



ONTWIKKELPADEN VOOR EEN NATUURLIJKER FUNCTIONEREN VAN BEKEN EN RIVIERTJES.

CONTENTS

.....	1
1. Inleiding	2
2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts.....	2
3. Strategie.....	3
4. Schematische weergave.....	6
5. Werking	7
5.1 Productie van ontwikkelpaden	7
5.2 Reflectie op de productie van ontwikkelpaden	11
6. Kosten en baten	13
6.1 Kosten en baten van de toepassing van de ontwikkelpadenmethode	13
6.2 Kosten en baten van ontwikkelpaden	13
7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties.....	15
8. Governance.....	15
9. Praktijkervaringen	16
9.1 Natuurlijker functioneren van beken en riviertjes.....	16
9.2 Raam.....	16
9.3 De Overijsselse Vecht	19
10. Kennisleemten	25
11. Bronnen & links.....	27
12. Overzicht lopende initiatieven en onderzoeken	28
13. Disclaimer	28



1. INLEIDING

Klimaatverandering leidt er toe dat waterschappen en provincies samen met andere actoren in het landelijk gebied nadenken over een klimaatbestendige inrichting van de Nederlandse zandgebieden. Dit vraagt om inzicht in de ruimtelijke, maatschappelijke en fysieke gevolgen van klimaatverandering op regionale schaal, in mogelijke adaptatiemaatregelen in hun land- en watersystemen, en hoe die via gebiedsprocessen kunnen worden gerealiseerd.

Deze Deltafact "*Ontwikkelpaden voor een natuurlijker functioneren van beken en riviertjes*" presenteert een methode om keuzen die op de korte termijn gemaakt worden te verbinden met doelen voor de lange-termijn, waarbij onzekerheden als gevolg van klimaatverandering meegewogen worden. De methode is toegepast op planning voor het natuurlijker maken van beken en riviertjes. In deze Deltafact wordt uitgelegd wat ontwikkelpaden zijn en hoe ze gebruikt kunnen worden om beken en riviertjes natuurlijker te laten functioneren.

Deze Deltafact is gebaseerd op onderzoek aan delen van de stroomgebieden van de Overijsselse Vecht en de Raam; twee proeftuinen binnen het Lumbricus programma (zie www.programmalumbricus.nl). In de hoofdstukken 2 t/m 8 beschrijft de tekst de ontwikkelpaden-methode en illustreert de toepassing aan de hand van de Overijsselse Vecht en Raam case. In hoofdstuk 9 worden de beide cases in meer detail beschreven. En de hoofdstukken 10 t/m 13 presenteren de bredere context van deze Deltafact.

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Onderwerpen: Bouwen met natuur, Lumbricus.

Deltafacts: [Robuustheid](#), [Bouwen met natuur maatregelen in beken](#), [Peilen en Vegetatie](#), [Deltascenario's en adaptief deltamanagement](#), [Effecten klimaatverandering op landbouw](#), [Effecten klimaatverandering op terrestrische natuur](#), Lumbricus (in ontwikkeling), Lumbricus eindresultaten (in ontwikkeling) en Ecologische monitoring (in ontwikkeling).



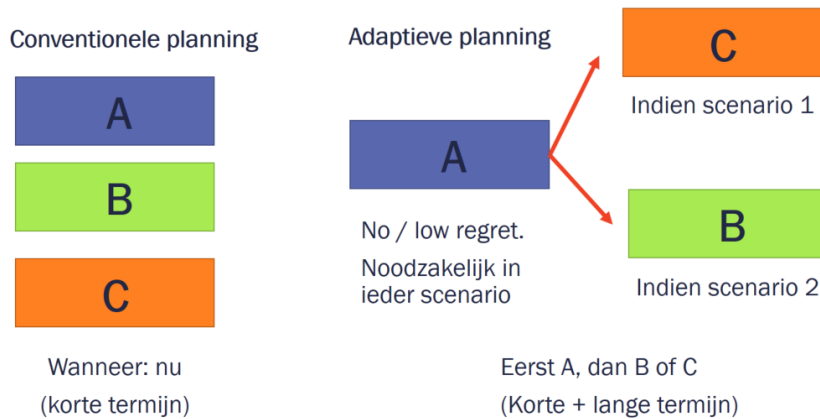
3. STRATEGIE

De meest gebruikte planningsbenaderingen gaan uit van een voorspelbare toekomst, waardoor planning een optimalisatie-opgave wordt van maatregelen om vaste doelen te bereiken. De KRW systematiek, met haar zesjarige cyclus, is hier een voorbeeld van. Deze aanpak is voor langetermijnplanning niet bruikbaar, omdat ze nooit verder dan zes jaar in de toekomst kijkt. Omgaan met klimaatonzekerheden en onvoorspelbare sociaaleconomische ontwikkelingen vraagt om een langere termijn perspectief.

Flexibiliteit om maladaptatie te voorkomen.

De vraag is hoe korte-termijn keuzes gemaakt moeten worden met oog voor de lange termijn. Negeren van onzekerheid over de toekomst kan leiden tot foute keuzes; bijvoorbeeld omdat maatregelen na verloop van tijd inefficiënt blijken, of te duur, of dat ze het begin blijken van een verkeerd ingeslagen weg ([Marchau et al., 2019](#)). Een verkeerd ingeslagen weg wordt een *lock-in* genoemd. Een voorbeeld hiervan is investeren in dure infrastructuur met lange afschrijvingstermijnen, terwijl je daarmee de veerkracht van het watersysteem verkleint en je bij klimaatverandering vervolgens dure aanpassingen moet treffen. Maatregelen zijn vaak onderling afhankelijk. De keuzen voor een kleine maatregel nu kan tot een reeks van logische vervolgmaatregelen leiden; dit wordt pad-afhankelijkheid genoemd. Kanalisatie van beken en riviertjes in het verleden bijvoorbeeld, heeft een lange reeks van vervolgingrepen aan de waterlopen en in de omgeving veroorzaakt. Deze reeks aan vervolgingrepen kan alleen met grote inspanning doorbroken worden.

Flexibiliteit is nodig om te kunnen reageren op klimatologische en maatschappelijke veranderingen, en om nieuw opgedane kennis te gebruiken. Op de korte termijn wordt er vaak gekozen voor maatregelen die onder ieder mogelijke toekomst voordelig uitpakken – zogenaamde low- of no-regret -maatregelen (zie Figuur 1). Door voor low-regret-maatregelen te kiezen, voorkom je dat er over-of onder-investeringen gedaan worden en dat keuzes nu noodzakelijke aanpassingen in de toekomst niet in de weg staan.



Figuur 1. Het verschil tussen conventionele planning en adaptieve planning.

Adaptatiepaden

Het idee van adaptieve planning bestaat al langer, maar sinds ongeveer 10 jaar wordt er gebruikt gemaakt van adaptatiepaden. Routekaarten en adaptatiepaden zijn een grafische visualisatie van de adaptatiemogelijkheden die geïmplementeerd kunnen worden over tijd. Door de verschillende paden op routekaarten naast elkaar weer te geven, worden de overstapmogelijkheden tussen de verschillende paden zichtbaar. Het sterke punt van deze methode is dat je op een simpele manier inzicht krijgt in welke adaptatiemogelijkheden er zijn en hoe die opeenvolgend geïmplementeerd kunnen worden in de tijd op het moment dat klimaatverandering anders uitvalt dan nu wordt voorspeld.

In Nederland is met name door Deltares gewerkt met adaptatiepaden, bijvoorbeeld in het Deltaprogramma (zie: [Bloemen et al., 2018](#) en [Haasnoot et al., 2013](#)).

Daarbij werd naast de analyse van adaptatie voor infrastructuur ook de adaptatienoodzaak voor het behoud van beleidsdoelen geanalyseerd, zoals peilen in het IJsselmeer en zoutwater indringing in de delta.

Ontwikkelpaden

Een kritisch commentaar op de adaptatiepaden benadering, kwam van [Wise et al. \(2014\)](#). Zij wijzen erop dat adaptatiepaden voor klimaatverandering niet los gezien kunnen worden van de context waarin de besluitvorming plaatsvindt. Naast veranderingen in het klimaat, moeten dus ook de interactie van deze maatregelen met hun culturele, politieke, economische en milieucontext worden meegenomen. In veel situaties waarin adaptatie plaats vindt, is de toekomstvisie niet zo eenduidig, zijn er vaak meerdere actoren, zijn drempelwaarden voor de verschillende adaptatiemaatregelen veel moeilijker te bepalen en opereer je in een



complex sociaalecologisch systeem. Om die reden stellen zij dat adaptatiepaden niet alleen zouden moeten kijken naar incrementele maatregelen voor klimaatverandering, maar ook naar maatschappelijke transformaties. Met andere woorden: alleen maatregelen in een volgorde zetten op een tijdlijn naar de toekomst, zonder rekening te houden met maatschappelijke veranderingen, heeft weinig zin. Daarnaast overschrijden de effecten van klimaatverandering ruimtelijke en juridische grenzen, waarop maatregelen moeten worden gecoördineerd om maladaptatie te voorkomen. Het is volgens [Wise et al. \(2014\)](#) belangrijk om adaptatiepaden in een brede context te zien:

- De effecten van klimaatverandering en de reacties daarop zijn onderdeel van complexe, dynamische, sociaalecologische systemen.
- Stakeholders hebben vaak tegengestelde waarden, doelen en kennis, en dat moet herkend en bediscussieerd worden.
- Maatregelen moeten gecoördineerd worden op meerdere schalen, bevoegdheidsniveaus en sectoren.
- Planningsprocessen zouden moeten bestaan uit incrementele adaptatie strategieën gericht op de directe oorzaken, in combinatie met transformatieve strategieën die systemische oorzaken aanpakken.
- Om maladaptatie te voorkomen, zouden strategieën no-regret moeten zijn. Beslissingen om deze strategieën te implementeren moeten in de tijd plaatsvinden en rekening houden met veranderingen in begrip over de interacties tussen verandering en de reacties daarop.

Deze bredere manier van adaptatiepaden wordt 'adaptatie als onderdeel van paden van verandering en reactie' genoemd, maar omdat het zowel over adaptatie als over transformatie gaat, zou je ook kunnen spreken van ontwikkelpaden ([Denton et al., 2014](#)).



4. SCHEMATISCHE WEERGAVE

Bosomworth et al. (2015) presenteren een stapsgewijze aanpak voor ontwikkelpaden. Deze is binnen het Lumbricus project in aangepaste vorm toegepast.



Figuur 2. stappen op weg naar ontwikkelpaden (vrij naar: Bosomworth et al. (2015)).



5. WERKING

De stappen van figuur 2 worden in paragraaf 5.1 één voor één toegelicht. Paragraaf 5.2 reflecteert op de ervaringen ermee in de Lumbricus proeftuinen.

Productie van ontwikkelpaden

1. Context van het proces

Een ontwikkelpaden proces dient rekening te houden met lopend beleid; er is sprake van 'pad afhankelijkheid', tegelijkertijd wordt zo'n proces opgezet om beleid te veranderen of uit te breiden, dus het is nodig om afspraken over de verwachtingen en de beleidsruimte te maken. Daarbij is er sprake van een spanning tussen de noodzaak om rekening te houden met lopend beleid aan de ene kant en om harde randvoorwaarden, die beperkingen leggen op een flexibele ontwikkeling naar doelrealisatie, te voorkomen, aan de andere kant. In beide Lumbricus case studies ontstonden er tijdens het proces over dit soort pad-afhankelijkheden discussie (over de KRW-type doelstelling van Moerasbeek voor de Lage Raam en over de toekomst van de stuwen in de Overijsselse Vecht).

Daarnaast moeten afspraken gemaakt worden over de begrenzing van het beek- of rivier traject, het stroomgebied, de tijd die beschouwd wordt en de tijd die het planproces mag nemen en welke actoren en sectoren bij het proces betrokken worden. Zoals dat voor ieder planproces geldt.

2. Doelen formuleren

Ontwikkelingsdoelen voor de lange termijn moeten gesteld worden. In de Lumbricus proeftuinen bleek dat geen gemakkelijke opgave. Want een 'half-natuurlijke toestand van beken of riviertjes is namelijk geen objectieve maatstaf. Over wat half-natuurlijk in de praktijk is, verschillen meningen aanzienlijk.

Om het begrip 'half-natuurlijk' handen en voeten te geven zijn vijf dimensies van de mate van natuurlijkheid van beken en rivieren gehanteerd; zie tabel 1). Deze dimensies helpen om discussies over doelen te structureren, omdat hiermee de hydro-morfologische randvoorwaarden voor herstel op de langere termijn benoemd worden en daarmee de randvoorwaarden voor de



ecologische ontwikkeling.

Tabel 1: vijf dimensies van natuurlijkheid van beken en rivieren (onder andere gebaseerd op [Grill et al. \(2019\)](#)).

Dimensie van natuurlijkheid	Betekenis
Longitudinale connectiviteit	De mate waarin het water en sediment zonder obstakels van bron naar monding kan stromen. (dammen, stuwen, bochtafsnijdingen)
Lateral connectiviteit (zomerbed)	De relatie tussen het winter- en zomerbed (morfo- en hydrodynamiek van de overstromingsvlakte)
Laterale connectiviteit (breed)	De relatie tussen oppervlakte- en grondwaterstromen en peilen in het beek- of rivierdal
Temporele connectiviteit	De dynamiek van de afvoer (basis-afvoer en de frequentie en duur waarin extremen voorkomen; successie)
Kwaliteit	Mate waarin waterkwaliteit ecologische randvoorwaarden schept

Zie voor details hoofdstuk 9.

3. *Identificeren van maatregelen*

In de praktijk zijn er vaak heel veel maatregelen mogelijk om het doel of de doelen die onder stap 2 bepaald zijn te realiseren. Selectie is nodig om het overzicht te behouden. Dit kan door maatregelen te groeperen, door een aantal sleutel maatregelen te kiezen, etc.

4. *Onzekerheden analyse*

Selecteren van de onzekerheden die de grootste invloed hebben op het bereiken van de doelen, zoals bijvoorbeeld effecten van klimaatverandering. Een dilemma is de onzekerheid over landgebruik en transities in bijv. de landbouw. Regionale waterbeheerders hebben zijdelings invloed zo'n transitie en ze kan dus ook bij de maatregelen opgenomen worden. Het is afhankelijk van de context van het planningsproces (zie punt 1) of deze als externe onzekerheden worden meegenomen, of als deel van de planning opgave. In de Lumbricus case studies werd aanvankelijk invloed van klimaatverandering op extreme afvoeren (zowel hoog als laag) als grootste onzekerheid aangemerkt. Maar het inzicht groeide dat droogte en meer



specifiek de hoogte van de basis-afvoer de belangrijkste factor is in relatie tot het natuurlijke functioneren op de lange termijn, want beek en rivier systemen (zoals moerasbeken) die van nature permanent watervoerend zijn worden sterk negatief beïnvloed tijdens perioden met te lage basis-afvoer ([Verdonschot et al., 2020](#)). Nu is de basis-afvoer niet alleen afhankelijk van neerslag, maar ook sterk van het landgebruik en waterbeheer. Het bleek onontkoombaar om maatregelen ter verhoging van de basis-afvoer mee te nemen en tegelijkertijd de toenemende kans op droge perioden als belangrijkste externe factor te nemen.

5. Routekaarten ontwerpen

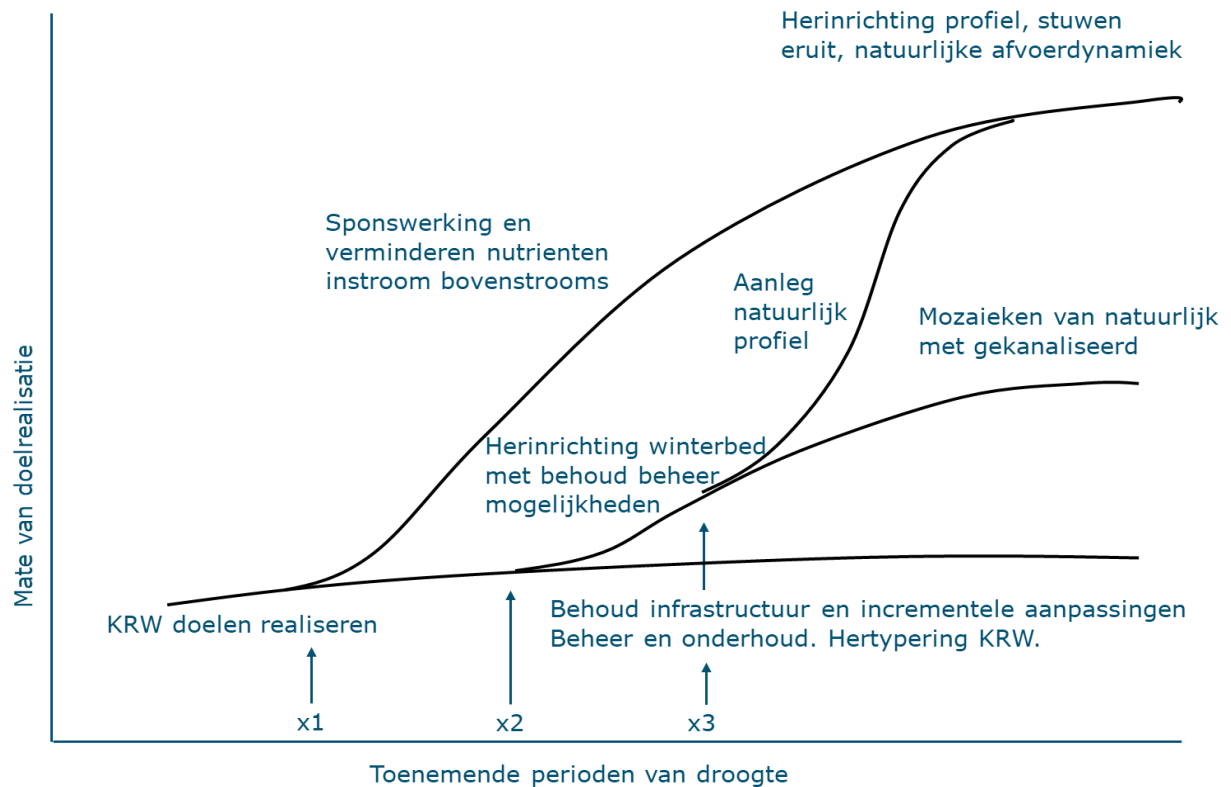
De routekaart heeft als functie maatregelen te ordenen, in de tijd en in relatie tot elkaar. De kaart geeft de sleutelmaatregelen en -beslismomenten aan (Bosomworth et al., 2015). De kaart geeft een overzicht van beslissingen op de korte termijn in relatie tot de lange termijn en het laat flexibiliteit (opties/scenario's) zien ten opzichte van potentiële toekomstige ontwikkelingsrichtingen. Uit de kaart wordt duidelijk wat 'no regret' maatregelen zijn en waar kantelpunten (punten in de tijd waarop een bepaalde set van maatregelen haar werking verliest) liggen.

Discussies in de Lumbricus proeftuinen Overijsselse Vecht en Raam leidden tot vele soorten routekaarten, waarvan er twee in hoofdstuk 9 getoond worden. Figuur 3 toont een conceptuele en versimpelde routekaart met maatregelen, beslispunten en ontwikkelpaden naar half-natuurlijke beken of riviertjes. Uit de routekaart volgen drie ontwikkelpaden; ieder naar een ander niveau van doelrealisatie.

1. Een 'bouwen met de natuur' inrichting, waarin de vijf dimensies van een natuurlijke rivier zo veel mogelijk zijn verwezenlijkt. De bouwen met natuur inrichting gaat ervanuit dat met ingrepen natuurlijke processen geïnitieerd worden, waarna de beek/riviertje de rest zelf kan.
2. Een mozaïek inrichting, waarin delen van de rivier- of beekloop heringericht worden en waar beheer en onderhoud (inclusief stuwbeheer) aangepast worden aan natuurdoelen.
3. Een inrichting zonder veel wijzigingen ten opzichte van nu, waar incrementeel wat natuurdoelen verwezenlijkt worden, maar waar hertypering ten opzichte van KRW beek en riviertjes naar bijvoorbeeld 'meer' typen noodzakelijk blijkt, omdat vooral de afvoer in droge



perioden niet gegarandeerd kan worden waardoor de stroming wegvalt. Beslissingen ($x_{1,2,3}$ op de routekaart) over welk ontwikkelpad gevolgd wordt kunnen op diverse punten genomen worden, bijvoorbeeld afhankelijk van hoe het klimaat en hoe landgebruiksvormen veranderen. Voor detailuitleg zie Hoofdstuk 9.



Figuur 3. routekaart van ontwikkelpaden naar klimaat robuuste half-natuurlijke toekomst van beken en riviertjes. Op de x-as staat de tijd in relatie tot toenemende klimaatdruk (meerdere scenario's voor klimaatverandering zouden hier getoond kunnen worden). De y-as geeft de mate van doelrealisatie aan. De lijnen staan voor pakketten aan maatregelen en $x_{1,2,3}$ zijn belangrijke beslispunten.

6. Ontwikkelpaden identificeren.

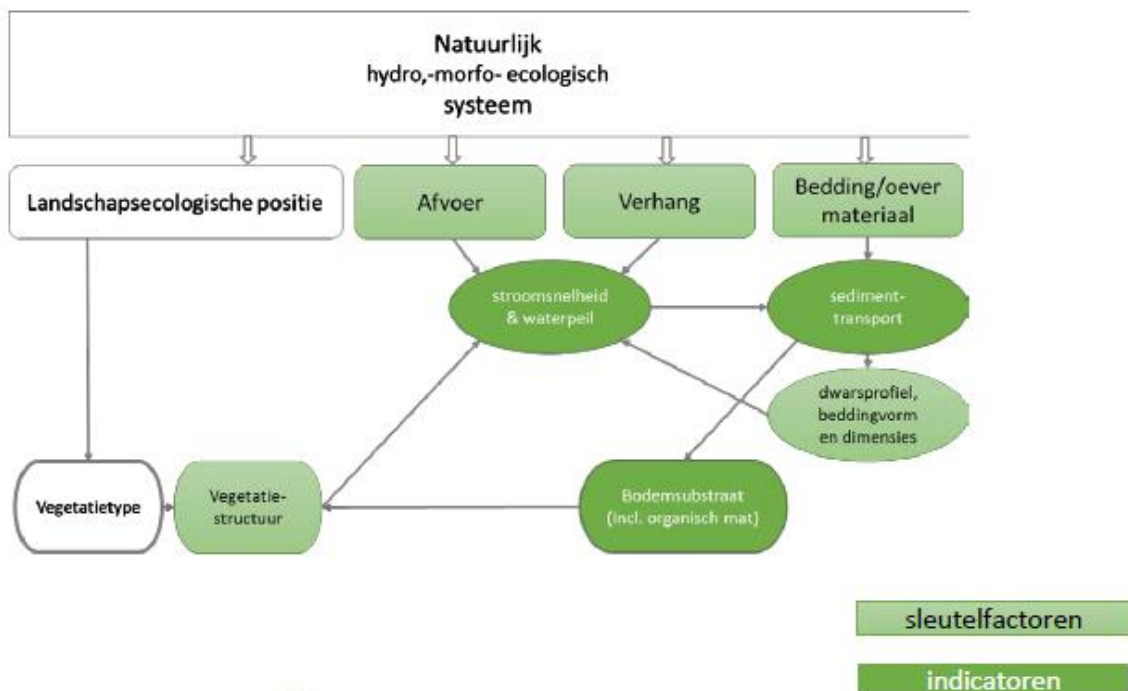
De routekaarten tonen beslispunten en maatregelen in relatie tot elkaar. Hierdoor ontstaan configuraties van maatregelen en de volgorde daarin, die tezamen ontwikkelpaden vormen. Figuur 3 toont 4 ontwikkelpaden, maar afhankelijk van het aantal maatregelen op de routekaart kan het aantal mogelijke paden sterk toenemen; tot vele duizenden.



7. Monitoringplan ontwerpen

Gezien de toekomstonzekerheden is het onmogelijk exact te bepalen wanneer beslissingen genomen moeten worden. De exacte timing van $x_{1.2.3}$ in figuur 3, is – gezien de onzekerheid – niet te kwantificeren. Maar wel is het mogelijk om door middel van monitoring ontwikkelingen in het stroomgebied te volgen, zodat op basis daarvan het juiste beslistmoment gekozen kan worden.

Deel van het ontwikkelpadenproces is daarom om met behulp van routekaart en ontwikkelpaden indicatoren te identificeren (zie figuur 4) waarmee de snelheid waarin veranderingen plaatsvinden gemeten en gevolgd wordt, zodat duidelijk wordt wanneer beslistmomenten zich aandienen. Door te monitoren is het ook mogelijk bij te sturen in het proces; adaptief management.



Figuur 4 voorbeeld van indicatoren voor beekherstel. Deze indicatoren voor monitoring komen voort uit het speelveld van context, doelen, randvoorwaarden, neveneffecten en het natuurlijk systeem. Daarnaast kunnen er specifieke maatregel-effect aspecten zijn die het monitoren waard zijn om de werking van individuele maatregelen te onderzoeken (bron: Gilbert Maas).

5.2 Reflectie op de productie van ontwikkelpaden

Hebben de in dit Deltafact gepresenteerde ontwikkelpaden ten behoeve van klimaat robuust en natuurlijk functioneren van beken en riviertjes meerwaarde ten opzichte van andere planningsmethoden?



De ervaring in de twee case studie gebieden (zie hoofdstuk 9) leerde dat streven naar natuurlijker functioneren op de lange termijn leidt tot lastige vragen over de effecten op andere sectoren. Dat leidt in het huidige beleid voor regionale overheden al tot moeilijke afwegingen, maar ontwikkelpaden, met haar blik op de lange termijn, maakt het nog helderder dat sectoren in Nederland van elkaar afhankelijk zijn. Verhoging van de basis-afvoer en verbetering van de waterkwaliteit in de zandgebieden van Nederland zijn randvoorwaarde voor natuurlijker functioneren. Maar deze randvoorwaarden kunnen alleen vervuld worden door maatregelen die het huidige grondgebruik bovenstrooms in de haarvaten van de stroomgebieden raken. Aan de case deelnemende waterbeheerders vonden het confronterend om onder ogen te zien dat natuurherstel zich niet beperkt tot 'het bakje' of de waterloop, maar dat eigenlijk eerst maatregelen bovenstrooms nodig zijn.

Daarmee samenhangt de discussie over het soort natuur dat nagestreefd wordt. Het KRW implementatieproces heeft deze discussie de afgelopen decennia gedomineerd. Maar KRW doelen moeten in 2027 gehaald worden en er is in de praktijk nog weinig voorbij die datum gekeken. Verder kijken dan 2027 leidt tot de gevolgtrekking dat er een significant risico bestaat dat KRW keuzen, zoals investeren in moerasbeken, in de toekomst een doodspoor of lock-in blijkt te zijn.

Uit de evaluaties, aan het einde van de case studies, bleek dat participanten het werken met ontwikkelpaden waardevol vonden omdat ze het mogelijk maken om het spanningsveld tussen lange-termijndoelen en huidige beheerbeslissingen te analyseren. Ontwikkelpaden stemmen tot nadenken omdat het korte- en lange-termijn samenbrengt en omdat je op een hoger abstractie niveau praat dan normaal. En ze maakt het mogelijk om maatregelen in relatie tot elkaar te beschouwen.

De meerwaarde zit niet in het bieden van concrete beslissingsondersteuning, want daarvoor mist de methode te veel detail en is de afstand tot de dagelijkse werkelijkheid van waterbeheerders met haar vele dilemma's te groot. Maar ze biedt een kader om te leren, over de toekomst met haar onzekerheden, over de momenten dat belangrijke beslissingen nodig zijn en over de mate waarop nieuwe kennis nodig is.



6. KOSTEN EN BATEN

De kosten en baten van de ontwikkelpaden methode worden in dit hoofdstuk op twee niveaus besproken:

1. Welke kosten en baten biedt het proces van de toepassing van deze methode?
2. Hoe kunnen kosten en baten van ontwikkelpaden bepaald worden?

6.1 Kosten en baten van de toepassing van de ontwikkelpadenmethode

Er zijn geen cijfers om kosten en baten van deze methode in uit te drukken, maar er zijn wel overwegingen die invloed hebben op kosten en baten. Tabel 2 somt de belangrijkste op.

Tabel 2: overzicht van overwegingen over kosten en baten van toepassing van de methode

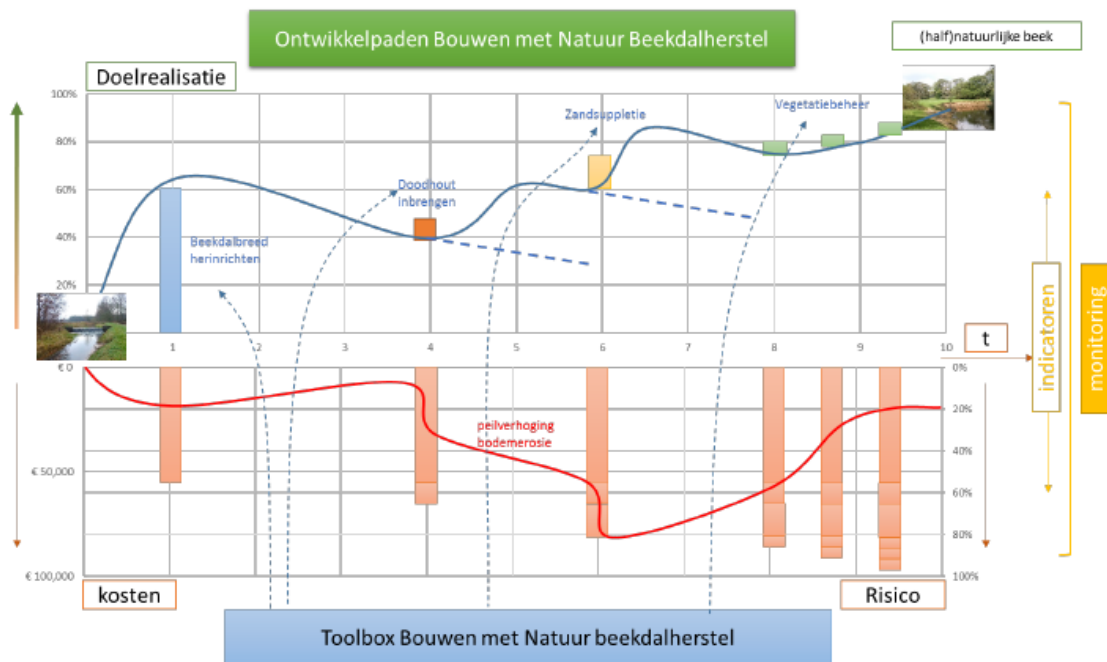
Kosten	Baten
<ul style="list-style-type: none">- De duur van het planningsproces (de case studies hebben ieder 1,5 jaar genomen).- De gehanteerde methoden. Een kwantitatief proces met bijvoorbeeld workshops (zoals in de case studies) vraagt aanzienlijk minder investering dan uitgebreide scenario en model analyses.- Het aantal participanten. In de case studies is gekozen voor een beperkte groep (zie Hoofdstuk 9). Maar het proces kan ook opgezet worden als een gebiedsproces.	<ul style="list-style-type: none">- het identificeren van lock-ins en kantelpunten kan omvangrijke misinvesteringen en toekomstige kapitaalvernietiging voorkomen.- Baten van het leerproces dat gepaard gaat met de methode zijn niet te kwantificeren, maar evaluaties tonen dat deelnemers de lessen van grote waarde vinden.

6.2 Kosten en baten van ontwikkelpaden

Ontwikkelpaden bestaan uit in de tijd gerangschikte clusters van maatregelen. Het is goed mogelijk om de kosten daarvan te bepalen. Wel moet er rekening gehouden worden met rente, inflatie en disconteringsvoet. Baten van dit soort maatregelen



leiden tot een natuurlijke functioneren zijn moeilijker te beoordelen. Maar methoden als (maatschappelijke) kosten/baten analyses, waardering van ecosysteemdiensten etc. zijn geschikt om baten te schatten (zie bijvoorbeeld [Watkiss et al. \(2015\)](#)) voor een overzicht van methoden in relatie tot adaptatie planning).



Figuur 5. voorbeeld van een ontwikkelpad 'bouwen met de natuur' (blauwe lijn in de figuur) met daaronder (rode balken) raming van kosten en (rode lijn) risico inschatting op het optreden van onbedoelde neveneffecten (bron: Gilbert Maas).



7. RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES

Ontwikkelpaden kunnen op vrijwel ieder type adaptatieproject toegepast worden. Ze worden, op veel plaatsen in de wereld, toegepast in infrastructuurprojecten, duurzaam water management, in de planning voor afgelegen kansarme gemeenschappen, planning voor de impact van klimaatverandering op kustgebieden en sector overschrijdende adaptatieplanning.

Maar dit betekent niet dat een ontwikkelpaden planningsproces vanaf nul kan beginnen. De vrijheidsgraad van regionale overheden op de Nederlandse zandgronden is vaak beperkt omdat er al (vaak KRW of ander) beleid uitgevoerd wordt dat bindend is; dit worden wel pad-afhankelijkheden genoemd. Ook zijn regionale overheden meestal ingebed in een complex web van belangen en kunnen zij niet anders dan de wensen van meerdere sectoren, in relatie tot het verbeteren van het natuurlijk functioneren van beken en riviertjes, afwegen.

Klimaatadaptatie en het beschouwen van toekomstbeelden voor de lange termijn, blijkt in de praktijk wel een integratiekader te bieden voor die diverse verzameling aan sectoren, waaronder landbouw, urbane gebieden, etc.. Een klimaatrobuuste inrichting van beekdalen draagt bijvoorbeeld bij aan de integrale opgave om droogte te bestrijden op de hogere zandgronden, wat ten goede komt aan verschillende sectoren.

8. GOVERNANCE

Het is belangrijk om ontwikkelpaden in een brede context te zien, want de analyses overschrijden naast tijdsschalen, meestal ruimtelijke en bestuurlijke grenzen en sectoren. Bij aanvang van een ontwikkelpadenproces moet daarom goed nagedacht worden over de grenzen die overschreden gaan worden, zodat betrokkenen op tijd deelgemaakt kunnen worden (of juist niet) van het proces. Coördinatie van het proces zal doorgaans ook op meerdere bestuurlijke schalen plaatsvinden.

De ervaring in de twee case studies (zie hoofdstuk 9) leerde dat de processen aldaar bij aanvang te nauw waren gedefinieerd, zodat al gaande bleek dat er meer en meer sectoren en organisaties bij betrokken hadden moeten worden.

In zekere zin in de organisatie van een ontwikkelpadenproces vergelijkbaar met een gebiedsproces en dezelfde afwegingen ten aanzien van betrokkenheid, rol en verantwoordelijkheden verdelingen gelden.



9. PRAKTIJKERVERINGEN

De ontwikkelpaden zoals hierboven beschreven zijn toegepast in de planning voor het natuurlijker functioneren van beken en riviertjes. Paragraaf 9.1 beschrijft de opgave en de daaropvolgende paragrafen beschrijven de praktijkervaring in twee Lumbricus proeftuinen.

9.1 Natuurlijker functioneren van beken en riviertjes

Beken en riviertjes op de hogere zandgronden van Nederland worden de afgelopen decennia onder handen genomen, om ze natuurlijker te laten functioneren zodat de ecologische kwaliteit stijgt. In een flink aantal waterlopen zijn hiervoor al maatregelen uitgevoerd en in ongeveer 1500 km beek (van de totaal 6200 km) zijn herstelmaatregelen getroffen ([Reeze and Lenssen, 2015](#)). Maar de opgave is nog altijd erg groot ([dos Reis Oliveira et al., 2020](#)).

Vaak wordt het bereiken van een 'half-natuurlijke' toestand als doel genoemd. Maar in de praktijk blijkt de invulling van 'half-natuurlijk' ingewikkeld, omdat een gedeeld (referentie)beeld ontbreekt. Aanvankelijk werd wel teruggekeken naar hoe beken er vroeger uitzagen, maar met de tijd is meer aandacht ontstaan voor de randvoorwaarden die het hydromorfologische systeem stelt, en om op basis daarvan ecologische doelen te formuleren. Niet terugkijken dus, maar juist vooruitkijken naar welke mogelijkheden het bodem- en watersysteem de ecologie kan bieden.

Kijken in de toekomst is daarbij niet gemakkelijk, want de natuur, door haar complexiteit en interactie met veranderingen, laat zich moeilijk voorspellen en er doen zich vaak nieuwe ontwikkelingen voor in interactie met de mens; er ontstaan nieuwe systemen 'Novel ecosystems' ([Hobbs et al., 2009](#)).

Het maken van plannen voor klimaatrobuuste en 'half-natuurlijke' beken en riviertjes is dus een afweging van natuurherstel- en klimaatadaptatiedoelen met de wensen van gebruikers van de bodem- en watersystemen en dat in een context van onzekerheid over hoe landgebruik, klimaat en andere factoren zich in de toekomst gaan ontwikkelen.

9.2 Raam

De Raam ligt in de provincie Noord Brabant en heeft een stroomgebied van 229 km². De beek mondt voorbij Grave uit in de Maas. Bodems worden gedomineerd door Pleistoceen-zand. Historisch gezien bevatte de regio uitgestrekte



veengebieden, die zijn drooggelegd voor landbouw en stedelijke ontwikkeling. Hoewel de beek is getypeerd als een 'langzaam stromende laaglandbeek', kan zij ook als een kunstmatig drainagekanaal beschouwd worden met een U-vormig profiel, stuw gecontroleerd peilbeheer en intensief onderhoud om zijn drainagecapaciteit te behouden. De kanaalafmetingen zijn ontworpen voor hoge debieten. Langdurige perioden met geen afvoer in droge zomers en daardoor stagnatie in de stuwpanden zijn niet ongebruikelijk. De waterkwaliteit staat onder druk door belasting met nutriënten, onder andere afkomstig van de aanliggende percelen. Er is wat grondwatertoevoer vanuit hoger liggende terreinen in de westelijke delen van het stroomgebied, via de zijbeken de 'Hoge Raam' en het 'Peelkanaal'.

Doelen:

Vanuit een paleo-geografisch perspectief benaderde de Lage Raam in de periode voorafgaand aan de ontginning van het veen op de Peelhorst en het kwelmoeras op het terras, het beste het beeld van een moerasbeek. Tijdens de ontginning en de periode die daarop volgde, veranderde door de toename van de afvoerdynamiek (buffering uit het moeras verdween en er kwam meer sediment in transport) het karakter van de beek van een moerasbeek naar een langzaam stromende laaglandbeek op zand. Verdere intensivering van het landgebruik, verlaging van de drainagebasis en optimalisatie van het oppervlaktewaterstelsel op afvoer hebben de beek gemaakt tot een kunstmatig afvoerkanaal. In de case studie workshops zijn drie benaderingen om naar het ecologische doel van een moerasbeek te komen besproken.

Een 'half-natuurlijke' moerasbeek in een ecologisch/morfologisch evenwicht, waar weinig beheer en onderhoud nodig is, gevoed door kwelwater;

Een beek met een mozaïek van stukken moerasbeek. Doordat de moerasdelen vaker aan één kant van de waterloop komen en beperkt van omvang zijn, wordt beheer en onderhoud noodzakelijk en mogelijk. Deze mozaïek beek ligt qua doelbereik, ergens in tussen een laaglandbeek en een geoptimaliseerd kanaal of wetering.

Een beek waarvoor de basis-afvoer te laag is om een moerasbeek in stand te kunnen houden en die dus her-getypeerd wordt.

Vanuit de ecologie worden aan de drie benaderingen verschillende randvoorwaarden gesteld. Bijvoorbeeld voor een moerasbeek is een kwel-gevoede basis-afvoer nodig. Per benadering kunnen optimalisatie maatregelen in beeld gebracht worden en de

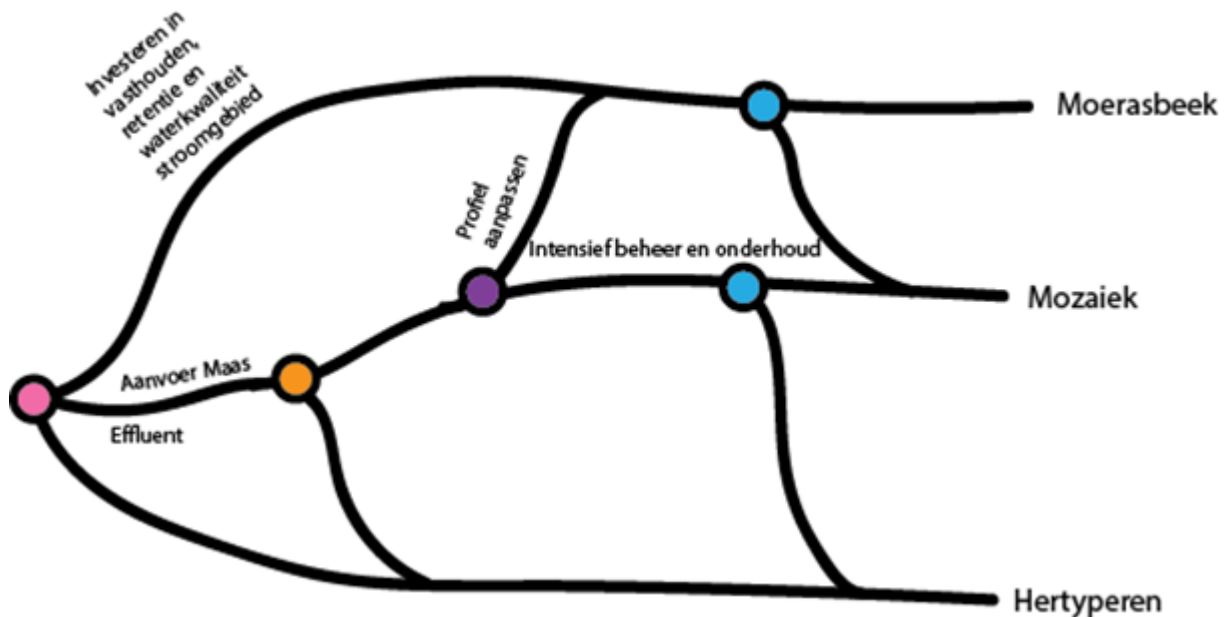


haalbaarheid afgewogen ten opzichte van de andere randvoorwaarden.

Routekaart:

Op grond van deze eindbeelden hebben wij een routekaart gemaakt die maatregelen ordent, die in samenhang, leiden tot de ecologische doelen (zie figuur 6). En ze geven momenten aan waarop je nog zou kunnen wisselen tussen de oplossingsrichtingen. Omdat de moerasbeek nog geen bestaande situatie is, maar gecreëerd moet worden, zijn de ontwikkelpaden gevisualiseerd als transitiepaden; de paden geven transities aan van het huidige systeem naar de verschillende visies. Aangezien dit onderzoek kwalitatief van aard is, kunnen exacte tijdstipmomenten en doelbereik niet bepaald worden. De voornaamste onzekerheid voor alle drie de eindbeelden is of het mogelijk is om in droge perioden i.e. de zomer een minimale basis-afvoer te garanderen. Deze onzekerheid wordt versterkt door de verwachte veranderingen in het klimaat.

Het 'technologisch' ontwikkelpad is gebaseerd op de herinrichting van de Lage Raam als een moerasbeek, met aanvoer van water uit de Maas via een aanvoerkanaal bovenstrooms in het Raamgebied. Dit pad zal mogelijk op de middellange termijn op een kantelpunt stuiten vanwege verwachte waterinname-stops uit de Maas. Een optie is dan om de Raam te hertypen van een moerasbeek naar een stilstaand water M-type (sloot, kanaal/wetering). Deze optie doet zich ook op korte termijn voor. Een andere optie is om te investeren in het versterken van kwelstromen uit de Peel (via Hoge Raam en Peelkanaal), zodat de basis-afvoer zich op de lange termijn herstelt en in herinrichting van de beek met Bouwen met de Natuur maatregelen (bijv. zandsuppleties zodat een kleiner profiel ontstaat). Stuwen zijn in deze optie niet nodig, omdat de bodem van de beek met ongeveer een meter omhoog gebracht wordt. De laatste optie die zich voordoet is de Mozaïek beek. Die bestaat uit de aanleg van stukken moeras langs de Lage Raam, afgewisseld met onderhoudspaden, rechte stukken en behoud van stuwen en met de kunstmatige aanvoer van water in droge perioden.



Figuur 6. ontwikkelpaden Raam op basis van transitiepaden. De lijnen in de figuur representeren reeksen van maatregelen, die uiteindelijk leiden tot één van de drie beschreven benaderingen. Waar de lijnen uit elkaar lopen, gemarkeerd met een punt, vindt een keuzemoment plaats. De routes beginnen bij de huidige beslissing om de Lage Raam te her-typeren tot een half-natuurlijke moerasbeek. De eerste beslisoptie vindt plaats bij de start (roze punt) omdat er al eerste gekeken moet worden of de ecologische doelen ook haalbaar zijn binnen het systeem. Belangrijk daarbij is om eerst door te rekenen of de basis-afvoer hydrologisch haalbaar is. Indien niet het geval is, kan er aan de belangrijkste voorwaarde niet voldaan worden, en zal er her-typing plaats moeten vinden. Aan de hand van deze berekeningen moet, wanneer het wel haalbaar is, ook besloten worden of er ingezet gaat worden op vasthouden en retentie, op aanvoer vanuit de Maas, op het benutten van effluent vanuit de waterzuivering, of een combinatie van deze maatregelen. Deze maatregelen zouden op termijn kunnen leiden tot een moerasbeek, of postzegels van moerasbeek afgewisseld met rechte stukken beek. Als er ingezet wordt op een moerasbeek (beslismoment bij de paarse punt), betekent dat het profiel moet worden aangepast, in het geval van de postzegels van moerasbeek zal er intensief beheer en onderhoud plaats moeten vinden. Bij het gebruik van water uit de Maas en/of effluent moet er ook gekeken worden of de waterkwaliteitseisen wel voldaan worden, hier moet naar gekeken worden bij de start (roze punt), maar het kan ook later nodig zijn om alsnog te her-typeren op het moment dat de waterkwaliteit niet wordt gehaald (oranje punt). De keuzemomenten aan de rechterkant (blauwe punten) van dit figuur geven de momenten aan waarop, wanneer de moerasbeek of de postzegels gerealiseerd zijn, er opnieuw gekeken moet worden of de huidige situatie nog haalbaar is in combinatie met klimaatsverandering en ontwikkelingen in het gebied. Ook later in het proces kan dus nog besloten worden voor een andere type beek te kiezen.

9.3 De Overijsselse Vecht

De Overijsselse Vecht stroomt van Duitsland naar het IJsselmeer en heeft een lengte van 167 km. Het stroomgebied heeft een omvang van 3785 km². Het is een rivier met een laag verhang die vroeger meanderde. Het rivierlandschap van meanderruggen en geulen, deels geëgaliseerd, wordt scherp begrenst door hogere zandruggen. De vlakte daarbuiten bestaat uit afgegraven en ontgonnen hoogvenen. De rivier heeft de afgelopen honderd jaar verschillende perioden van kanalisatie en normalisatie ondergaan. Momenteel herstellen waterschappen de voormalige natuurlijke kenmerken van de rivier. Onderdelen van dit beleid zijn: herinrichting



van oevers, herstel meanders, vispassages en nevengeulen om stuwen aanleggen en een natuurlijker stuwregime realiseren.

Ondanks deze ambities en het feit dat sommige van deze verbeteringen de afgelopen jaren zijn doorgevoerd, heeft de rivier nog steeds het karakter van een kanaal met vaste waterstanden om optimale waterstanden voor landbouw en Natura 2000-gebieden in de vallei te garanderen. Het rivierprofiel is diep en breed voor voldoende afvoercapaciteit. De waterkwaliteit is ondanks een trend van afnemende concentraties nutriënten, nog slecht. Drainage in de bovenstroomse stroomgebieden veroorzaakt extreme afvoeren en een zeer lage basis-afvoer.

Doelen:

Wat is nu een 'half-natuurlijke rivier'? Gedurende workshopdiscussies ontstond de behoefte om hier meer duidelijkheid over te scheppen. Tabel 3 is gebaseerd op 5 dimensies (waaronder: (Grill et al., 2019) van de mate van natuurlijkheid van rivieren.

Tabel 3: samenvatting van de lange-termijn vernatuurlijking doelen volgens vijf dimensies van natuurlijke rivieren. Vergelijking tussen de huidige toestand, een 'tussenstand' een 'eindbeeld' voor een half-natuurlijke rivier en geheel natuurlijke rivier (gedefinieerd als een rivier zonder menselijke beïnvloeding).

Dimensies	Huidig	tussenstand	½ natuurlijk	natuurlijk
Longitudinale connectiviteit	Statisch beheerde stuwen, met vispassages en 3 nevengeulen	Dynamisch beheerde stuwen met lange nevengeulen.	Verwijderen stuwen Mariëenberg en Hardenberg, Junne als cascade. Behoud Haandrik. Breedte diepte verhouding van het profiel verandert (gemiddelde diepte wordt 1 meter minder)	Geen stuwen, natuurlijk profiel.
Winterbed (laterale connectiviteit)	Rivier diep ingesleten, winterbed alleen bij hoge afvoeren in gebruik. Door herstel meanders iets	Idem, hoewel door nevengeulen meer verbinding	Zomerbed ondieper, zodat winterbed meer gebruikt wordt.	Geen duidelijk onderscheid meer tussen zomer- en winterbed

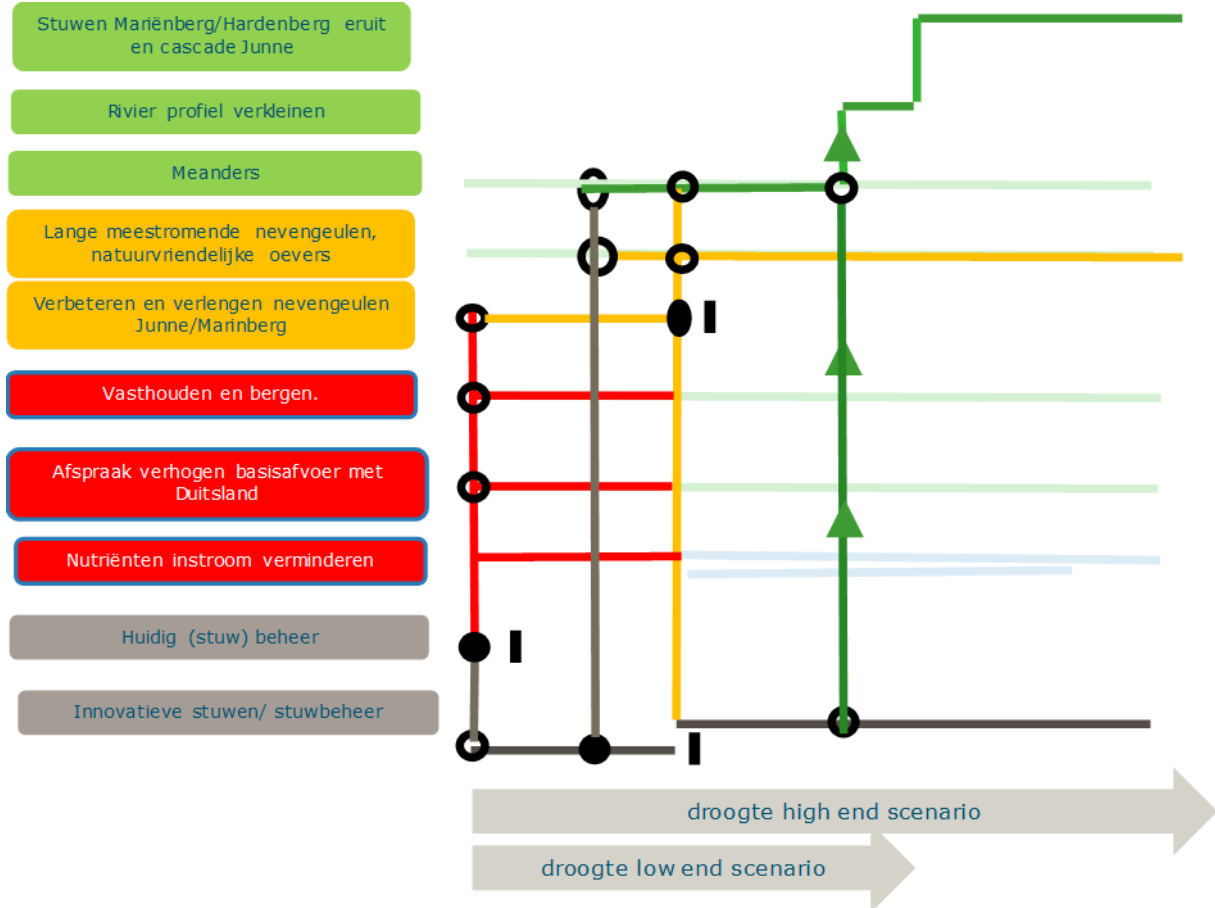


	meer verbinding			
Grondwater (laterale connectiviteit)	Peilen worden kunstmatig hooggehouden in zomer en laag in winter	Dynamischer peilbeheer, maar binnen grenzen om schade landbouw te voorkomen	Herstel natuurlijke grondwaterdynamiek in grote deelgebieden, profiteren van landgebruiksveranderingen (landbouw/energie transitie)	Idem
Dynamiek (temporale connectiviteit)	Relatief kleine verbeteringen door aanleg retentie en herstel beken bovenstrooms	Afvlakken van extremen. Basisafvoer wordt verhoogd. Piek debieten zijn lager, zodat veiligheid tegen overstroming gewaarborgd blijft	Idem	Idem
kwaliteit	Nutriënten concentraties in de zomer nemen gestaag af en bevinden zich rond streefwaarden	Verder verminderen nutriëntbelasting door maatregelen in haarvaten	Idem	Nutriënt concentraties uit natuurlijke bronnen en geen invloed van emissies uit menselijk gebruik

Onze invulling van half-natuurlijk is een situatie waar significante ingrepen zijn gepleegd om zowel de ecologische als de hydro-morfologische kwaliteit te verbeteren. Deze kwaliteitsverbetering is op zichzelf van waarde, maar uitgangspunt is ook dat een rivier die zich op een natuurlijk evenwicht bevindt (of daar dicht bij is) weinig beheer en onderhoud nodig heeft. Met andere woorden; de kosten voor beheer en onderhoud zullen naar verwachting afnemen.

Routekaart:

In workshops met specialisten van waterschap en met Lumbricus zijn diverse routekaarten ontworpen.



Figuur 7. Routekaart naar een half-natuurlijke Overijsselse Vecht. Voor uitleg zie tekst.

- Beslismoment
- Optie
- ▬ Kantelpunt
- No regret/ voorwaardelijke maatregel
- Focus op stuwen
- Bouwen met de natuur
- Nevengeulen

De routekaart in figuur 7 toont maatregelen die nodig zijn om tot een klimaat robuuste half-natuurlijke rivier te komen. De kaart geeft aan dat met het huidige stuwbeheer er nu al een tipping point optreedt, m.a.w. doelen voor een half-natuurlijke rivier zullen, ook onder de huidige klimaatomstandigheden, niet gehaald



worden. Belangrijke voorwaarde voor verbetering is dat de basis-afvoer in het stroomgebied omhoog gaat, want de rivier moet ook in droge perioden blijven stromen om de gewenste rivier-ecologie te behouden. Daarvoor moeten er bovenstrooms maatregelen genomen worden om water vast te houden en te bergen, zowel in het Nederlandse als Duitse deel. Daarnaast moeten de nutriëntenconcentraties in het rivierwater verder naar beneden. Deze maatregelen in combinatie met verbetering van de morfologie van de nevengeulen en het veranderen (innovatief inzetten) van de stuwen leidt tot de eerste stappen op weg naar een half-natuurlijke inrichting. De aanleg van meanders heeft onder de huidige basisafvoer condities weinig meerwaarde, omdat er in droge perioden stilstaand water in komt en dat heeft slechts weinig ecologische betekenis.

Na verloop van tijd (afhankelijk van hoe de frequentie en duur van droogteperioden zich ontwikkelt) zal ook met de inzet van innovatief stuwbeheer een tipping point ontstaan. Ruim daarvoor is er een beslismoment (want implementatie van maatregelen vraagt tijd). Opties zijn:

1. Verlengen van nevengeulen zover dat ze de ecologie van de rivier dragen. Stuwbeheer is erop gericht om deze nevengeulen stromend te houden (naast natuurlijke andere functies van de stuwen). De rivier (die in feite een kanaal wordt) kan met ontstende en natuurvriendelijke oevers ingericht worden, voor ecologie en voor retentie van nutriënten wanneer zich uitgebreide oevervegetaties ontwikkelen.
2. Aanleg van meanders in combinatie met ontstening van oevers. Als de rivier voldoende verlengd is kan aan herinrichting van het profiel (accolade profiel) begonnen worden in combinatie met het verontdiepen (ongeveer een meter). Door deze combinatie van maatregelen is op den duur stuwbeheer niet meer nodig.

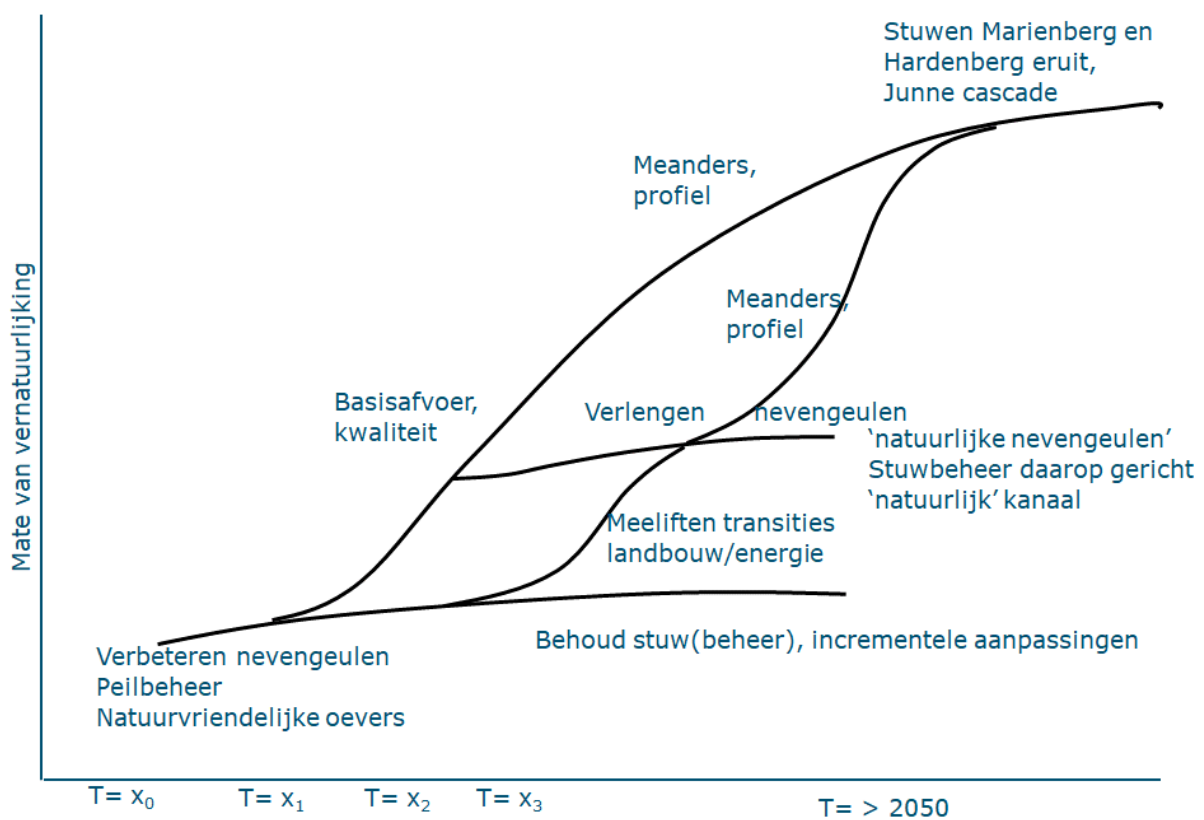
De genoemde 2 opties zijn de belangrijkste adaptatiepaden naar een klimaatrobuste half-natuurlijke rivier.

Figuur 8 toont ontwikkelpaden. De lijnen in de figuur representeren reeksen van maatregelen, die uiteindelijk leiden tot één van de in tabel 3 beschreven doelen. Waar de lijnen kruisen bevinden zich belangrijke keuzemomenten.

De routes beginnen bij $T=x_0$; ofwel bij het huidige beleid van de aanleg en verbetering van nevengeulen, natuurvriendelijke oevers en aanpassing van het peilbeheer. De eerste beslisoptie bevindt zich bij $T=X_1$. met de optie om maatregelen te nemen om bovenstrooms de basis-afvoer te vergroten en de waterkwaliteit verder te verbeteren. Indien deze maatregelen voldoende effect sorteren, dan



wordt het ecologisch en morfologisch effectief om meanders te herstellen en als de rivier voldoende verlengd is dan kan het doorstroomprofiel stuwvak voor stuwvak aangepast worden, door de bodem te verhogen en het zomerbed te versmallen. Als deze maatregelen geïmplementeerd zijn dan zijn de stuwen Mariënberg, Hardenberg en Junne niet meer nodig en kunnen deze getrokken worden. Dit zou na 2050 kunnen, omdat het trekken van stuwen in het huidige waterschapbeleid uitgesloten is. Om waardevolle Natura 2000 natuur in de uiterwaarden beneden Junne te beschermen is aldaar een cascade stuw nodig, om te voorkomen dat het grondwater te veel wegzakt.



Figuur 8. ontwikkelpaden naar een half-natuurlijke Overijsselse Vecht.

De volgende beslisoptie doet zich voor op $t=x_2$. Als basis-afvoer en waterkwaliteit voldoende verbeterd zijn, dan is verlenging van nevengeulen mogelijk, zodat zij de ecologische kwaliteit van de rivier kunnen overnemen' en de rivier gestuwd als kanaal kan blijven functioneren.

$T=x_3$ is geen beslisoptie, maar geeft aan dat autonome ontwikkelingen zoals transitie in de landbouw en energie mogelijkheden kunnen scheppen voor een kortere weg naar maximale doelrealisatie. Projecties van nieuwe energielandschappen en circulaire landbouw laten zien dat deze invloed hebben op



het waterbeheer en de mogelijkheid bestaat dat vergroting van de basis-afvoer en van de waterkwaliteit een bijeffect wordt van deze transitie. Waterbeheerders kunnen bij deze ontwikkelingen aanhaken.

Monitoring

Om te kunnen leren van het nemen van maatregelen is het vastleggen en documenteren van het proces (de stappen die doorlopen zijn bij de uitvoering) en de veranderingen in het systeem die dit teweeg heeft gebracht (maatregelleffectiviteit of doelbereik) cruciaal. Een vooraf opgesteld monitoringsplan dat past bij de vraagstelling van het project, het inzetten van de technieken die inzicht geven in het gevraagde op een relevante schaal (ruimtelijk en temporeel) en met een voldoende statistische zeggingskracht/betrouwbaarheid (herhalingen) en het altijd uitvoeren van metingen voorafgaand aan de uitvoering van de maatregelen zijn een aantal belangrijke elementen om te komen tot een goede monitoring. Een goed opgezet monitoringsprogramma ondersteunt de mogelijkheid maatregelen ook op andere plekken in te zetten of binnen het gebied op te schalen, omdat beter bekend is wat de mogelijkheden en beperkingen zijn. Daarnaast kan worden bijgestuurd mocht een ontwikkeling anders uitpakken dan vooraf ingeschat (adaptief management). Voor meer informatie zie factsheet Monitoring.

10. KENNISLEEMTEN

Gedurende de case studies zijn een aantal kennishiaten geïdentificeerd. Deze worden hier punt voor punt gepresenteerd.

1. Is de ontwikkelpaden systematiek toepasbaar voor integrale vraagstukken? Want naast klimaatverandering zijn ook andere veranderingen relevant (energietransitie, landbouwtransitie, etc.). De internationale literatuur laat zien dat het werken met routekaarten en ontwikkelpaden zich ook leent voor meer integrale vraagstukken dan het natuurlijker laten functioneren van beken en riviertjes ([Bosomworth and Gaillard, 2019](#), and [Haasnoot et al., 2020](#)). Maar voor de Nederlandse context is daar nog geen ervaring mee.
2. Tijdens de case studies bleek het verschil tussen adaptatiepaden en ontwikkelpaden te leiden tot verwarring. Ontwikkelpaden kunnen inzicht geven in welke maatregelen tot beekontwikkeling kunnen leiden en helpen om een flexibele planning op te zetten die later aangepast kan worden, afhankelijk van hoe de toekomst zich ontvouwd. Het verschil met adaptatiepaden is dat



adaptatiepaden vaak worden gebruikt in situaties waarin een centrale beslisser besluiten neemt over een eenduidige toekomstvisie en door middel van maatregelen die vaak een duidelijke hydrologische en/of technische grenswaarde hebben. Ontwikkelpaden zien adaptatie in een bredere context, waardoor niet alleen veranderingen in het klimaat, maar ook de interactie van maatregelen met hun culturele, politieke, economische en milieucontext worden meegenomen. Ontwikkelpaden gaan zowel over adaptatie als over transformatie. Meer onderzoek naar overeenkomsten en verschillen is nodig om betere beslissingen te kunnen maken over de toepasbaarheid.

3. De noodzaak van systeemkennis en goede systeemanalyses als basis voor beek en rivierherstel was al bekend. Zie bijvoorbeeld: <https://www.stowa.nl/nieuws/hoe-ziet-een-klimaatrobuust-beekdallandschap-eruit-bekijk-het>. Voor beekherstel is daarbij van belang dat je uitgaat van de huidige toestand en de ontwikkelpotenties van het bodem-watersysteem en de biologie. Deze uitgangspunten kunnen gebruikt worden om je ecologische doelen te definiëren. De case studies maakten het belang van een goede systeemanalyse zo mogelijk nog helderder dan ze al was. Meer inzicht is nodig in de definitie van het systeem in termen van grenzen, componenten en processen die belangrijk zijn voor de planvorming.
4. De in deze Deltafact gepresenteerde routekaarten zijn gebaseerd op kwalitatieve inschattingen. Berekeningen met scenario's en simulatiemodellen zijn mogelijk. Voor adaptatiepaden wordt dat al gedaan¹. Maar voor ontwikkelpaden nog niet.

¹ Zie: <https://www.deltares.nl/en/adaptive-pathways/>



11. BRONNEN & LINKS

- [BLOEMEN, P., REEDER, T., ZEVENBERGEN, C., RIJKE, J. & KINGSBOROUGH, A. 2018. Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. Mitigation and adaptation strategies for global change, 23, 1083-1108.](#)
- [BOSOMWORTH, K. & GAILLARD, E. 2019. Engaging with uncertainty and ambiguity through participatory 'Adaptive Pathways' approaches: Scoping the literature. Environmental Research Letters, 14, 093007.](#)
- [BOSOMWORTH, K., HARWOOD, A., LEITH, P. & WALLIS, P. 2015. Adaptation pathways: a playbook for developing options for climate change adaptation in natural resource management.](#)
- [DENTON, F., WILBANKS, T. J., ABEYSINGHE, A. C., BURTON, I., GAO, Q., LEMOS, M. C., MASUI, T., O'BRIEN, K. L. & WARNER, K. 2014. Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development. Climate change, 1101-1131.](#)
- [DOS REIS OLIVEIRA, P. C., VAN DER GEEST, H. G., KRAAK, M. H., WESTVEER, J. J., VERDONSCHOT, R. C. & VERDONSCHOT, P. F. 2020. Over forty years of lowland stream restoration: Lessons learned? Journal of Environmental Management, 264, 110417.](#)
- [GRILL, G., LEHNER, B., THIEME, M., GEENEN, B., TICKNER, D., ANTONELLI, F., BABU, S., BORRELLI, P., CHENG, L. & CROCHETIERE, H. 2019. Mapping the world's free-flowing rivers. Nature, 569, 215-221.](#)
- [HAASNOOT, M., BIESBROEK, R., LAWRENCE, J., MUCCIONE, V., LEMPERT, R. & GLAVOVIC, B. 2020. Defining the solution space to accelerate climate change adaptation. Regional Environmental Change, 20, 1-5.](#)
- [HAASNOOT, M., KWAKKEL, J. H., WALKER, W. E. & TER MAAT, J. 2013. Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. Global environmental change, 23, 485-498.](#)
- [HOBBS, R. J., HIGGS, E. & HARRIS, J. A. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. Trends in ecology & evolution, 24, 599-605.](#)
- [MARCHAU, V. A., WALKER, W. E., BLOEMEN, P. J. & POPPER, S. W. 2019. Decision making under deep uncertainty: From theory to practice, Springer Nature.](#)
- [REEZE & LENSSEN. 2015. Handleiding voor het monitoring van effecten van beekherstelprojecten. STOWA](#)
- [VERDONSCHOT, R., VERDONSCHOT, P., KNOL, B., SCHMIDT, G., SCHEEPENS, M., BRUGMANS, B., VAN BEERS, P. & LENSSEN, J. 2020. Effecten van de droge zomer van 2018 op de macrofauna in laaglandbeken. H2O online.](#)
- [WATKISS, P., HUNT, A., BLYTH, W. & DYSZYNSKI, J. 2015. The use of new economic decision support tools for adaptation assessment: A review of methods and applications, towards guidance on applicability. Climatic Change, 132, 401-416.](#)
- [WISE, R. M., FAZEY, I., STAFFORD SMITH, M., PARK, S. E., EAKIN, H. C., ARCHER VAN GARDEREN, E. R. M. & CAMPBELL, B. 2014. Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. Global Environmental Change, 28, 325-336.](#)



12. OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN

Deze Deltafact is gebaseerd op onderzoek in het kader van het [Lumbricus programma](#). Het Lumbricus programma loopt eind 2020 af.

Sinds begin 2020 is het [KLIMAP programma](#) begonnen dat voor een groot deel de lijn van Lumbricus oppakt. Binnen het project worden de ontwikkelpaden gebruikt als integrerend concept om te komen tot handvatten voor klimaatbestendige inrichting van de Nederlandse zandgebieden.

Deltares doet onderzoek op het gebied van [adaptive pathways](#).

Internationaal wordt er veel onderzoek gedaan naar [Climate Resilient Development Pathways](#).

Auteurs:

Erik van Slobbe (Wageningen Universiteit en Research)

Bregje van der Bolt (Wageningen Universiteit en Research)

Gilbert Maas (Wageningen Universiteit en Research)

Ralf Verdonschot (Wageningen Universiteit en Research)

Ellis Penning (Deltares)

Pui Mee Chan (STOWA)

Met dank aan:

De leden van de begeleidingsgroep (Wim Wassink, Marloes van der Kamp, Frank van der Bolt, Bart Brugmans, Rob Ruijtenberg) en aan de deelnemers van de diverse workshops die in het kader van de case studies gedaan zijn.

13. DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.