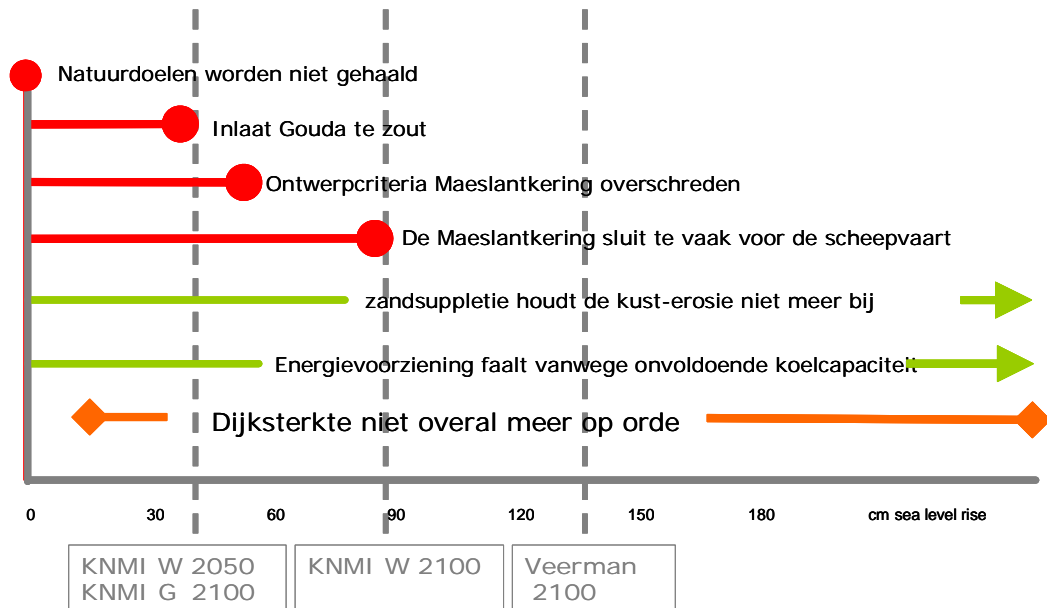
- Er dienen consistente sets van klimaatrandvoorwaarden te worden opgesteld. Voor sommige toepassingen met slechts 1 enkele bepalende klimaatvariabele (bijv. een piekbui voor riolering) volstaat het om deze incrementeel te verhogen tot er een knikpunt wordt bereikt. Voor meer complexere systemen (bijv. de zoetwatervoorziening van West-Nederland) zijn meerder randvoorwaarden bepalend (bijv. zeespiegelstijging, neerslag en verdamping) en moeten deze onderling consistent zijn. In Nederland zijn dan de KNMI klimaatscenario's goed bruikbaar en kan hiertussen geïnterpoleerd of daarbuiten geëxtrapoleerd worden tot er een knikpunt wordt gevonden.



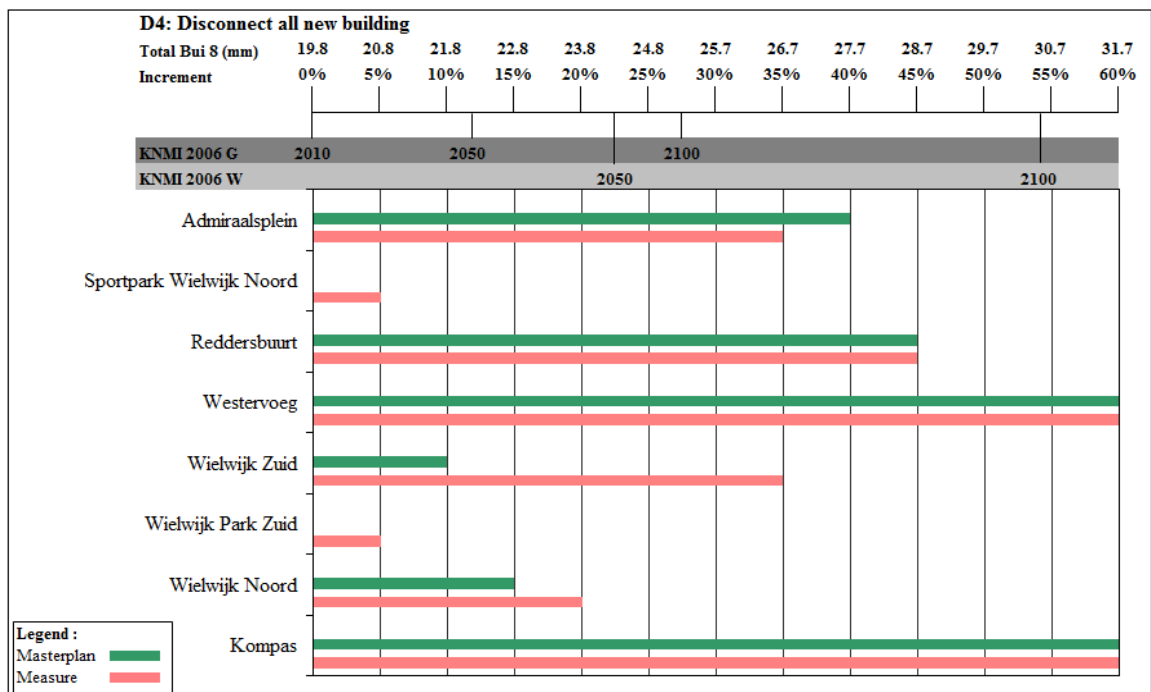
Figuur 3.2 Knikpunten voor de regio Rijnmond Drechtsteden (rode bollen). Waar knikpunten deze eeuw niet bereikt worden staat een groene pijl. (Jeuken et al., 2010).

### 3.5 Stap 4 Vertaal mate van klimaatverandering naar momenten in de tijd

In eerste instantie wordt een knikpunt bepaald door een bepaalde mate van klimaatverandering waarbij een kritische drempelwaarde wordt overschreden. Met behulp van klimaatscenario's kan een doorvertaling naar tijd worden gemaakt. Hiermee kan men tot uitspraken komen over wanneer (onder de huidige inzichten) er op zijn vroegst gereageerd zou moeten worden door toepassing van het meest extreme plausibele scenario.



Figuur 3.3 Knikpunten (rode bollen) voor Rijnmond in de tijd. Een jaartal kan worden verkregen door interpolatie tussen huidige, 2050 en 2100 voor het zelfde klimaatscenario.



Figuur 3.4 Knikpunten in de tijd bij toenemende piekneerslag (indicator is Bui 8) voor twee inrichtingsvarianten voor deelgebieden in de Wielwijk in Dordrecht.

De onzekerheid in de tijd kan worden getoond door ook het jaartal dat hoort bij het meest gematigde scenario te bepalen. Deze aanpak werkt goed als het duidelijk is welke scenario's een plausibele range omvatten, bijvoorbeeld in de huidige Nederlandse situatie waarin KNMI'06 scenario's een zekere formele status hebben gekregen. Het bijbehorende jaartal wordt verkregen middels interpolatie tussen de jaartallen horende bij de scenario's waartussen het knikpunt valt. Voor andere gebieden in de wereld waar geen kant en klare scenario's beschikbaar zijn, kan uitgegaan worden van uitvoer van mondiale klimaatmodellen.

Als een doorvertaling voor beleid kunnen knikpunten voor functies ook in bepaalde termijnen worden ingedeeld, om zo de urgentie aan te geven (zie *Tabel 3*). Daarbij moet wel aangegeven worden van welk scenario wordt uit gegaan. Uit het voorbeeld blijkt duidelijk dat knikpunten en beslismomenten ver uit elkaar kunnen liggen en dat er om tot een implementatie van een adaptatiestrategie te komen vaak voorbereidende 'acties' nodig zijn zoals het reserveren van ruimte of het creëren van draagvlak.

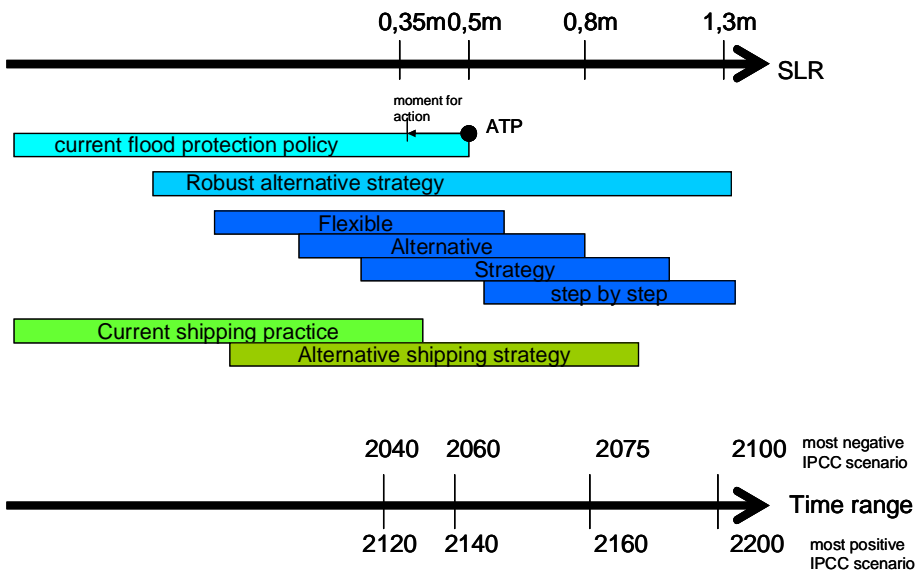


	Nu al een probleem of aandachtspunt	Speelt binnen enkele decennia	Speelt na 2050 en voor 2100	Speelt na 2100 of onder zeer extreme condities
<b>Natuurlijk water</b>	Droogval is urgent probleem. Ga door met maatregelen en herstelbeleid om erger te voorkomen. Verken effect extra buffermogelijkheden op kritieke plaatsen (wat kan maximaal worden gedaan?).	Droogval zal geleidelijk blijven toenemen. Einde van compenserend effect van maatregelen komt plaatselijk in zicht of is bereikt. Lokaal moet worden overgegaan tot acceptatie en herzien natuurdoelen.	Droogval en beweging richting acceptatie zet zich voort.	
<b>Voldoende water</b>	Scheepvaart en landbouw kampen reeds met watertekorten. Inzetten op efficiënter watergebruik is no-regret. Verken de onvermijdelijke nog prominentere rol van grondwater in watervoorziening.	Wateraanbod vanuit Maas neemt af. Periode waarin onvoldoende water voor landbouw beschikbaar is, verdubbelt. Beheerstrategieën moeten worden aangepast.	Wateraanbod vanuit Maas neemt geleidelijk verder af. Voortgang van periodieke herziening beheerstrategieën.	Wateraanvoer natuurgebied Groote Peel bedreigd.
<b>Veilig water</b>	Verken welke maatregelen, waar, in de toekomst een extra buffer kunnen vormen (beschouw beekdalen Aa en Dommel en omgeving 's-Hertogenbosch). Onderzoek opties voor ruimtereservering en (tijdelijke) bestemming.	Houd in RO rekening met ruimtereservering voor additionele maatregelen	Aan huidige veiligheidsnorm voor 's-Hertogenbosch wordt zonder inzet van extra maatregelen niet meer voldaan	
<b>Gezond water</b>	Knelpunten van nu en in de toekomst zijn: blauwalgen en de kwaliteit van beekwater Ga door met nemen van maatregelen, maar verken daarbij ook hoeveel buffercapaciteit wordt gecreëerd om grotere druk door klimaatverandering en soc-econ trends op te vangen. Verken adaptatie en preventie voor komende knelpunten.	Anticipeer op ontstaan van knelpunten voor bacteriële verontreinigingen, beleving (in stedelijk gebied) en toename exoten/plagen. Ook blauwalgen en de kwaliteit van beekwater blijven aandacht vragen.	Anticipeer op nieuwe probleemstoffen.	

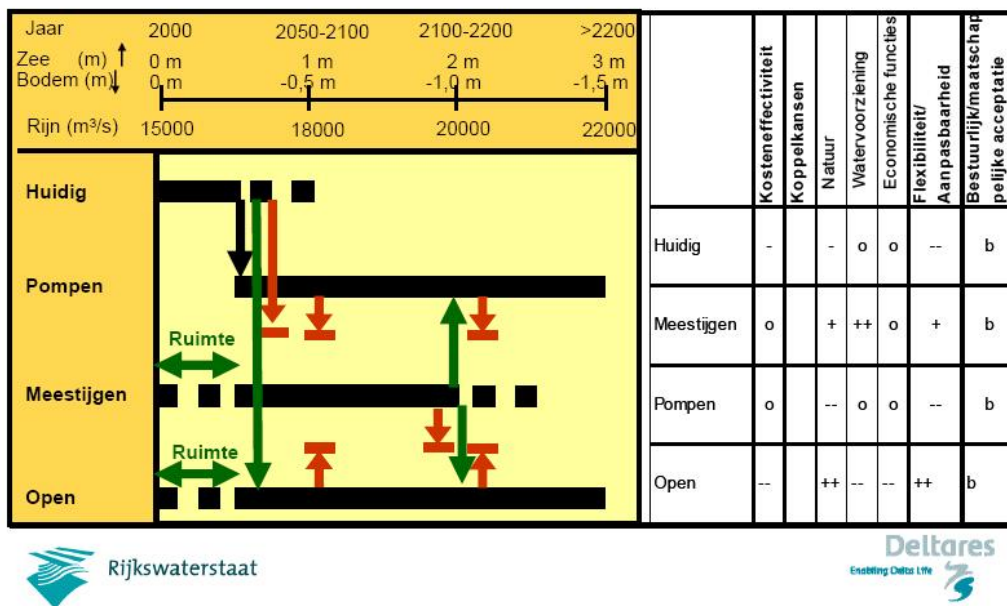
Tabel 3.3 Tabel waarin voor beleidsmakers en bestuurders de knikpunten, evt. adaptatiemaatregelen en benodigde beleidsvoorbereidende activiteiten per thema zijn geordend (uit Hoogvliet et al., 2010).

### 3.6 Stap 5 Herhaal stap 3 en 4 met adaptatiemaatregelen

Als we weten dat het huidige systeem op termijn faalt, is een volgende logische stap de consequenties van aanvullende maatregelen en/of adaptatiestrategieën te bekijken. De totstandkoming van adaptatiestrategieën is een normatief proces waaraan hier verder geen aandacht wordt geschonken (zie hiervoor Waveren H. van en Jeuken, 2008, Haasnoot et al. 2010). We gaan er hier vanuit dat adaptatiestrategieën beschikbaar zijn die in meer of mindere mate zorgen voor uitstel van de knikpunten. Complicerende factor hierbij is dat ook het normatieve kader waaruit de drempelwaarden zijn afgeleid zelf aan verandering onderhevig kan zijn en keuzes hierin ook als maatregel kunnen worden beschouwd.



Figuur 3.5 Voorbeeld van knikpunten voor alternatieve strategieën.



Figuur 3.6 Knikpunten voor 3 adaptatiestrategieën voor het IJsselmeer inclusief multicriteria analyse (van Waveren en Jeuken, 2008)

### 3.7 Uitvoerbaarheid

Om de methode goed uit te kunnen voeren, kan het helpen de aanpak wat te simplificeren, het zij in de uitvoering, hetzij bij de presentatie. Hier volgen enkele suggesties:

- Het aantal externe ontwikkelingen van invloed op een knikpunt is niet beperkt tot klimaatverandering. Het is lastig om knikpunten te bepalen voor meerdere externe ontwikkelingen. Dit dilemma kan worden omzeild door gecombineerde scenario's te maken (zie bijv. Bruggeman et al. 2010) of door een knikpunten analyse uit te voeren voor de meest dominante externe ontwikkeling en vervolgens een gevoeligheidsanalyse te doen voor de overige externe factoren.
- In de basis worden knikpunten gepresenteerd als functie van een klimaatrandvoorwaarde, bijvoorbeeld een maatgevende bui, een rivierafvoer of de zeespiegelstijging. Het wordt lastig presenteren als meerdere randvoorwaarden tegelijk het knikpunt bepalen. Een eerste versimpeling is dan om alleen de meest dominante parameter te laten zien. Als randvoorwaarden qua richting van verandering gecorreleerd zijn kunnen ook combinaties gemaakt worden. Als dat niet het geval is rest de mogelijkheid om knikpunten voor verschillende variabelen apart te presenteren. De waterstand bij Kampen wordt bijvoorbeeld bepaald door het peil van het IJsselmeer en de afvoer van de IJssel, twee variabelen die niet noodzakelijkerwijs gekoppeld zijn in de toekomst. Als je zeker weet dat beide onder invloed van klimaat gaan toenemen dan kan het knikpunt voor Kampen gepresenteerd worden als functie van een combinatie van beide. Als bijvoorbeeld door keuzes in het beheer van het IJsselmeer een ontkoppeling ontstaat dan zou de afhankelijkheid van het knikpunt voor beide variabelen apart moeten worden getoond.
- Bij het voorgaande voorbeeld speelt de invloed van beheer een belangrijke rol. Dit is vaak het geval zeker in een land als Nederland met een sterk gereguleerd watersysteem. De invloed van externe beheerskeuzes kunnen dominant zijn dan de invloed van klimaatverandering. Ook hier is versimpeling nodig. Externe veranderingen in het beheer kunnen bij de definitie van het autonoom beleid worden vastgelegd.



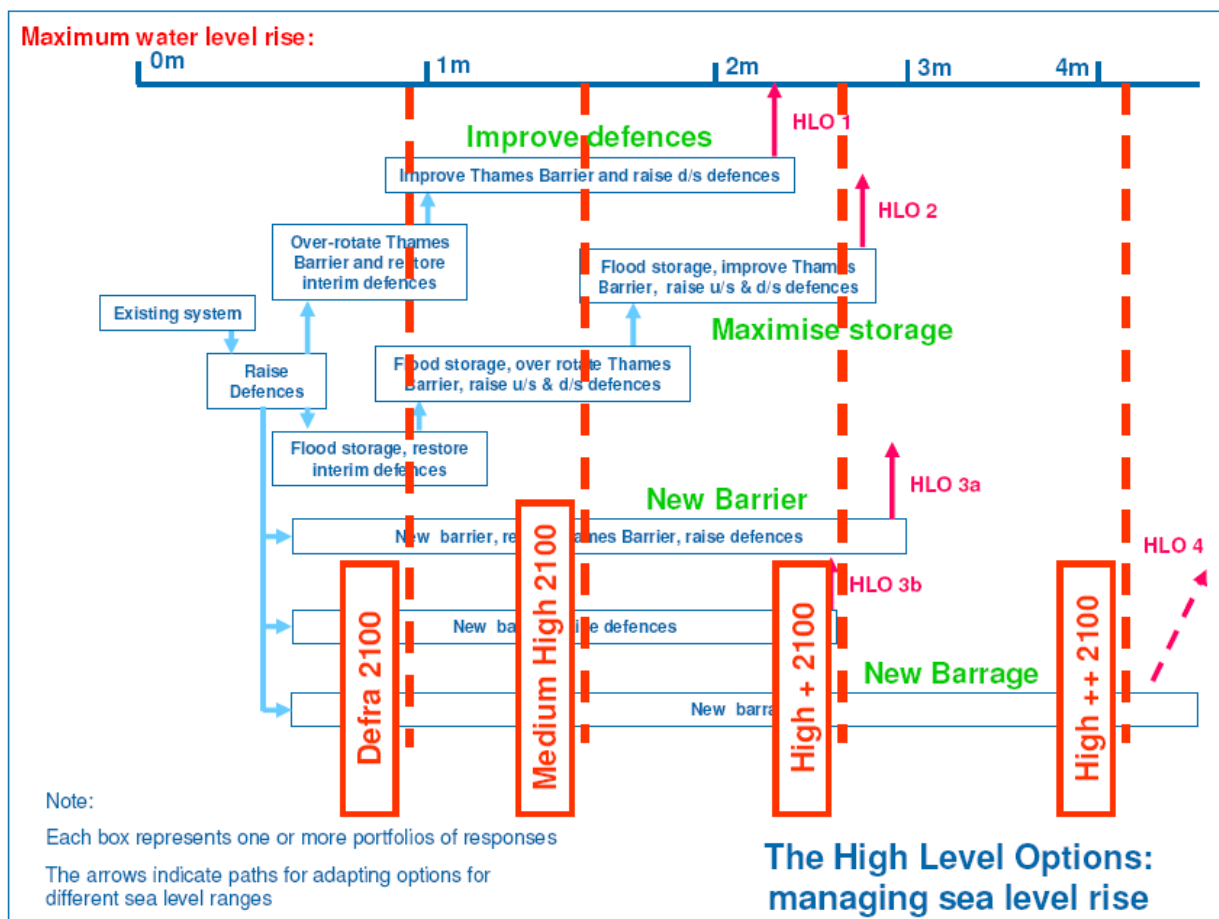
## 4 Adaptatiepaden

Het in beeld brengen van knikpunten voor verschillende adaptatie strategieën of maatregelen (stap 5 uit het stappenplan in hoofdstuk 3) is een eerste stap op weg naar het in beeld brengen van adaptatiepaden. Het concept van adaptatiepaden voegt daar vervolgens nog een aspect aan toe, namelijk: kan 'zonder spijt' worden overgestapt op een volgende logische maatregel cq. strategie (zie ook *Figuur 3.6*). Des te meer overstapmogelijkheden er zijn des te 'flexibeler' de strategie. Immers, opties worden open gehouden om bij een tegen- of meevallende klimaatverandering te temporiseren of juist te versnellen. Door maatregelen met elkaar te verbinden in de tijd ontstaan adaptatiepaden.

Adaptatiepaden geven de mogelijke weg aan naar (voorlopige) eindbeelden, die afhankelijk van de snelheid van klimaatverandering eerder of later in zicht komen. Er zijn verschillende keuzes te maken en stappen te zetten om tot deze (voorlopige) eindsituatie te komen. Daarbij wil je:

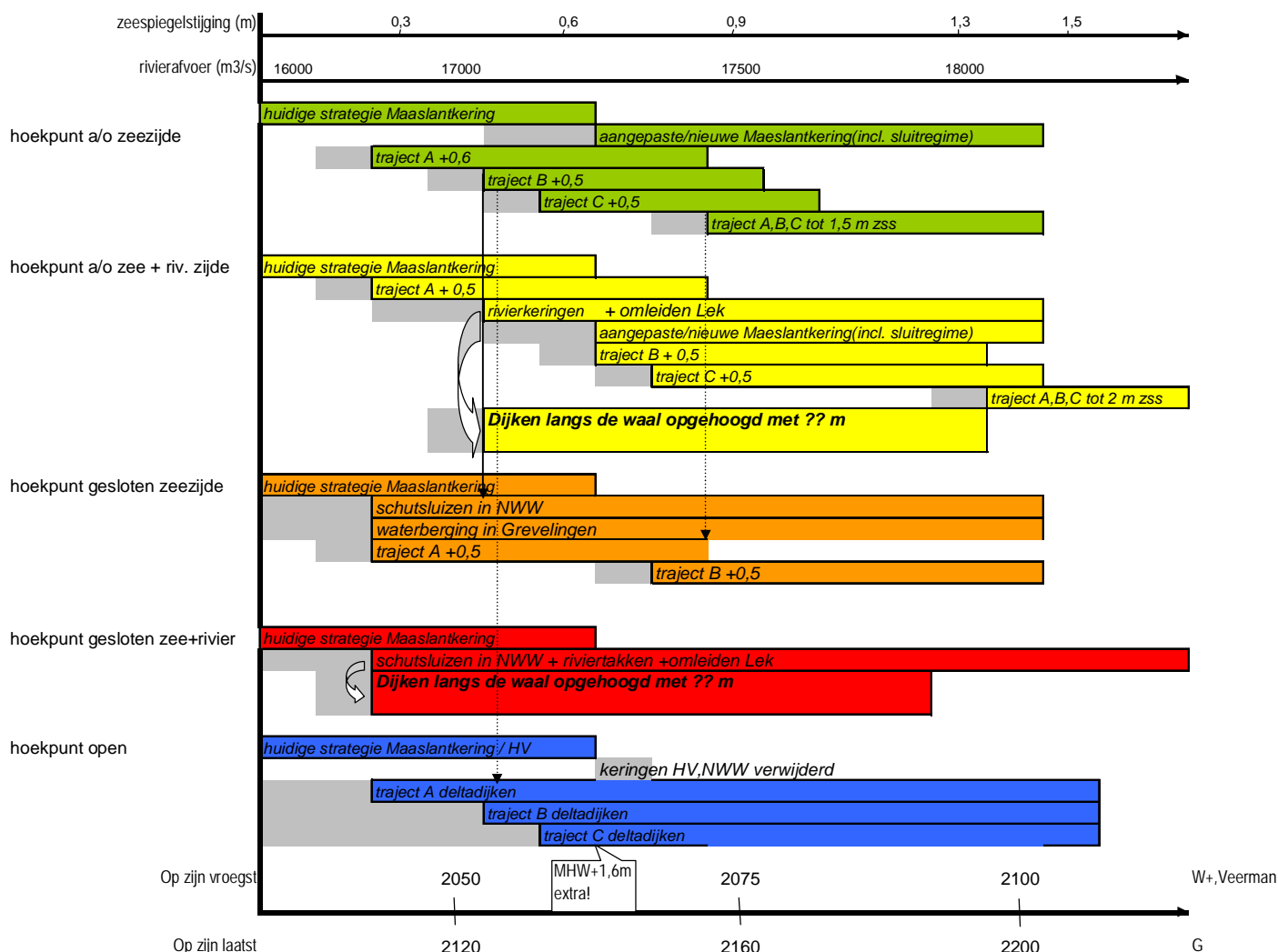
- Blijven voldoen aan de criteria die aan functies gesteld worden (dus maatregelen op tijd klaar, knikpunten vermijden)
- Risico op overinvestering beperken, wat zich vertaalt in zo lang mogelijk uitstellen van investeringen en in stappen werken.

Het meest praktische voorbeeld van adaptatiepaden komt uit de TE2100 studie (Environment Agency, 2007). Hierin zijn adaptatiepaden uitgewerkt rekeninghoudend met extreme klimaatscenario's voor het Theems Estuarium (zie *Figuur 4.1*). De uitkomst van de studie laat zien dat uitgaande van een 'Medium High' scenario voor 2100 alle opties nog voldoen tot eind van de eeuw.



Figuur 4.1 Adaptatiepaden voor het Theems estuarium bij toenemende zeespiegelstijging. De blauwe boxen stellen strategieën (portfolio's of responses) voor. De blauwe pijlen laten zien naar welke volgende strategie kan worden overstapt. In rood worden de bijbehorende scenario's voor 2100 getoond (Environment Agency, 2007).

In Nederland is er nog weinig praktische ervaring met een aanpak zoals gevolgd in Engeland. Een eerste, puur illustratieve, vingeroefening is gedaan voor het Deltaprogramma Rijnmond en Drechtsteden (zie Figuur 4.2). Wel is duidelijk dat een dergelijke aanpak veel inzicht biedt in de keuzemogelijkheden wanneer grote investeringsbeslissingen moeten worden genomen. Voor een uitwerking naar een handreiking is verdere gedachtevorming en discussie met eindgebruikers nodig.



Figuur 4.2 Adaptatiepaden tot 1,3 meter zeespiegelstijging voor de totstandkoming van de hoekpunten voor de waterveiligheid voor het deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden. Ter verduidelijking:

- De gekleurde blokken geven geïmplementeerde maatregelenpakketten aan. De lengte ervan geeft aan tot welke mate van zeespiegelstijging/rivierafvoer de maatregel voldoet (knikpunt).
- Blokken met dezelfde kleur horen onlosmakelijk bij elkaar
- De grijze vlakken geven indicatief de benodigde voorbereiding + implementatietijd aan
- De dikke kromme pijlen geven afwenteling op andere deelgebieden aan.
- De dunne pijlen geven aan of en op welk moment er overgestapt kan worden van de ene op de andere strategie zonder dat er sprake is van desinvestering.

Bij een verdere uitwerking kunnen de volgende constatering en kennisvragen worden meegenomen:

- Klimaatonzekerheid kan een reden zijn om investeringen uit te stellen. Echter kunnen er zich ook kansen of meekoppel mogelijkheden voordoen die het aantrekkelijk maken om investeringen juist naar voren te halen.
- Wat is de invloed van incidenten/calamiteiten op het uiteindelijke verloop van adaptatiepaden?
- Hoe kan worden omgegaan met ongekoppelde externe ontwikkelingen zoals bijvoorbeeld klimaat en economische ontwikkeling?

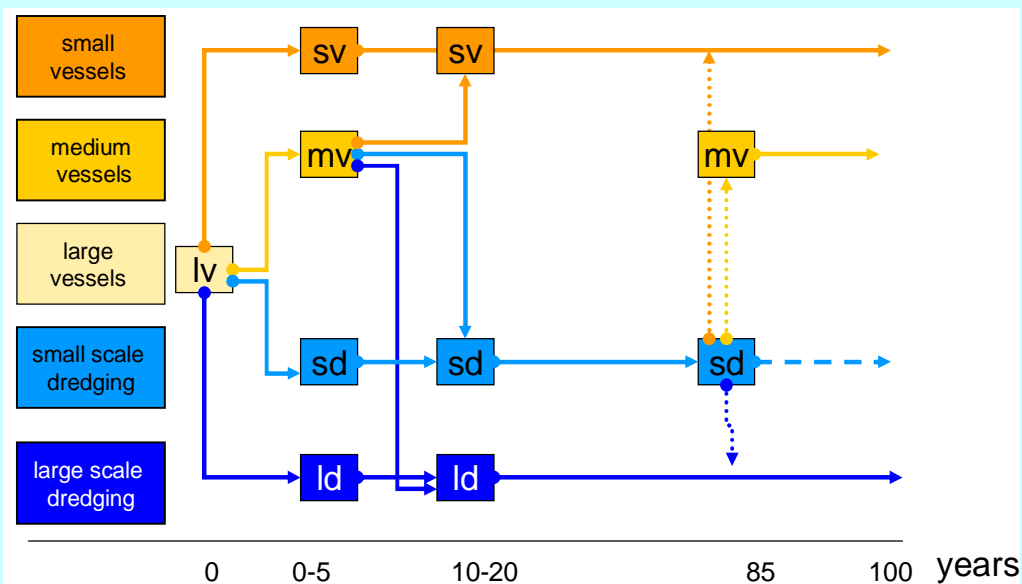
- Hoe ga je om met veranderingen in het normatief kader zelf waardoor de criteria die nu aan knikpunten worden gesteld in de toekomst zullen wijzigen?

Een deel van deze vragen wordt opgepakt in onderzoek van Haasnoot et al. 2010 (zie ook kader 4.1).

#### Kader 4.1

In het onderzoek van Haasnoot et al., 2010 wordt een aanpak gevolgd waarbij adaptatiepaden 'ontstaan' als reactie op (bijna) gebeurtenissen in het klimaat of in de maatschappij. Hiervoor is een model opgezet met daarin een realistisch maar denkbeeldig stroomgebied met meerdere functies. Het model bevat verder beslisregels die bepalen welke reactie op gebeurtenissen volgt. Als input worden zogenaamde 'transient' scenario's gebruikt, realistische meerjarige tijdseries die kunnen worden gezien als mogelijke realisaties die passen binnen klimaatscenario's. Door nu het model te voeden met vele realisaties binnen meerdere klimaatscenario's wordt duidelijk welke paden robuust zijn en welke niet.

In onderstaande figuur zijn berekende adaptatiepaden weergegeven voor de binnenscheepvaart voor een denkbeeldige rivier. Als gevolg van klimaatverandering is de verwachting dat er vaker laag water situaties zijn waarbij de schepen die op dit moment in gebruik zijn (*large vessels*) niet meer kunnen varen. Volgens dit figuur is een kritieke situatie, waar het gebruik van de huidige schepen faalt, na +/- 5 jaar bereikt. De adaptatie opties zijn vervolgens om kleinere schepen te gebruiken, of om de vaargeul uit te baggeren. Het schema laat zien tot op welk moment deze maatregelen nog uitkomst bieden (knikpunten).



Adaptatiepad voor laag water beheersmaatregelen. Een maatregel faalt als de tijd dat er geen binnenvaart mogelijk is meer dan 2% per jaar is, en wanneer dit 4 jaar op een rij het geval is (Haasnoot et al., 2010).



## 5 Belangrijke ervaringen

### *Communicatie*

De methode sluit inderdaad goed aan bij de vragen van beleidsmakers. Het idee van het in beeld brengen van de houdbaarheid van strategieën is herkenbaar, communiceert gemakkelijk en stelt prioriteiten. Onzekerheid uitdrukken in een tijdsrange, 'op zijn vroegst en op zijn laatst onder de huidige inzichten' is beter te bevatten dan een % verandering in een bepaald jaar. Doordat de methode beter aansluit bij het beleid wordt ook de dialoog tussen beleid en wetenschap vanzelfsprekender gevoerd.

### *Wat is acceptabel?*

Over het vaststellen van drempelwaarden bestaat vaak veel discussie en deze kunnen daarom ook weleens niet gedefinieerd worden. Het feit dat deze discussie ontstaat, kan ook worden gezien als een winstpunt. Het dwingt de betrokkenen kritisch na te denken over wat wel en niet van belang is en (on)acceptabel is.

### *Uitvoerbaarheid*

Er zitten nog behoorlijk wat praktische hindernissen die overwonnen moeten worden bij de uitvoering van de methode. Dat kan te maken met de veelheid van factoren die van invloed zijn op een knikpunt, waardoor je gedwongen wordt sterk te simplificeren of afhankelijk bent van de beschikbaarheid van goede gegevens en modellen. In deze handreiking is gepoogd hiervoor enkele suggesties te doen, maar dat garandeert zeker geen kookboek achtige uitvoering in de toekomst. Elke case vergt maatwerk. Meer ervaring en hieruit voortkomende suggesties voor verbetering zijn gewenst. Deze handreiking moet daarom worden gezien als een inspiratiebron, geen blauwdruk.

### *Verwachtingen*

Samenhangend met het voorgaande: het gevaar bestaat dat een knikpunt te snel als een te exact moment in de tijd wordt gezien. De verwachting over het detailniveau verschilt nogal eens van wat in de praktijk geleverd kan worden. Dit heeft te maken met het feit dat de methode de pretentie heeft een kwantitatieve analyse te maken terwijl tegelijkertijd klimaatonzekerheden groot zijn, de reactie van het systeem hierop vaak onduidelijk is en uitvoering van de analyse complex is. Het is belangrijk duidelijk te maken dat dit geldt voor alle studies en verkenningen van waarbij ver in de toekomst wordt gekeken, dus ook voor een knikpuntenanalyse.

### *Hulpmiddel in groter geheel*

Een knikpuntenanalyse wordt wel eens gezien als een methode die een reactieve houding in de hand werkt: 'we gaan pas wat doen als het nodig is'. Dit terwijl zich ook eerder kansen kunnen voordoen tot adaptatie. Bekende voorbeelden zijn de mogelijkheid tot meekoppelen bij geplande herstructurering van gebieden of bij het reguliere vervangen van kunstwerken. Ook kunnen er heel andere overwegingen zijn om in een gebied een functie aan te pakken, zoals bijvoorbeeld de wens of noodzaak tot het verbeteren van de leefkwaliteit. Zolang duidelijk wordt gemaakt dat de knikpunten methode slechts een hulpmiddel is binnen een brede, integrale verkenning waarvan klimaatverandering een onderdeel is, is er niets aan de hand. Daarnaast kan ook worden gesteld dat het inzichtelijk maken van knikpunten nu, proactief handelen in de toekomst juist faciliteert.



## 6 Referenties

- Asselman, N., Kwadijk J. en J. ter Maat, 2008. Afwegen van klimaatbestendigheid in het Stadshavensgebied Rotterdam, Deltares, november 2008.
- Bruggeman, W., S. Hommes, A. te Linde en R. ten Brugge 2010. Deltamodel 2010, deltasenario's voor robuustheidanalyse van maatregelen voor zoetwatervoorziening en veiligheid, concept Deltares, december 2010.
- DEFRA, 2009. Accounting for the effects of climate change. Supplementary green book guidance. June 2009
- Dessai, S. and Sluijs, J.P.v.d., 2007. Uncertainty and Climate Change Adaptation – a Scoping Study. NWS-E-2007-198, Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht.
- Environment\_Agency, 2009. Managing flood risk through London and the Thames estuary. Strategic Environment Assessment. Environmental Report, Thames Estuary 2010, Environment Agency, London, UK.
- Haasnoot, M., Middelkoop, M., Offermans, A., Van Beek, E. and Van Deursen, W.P.A., 2010 in review. Exploring pathways for sustainable water management in river deltas: method development and evaluation
- Hoogvliet, M.C., 2010. Knikpunten in het waterbeheer van het Maasstroomgebied a.g.v. klimaatverandering. Beleidsamenvatting., Deltares, Utrecht.
- Janssen, A.N.G., Gramberger, M.R., Ruijter, P.A.D. and Heijningen, J.V., 2004. Regeren is vooruitzien! Scenario's maken en gebruiken voor beleidsontwikkeling, wetgeving en handhaving. ISBN: 90-807303-2-7, Expertisecentrum Rechtshandhaving, ministerie van Justitie, Den Haag.
- Jeuken, A. en F. Jorna, 2009. Definitierapport knikpunten als gevolg van klimaatverandering in het regionale waterbeheer van Amstelland en Rijnland i.r.t. het Rijkswatersysteem, Deltares/Royal Haskoning, november 2009.
- Kwadijk, J., F. Klijn and M. van Drunen (2006). Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting, WL | Delft Hydraulics, [www.programmaark.nl](http://www.programmaark.nl), 94 pp
- Kwadijk, J. et al., 2008a. Klimaatbestendigheid van Nederland als waterland. H2O, 23: 10-12.
- Kwadijk, J., Jeuken, A. and Waveren, H.V., 2008b. De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning van knikpunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem. T2447, Deltares, Delft.
- Kwadijk, J.C.J., Haasnoot, M., Mulder, J.P.M., Hoogvliet, M.M.C., Jeuken, A.B.M., Krogt, R.A.A. v.d., Oostrom, N.G.C. v., Schelfhout, H.A., Velzen, E.H.v., Waveren, H. v., and Wit, M.J.M. 2010. Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 1(5): 729-740.

Leusink, A. and Zanting, H.A., 2009. Naar een afwegingskader voor een klimaatbestendig Nederland. Met ervaringen uit 4 case studies. Samenvatting voor bestuurders, BSIK-programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum, Wageningen.

IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis report. , IPCC, Geneva, Switzerland.

Morselt, T.T., 2010. Het Deltaprogramma bezien als investeringsvraagstuk. Rekening houdend met de kenmerken: onzekerheid, samenhang, consistentie, flexibiliteit en integraliteit. Voorverkenning en plan van aanpak. P10004, Blueconomy, Zaltbommel.

Nasruddin, F. 2010. Tipping Point in Urban Flood Management Case study: Wielwijk, Dordrecht (NL), MSc Thesis, UNESCO-IHE, Delft.

Passchier, R., Klijn, F. en H. Holzhauser, 2010. Beleidsomslagpunten in de Zuidwestelijke Delta? Deltares, januari 2010.

Reeder, T. TE2100, presentatie op de conferentie 'Deltas in times of change', September 2010

Seck, A. 2010. Tipping Point in Urban Flood Management Case study: Saint Louis, Senegal, MSc Thesis, UNESCO-IHE, Delft.

VROM, 2007. Naar een klimaatbestendig Nederland.

Waveren, H. van en A. Jeuken, 2008, Drie perspectieven voor een klimaatbestendig Nederland. Adaptatiemaatregelen voor het Nederlandse waterbeheer – Tussentijdse rapportage t.b.v. de Deltacommissie, RWS/Deltares september 2008.

**Alle Deltares publicaties zijn te verkrijgen via [kennisonline.deltares.nl](http://kennisonline.deltares.nl)**