



Nature-based Solutions Catalogus

Een uitwerking van 10 NbS categorieën in de Nederlandse situatie



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

wur.nl

Nature-based Solutions Catalogus

Een uitwerking van 10 NbS categorieën in de Nederlandse situatie

Daan Verstand, Mirre Berkhof, Marieke de Haas, Noortje Pellens, Ilse Voskamp, Menno Diersmann

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research binnen het project 'Towards a Nature-based Future' (projectnummer 5200047633).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, februari 2024

Omslagfoto: Shutterstock.com

Gereviewd door:

Marjolein Sterk
Roy Molenaar
Dirk van Apeldoorn
Marnix Poelman
Judith Klostermann
Ralf Verdonschot
Guido Bakema
Tom van der Meer
Gilbert Maas
Joyce Zwartkruis

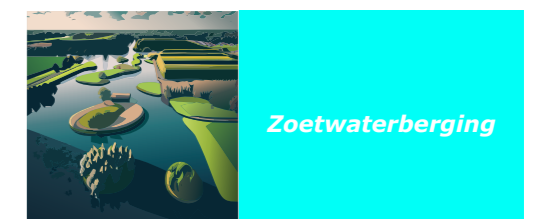
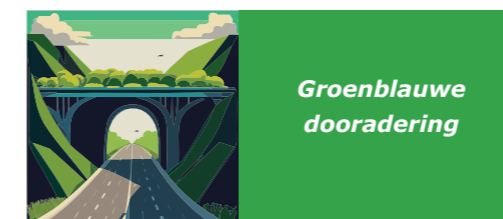
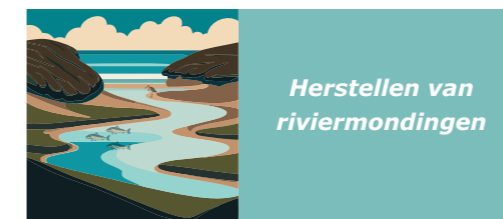
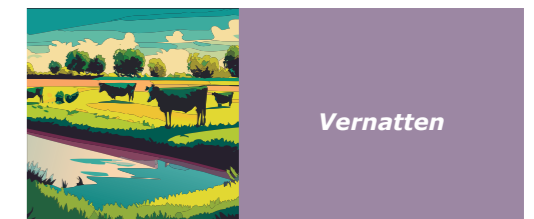
Akkoord voor publicatie:

Annemarie Groot (Teamleider Klimaatbestendigheid)

Inhoud

In deze catalogus zijn tien categorieën voor Nature-based Solutions (NbS) in de Nederlandse situatie beschreven. Het categoriseren van NbS helpt om een beter inzicht te krijgen in welke oplossingen al bestaan, hoe en waar ze het meest effectief zijn, en aan welke maatschappelijke opgaves ze bij kunnen dragen. Het doel van deze catalogus is om een overzicht te geven van NbS die ingezet kunnen worden voor klimaatmitigatie en -adaptatie, het realiseren van biodiversiteitswinst en het verbeteren van de leefomgeving en gezondheid.

De volgende tien categorieën zijn onderscheiden:



Inleiding

Er bestaan allerlei mogelijkheden om de natuur in te zetten als oplossing voor maatschappelijke opgaven: Nature-based Solutions. Denk aan meanderende beken die langer water vasthouden, groene steden die zorgen voor verkoeling of oesterriffen als natuurlijke kustbescherming. Er zijn talloze voorbeelden. Om meer inzicht te verschaffen in de diversiteit en het potentieel van Nature-based Solutions, biedt deze catalogus een helder overzicht voor met name de beleidsmaker, maar kan het ook onderzoekers en andere geïnteresseerden informeren.

Nature-based Solutions staan volop in de belangstelling bij zowel onderzoekers, beleidsmakers en de praktijk. Ieder werkveld werkt weer onder andere noemers aan hetzelfde principe. Termen die de revue passeren zijn onder andere 'natuurinclusief', 'building with nature', 'natuurmaatregelen' welke gericht zijn op het verbeteren van 'ecosysteemdiensten'. Met alle ingrepen wordt min of meer hetzelfde bedoeld, namelijk het gebruiken van natuurlijke oplossingen voor maatschappelijke opgaven zoals hittestress, bodemdaling en waterzuivering, waarbij tegelijkertijd de biodiversiteit hersteld en versterkt wordt. Bij de toepassing van Nature-based Solutions is dus sprake van wederzijds voordeel voor zowel mens als natuur. Daar zijn vaak verschillende stakeholders bij betrokken en worden er veel door beïnvloed. Welke stakeholders dat daadwerkelijk zijn verschilt per NbS, per gebied, per opgave en per effecten na implementatie.

"Nature-based Solutions are actions to protect, sustainably manage, and restore natural and modified ecosystems in ways that address societal challenges effectively and adaptively, to provide both human well-being and biodiversity benefits. They are underpinned by benefits that flow from healthy ecosystems and target major challenges like climate change, disaster risk reduction, food and water security, health and are critical to economic development."

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S., 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN Gland Switz. 97, 2016–2036

In 2020 presenteerden onderzoekers van Wageningen University & Research een visie op hoe Nederland er in het jaar 2120 uit zou kunnen zien. Dit vergezicht en daarbij horende oplossingen vormden het vertrekpunt voor de indeling van Nature-based Solutions in deze catalogus. Het clusteren van NbS in categorieën helpt om de verscheidenheid aan individuele maatregelen overzichtelijk te maken. De categorisering is gedaan op basis van de opgaves die NbS kunnen adresseren, zoals overstromingsrisico, en de natuurlijke processen die ze versterken, zoals sedimentatie. Dit heeft geleid tot tien categorieën waarin de inzet van natuur, de opgaves en natuurlijke processen centraal staan. Op deze manier laten we zien dat natuurlijke processen ons op veel plekken kunnen helpen in de opgaves waar we voor staan, ongeacht de precieze locatie waar de problematiek speelt.

Deze catalogus presenteert voor elk van de tien categorieën Nature-based Solution voor welke opgaves ze ingezet kunnen worden, de maatregelen die ze kunnen omvatten en zijn inspirerende voorbeelden opgenomen. Op veel plaatsen in Nederland wordt al gewerkt aan herstel en ontwikkeling van de natuur, en worden op verschillende schaalniveaus NbS toegepast. We zijn dus al hard aan de slag om naar een nature-based future toe te werken. Tevens worden de maatschappelijke bijdragen en de aandachtspunten voor implementatie van NbS categorieën benoemd.



Dynamisch natuurbeheer

Beheers- en inrichtingsmaatregelen die erop gericht zijn om natuurlijke processen en dynamiek te stimuleren en versterken.

Introductie en opgaven

In Nederland is (grootschalige) dynamische natuur op veel plaatsen verdwenen door het in cultuur brengen van het land en het creëren van bescherming tegen natuurlijke processen. Denk aan het kanaliseren van beken en rivieren waardoor de afvoer- en overstromingsdynamiek is verdwenen, maar ook aan het afsluiten van de zeearmen waardoor er geen getijdendynamiek meer is.^[1]

In het behalen van natuurdoelen vormen doelsoorten belangrijke pijlers voor richting aan landschapsbeleid. Het bewust en selectief nastreven van bepaalde dier- en plantsoorten beperkt de dynamiek in een gebied, omdat er binnen strakke kaders wordt gehandeld om een specifieke soort weer terug in een gebied te krijgen, zoals dat bijvoorbeeld geldt bij het beheer van weidevogelgebieden of hooilanden.^[2] Bij dynamisch natuurbeheer vormt een gefixeerd einddoel met vaste doelsoorten geen centraal uitgangspunt. Er wordt juist uitgegaan van natuurbeheer dat kan meebewegen met natuurlijke processen, ook als die door klimaatverandering zullen transformeren.^[2]

Sfeerimpressie van Dynamisch Natuurbeheer, waarin verjonging van vegetatie en verstuiving van zand optreedt.



Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Veerkrachtige, dynamische natuur is beter bestand tegen de verschillende bedreigingen als gevolg van een veranderend klimaat, zoals verdroging en de komst van invasieve soorten door het noordelijk trekken van biodiversiteit door klimaatverandering.^[3] ^[4] Tevens kan het ontwikkelen van meer dynamische natuur zorgen voor extra wateropvang om het landschap meer weerstand te kunnen bieden in tijden van droogte. Dynamische natuur helpt namelijk bodemdaling te voorkomen en kan zorgen voor het beter vasthouden van water in hoge zandgronden.^[2] ^[5]

Biodiversiteit: Dynamisch natuurbeheer kan bijdragen aan het verbeteren en diversifiëren van habitat voor biodiversiteit, omdat er verschillende successiestadia ontstaan en blijven bestaan door natuurlijke dynamiek.^[4] Zo heeft begrazing door grote grazers een positief effect op de diversiteit van graslanden en zijn deze gebieden ook ruiger dan zonder begrazing.^[2] Door ruimte te geven aan natuurlijke processen via dynamisch natuurbeheer, kunnen er completere ecosysteemdiensten met meer biodiversiteit ontstaan.^[2] Dynamiek in het voorland (zone tussen dijk en water) biedt ruimte voor geomorfologische processen en daarmee natuurlijke vegetatie en biodiversiteit.^[6]

Gezondheid: Natuurgebieden, ook dynamische beheerde gebieden, zijn vaak open voor bezoekers voor recreatie en educatie.^[4] Ze dragen daarmee bij aan stimuleren van beweging en ontspanning, wat de fysieke en mentale gezondheid ten goede komt. Deze positieve gezondheidseffecten zijn groter in toegankelijke gebieden met hoge ecologische waarde.^[7] Daarnaast is de kans op plagen kleiner in een biodiversere omgeving, en levert dynamisch natuurbeheer een positief effect op waterveiligheid en waterkwaliteit, wat resulteert in minder (mentale) gezondheidsrisico's.^[8] ^[9]

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Dynamisch natuurbeheer is vooral relevant voor toepassing in natuurgebieden. En dan natuurgebieden in alle denkbare landschapstypen: in rivierengebied bijvoorbeeld het terugbrengen van natuurlijke dynamiek in afstroom en meanderen, langs de kust door verruiging van duinen en bosbeheer waar meer inheems bos een plek krijgt. Deze natuurgebieden kunnen, afhankelijk van het gebied, voor de omliggende regio's veel ecosysteemdiensten leveren, zoals het zuiveren van water, zoetwateropslag en recreatie.^[4]

Schaal: Een grote schaal van ingrepen - op landschapsniveau - resulteert vaak in de beste uitkomsten omdat er dan op hydrologische en landschapsvormende processen aangehaakt kan worden zodat de dynamiek echt kan ontstaan.^[2] ^[4] Echter kan het ook op kleinere schaal vormgegeven worden, zoals het toepassen van begrazing in een klein gebied of natuur in de stad - in dichter bevolkte gebieden, waardoor meer natuurlijke processen tot stand kunnen komen.^[4]

Kosten

Land: Kosten zijn beperkt, de locaties waar dynamisch natuurbeheer wordt toegepast zijn vaak al natuurgebieden die in een bepaalde vorm beheerd worden. Het kan ook zo zijn dat grond geruimd wordt met agrariërs, zodat er bijvoorbeeld grotere stukken natuur ontstaan.^[4]

Realisatie: Ingrepen zoals het vergraven van duingebieden^[10], ingrepen in de vegetatie of het verwijderen van obstakels in een rivierengebied^[11], maar ook het omrasteren van een gebied voor begrazing kunnen nodig zijn.^[12]

Onderhoud en beheer: Ingrepen en beheer kunnen regelmatig (opnieuw) nodig zijn. Zo kan na verloop van tijd de dynamiek weer afnemen, zoals bij het volstuiven van een kerf in het duin.^[4]



Voorbeelden

Het introduceren van grote grazers om natuurlijke variatie in landschappen tot stand te brengen, zoals in [de Kleine Willemswaard](#).

Dynamisch uiterwaardebeheer in de [Klompewaard](#) voor hoogwaterbescherming en biodiversiteit.^[11]

[Kerf bij Schoorl](#) voor het stuiven van zand en de natuur op zijn beloop laten.^[4]

Biobased bouwen

Gebruik maken van natuurlijke biotische, lokale en hernieuwbare materialen in de bouw en het realiseren van bijbehorende, duurzame grondstoffenketens.

Introductie en opgaven

De bouwsector veroorzaakt omvangrijke emissies van broeikasgassen. Zo vraagt het productieproces van beton, cement en staal veel energie en leunt het zwaar op fossiele grondstoffen die erg veel CO₂ uitstoten.^[13]

Op mondiale schaal zijn emissies van bouwactiviteiten gelijk aan 21% van de totale emissies, waarvan 18% (grotendeels) komt van het gebruik van cement en staal.^[14] In het verduurzamen van de bouwsector is het dus zowel noodzakelijk om te bouwen met grondstoffen die minder vervuilen, als om de emissies vanuit de gebouwen zelf omlaag te brengen, bijvoorbeeld door bestaande gebouwen beter te isoleren.^[13]

Biobased materialen bestaan uit natuurlijke biotische grondstoffen. Voorbeelden zijn hout, vlas, lisdodde of hennep. Deze kunnen worden gebruikt voor constructie- en/of isolatiemateriaal. Ook bioplastics, schimmels en bacteriën, die op ecologisch verantwoorde wijze geteeld worden, zijn voorbeelden van duurzame biobased toepassingen. Het bouwen met biobased materialen biedt een circulaire oplossing door de mogelijkheid tot hernieuwing. Afhankelijk van lokale omstandigheden kunnen biobased materialen lokaal worden geteeld. Dit vermindert transportbehoefte van materialen en heeft als bijkomend effect een afnemende mondiale afhankelijkheid van fossiele producten. De meeste biobased materialen

fungeren naast bouw materiaal ook als een manier om koolstof vast te leggen.^{[15] [16]}

Maatschappelijke bijdragen

Er liggen meerdere koppelkansen met verschillende maatschappelijke opgaven. Zo zal biobased bouwen kunnen bijdragen aan een versnelling van de woningbouw, die nu door stikstofwetgeving beperkt wordt, en zal het kunnen bijdragen aan circulaire manieren van bouwen met een gereduceerde uitstoot. Ook biedt biobased bouwen, indien vraag en aanbod van materialen goed op elkaar worden afgestemd, mogelijkheid tot het tackelen van de grondstoffenschaarste en de leveringszekerheid.

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Biobased bouwen kan bijdragen aan CO₂-reductie en opslag. Het vervangen van staal of beton voor hout bespaart per ton product 1,5 ton CO₂.^[16] Teelt van hout en hennep biedt bijvoorbeeld een uiterst effectieve manier van CO₂-opslag.^{[17] [18] [19]}

Biodiversiteit: Mits juist geïmplementeerd met afstemming op het lokale landschap kan biobased bouwen leiden tot een impuls voor duurzaam bosbeheer in Europa en andere delen in de wereld.^{[20] [21]} Ook voor wat betreft het landgebruik bij de boer kan ecologische winst behaald worden: de aanplant van diepwortelende vezelgewassen op strategische plekken kan bijvoorbeeld bijdragen aan het verminderen van uitspoeling.^[22]

Gezondheid: Biobased materialen in de gebouwde omgeving houden warmte minder lang vast dan abiotisch materiaal zoals steen of beton en zorgen zo voor een aangener microklimaat in de stad, zowel binnen als buiten. Op deze manier kunnen steden hittestress verminderen.^[23] Dit heeft een positief effect op de gezondheid van bewoners, gebruikers en omwonenden van biobased gebouwen. Biobased materialen hebben door hun veelal poreuze en/of vezelige oppervlakte een positief effect op de akoestiek van de stad.^{[24] [25]}



Sfeerimpresie van Biobased Bouwen, waarin natuurlijke grondstoffen zijn gebruikt en een groene leefomgeving is gerealiseerd.



Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Productie van biobased materialen kan in verschillende gebieden (veenweide landschap, bosgebieden) mogelijk trade-offs hebben met andere landgebruiksfuncties zoals voedselproductie. Momenteel zijn er zwakke schakels in de productieketen, omdat vraag en aanbod nog niet juist op elkaar worden afgestemd. Daarnaast is er door beperkte ruimte voor teelt van gewassen in Nederland nog geen betrouwbaar jaarrond aanbod van biobased grondstoffen.

Schaal: Biobased materialen kunnen overal geteeld worden en biobased bouwen kan op elke schaal worden toegepast: Op huishoud-, stads- of landschapsniveau. In Europa is in ieder geval genoeg hout; in Finland groeit elke 14 seconden een nieuw huis aan hout en Duitsland bestaat voor een derde uit bos.^[17] Het is echter een uitdaging om vraag en aanbod van biobased materialen juist af te stemmen en gebiedsgericht doch zo lokaal mogelijk te verdelen.^[20]

Kosten: Biobased materialen hebben de potentie om van een afvalstroom als kostenpost een waardevolle opbrengst te maken, zoals bijvoorbeeld het geval is met maaisel van kruiden voor biocomposiet of isolatie. Kosten kunnen worden bespaard door minder transportbewegingen en doordat elementen prefab kunnen worden aangeleverd. Op het moment ontbreekt hierover nog de kennis bij afnemers, waardoor het nog goedkoper is om te bouwen met conventionele materialen die veelal teren op niet hernieuwbare processen. Enerzijds is door onzekerheid

voor mogelijke aanbieders de overstap naar biobased teelten nog te riskant. Anderzijds zijn afnemers nog niet op de hoogte van het biobased aanbod en de specificaties van producten zijn onduidelijk. Hierdoor zijn de risico's slecht inzichtelijk en bestaat er weinig vak kennis over toepassing en onderhoud.

Land: Voor het betrouwbaar kunnen leveren van biobased materialen zal de teelt van de bouwstoffen structureel veranderingen teweegbrengen in landgebruik en de rol van de boer.

Realisatie: Meer biobased bouwen zal een kans opleveren voor boeren om over te stappen op een ander verdienmodel. Boeren zullen kunnen verdienen aan de teelt van vezels. De boeren kunnen een meerjarige zekerheid op deze inkomsten ontvangen, wanneer dit perspectief wordt opgenomen in de NPLG plannen (bijv. het stikstoffonds).^[22]

Onderhoud en beheer: Met een transitie naar biobased bouwen zal een ander soort vakmanschap weer relevanter worden. Onderhoud van de panden zelf is anders dan bij traditionele gebouwen, en kennis zal weer specifiek worden, afhankelijk van de herkomst en eigenschappen van het van het bouw materiaal.



Voorbeelden

Het gebruiken van hout als bouw materiaal, zoals uitgelicht bij [Houtbouw](#)

[Gebouw Haut](#) is het hoogste hybride houten gebouw in Nederland en één van de grootste ter wereld

Het ruim 14000 m² grote [Dalston Works London](#) huisvest appartementen, kantoorruimte en restaurants.

Natuurvriendelijke voedselproductie

Voedselproductie die weerbaar is tegen natuurlijke dynamiek en waarbij natuurlijke processen worden benut voor het verbeteren van bodemfuncties en biodiversiteit.

Introductie en opgaven

Door intensivering en mechanisering is de gangbare landbouw op land uit balans geraakt met haar leefomgeving waardoor er steeds meer kunstgrepen nodig zijn om het intensieve systeem overeind te houden, vaak ten koste van natuur en milieu. Veelvoorkomende problemen zijn o.a. verzuring en uitspoeling door overbemesting, bodemerosie, droogte (versterkt door klimaatverandering), en biodiversiteitsverlies.

Natuurvriendelijke voedselproductie, ook wel natuur-inclusieve landbouw genoemd, is landbouw die de natuur benut, verrijkt en spaart^[26]:

- 1) Benutten: door gebruik te maken van natuurlijke processen zoals bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding.
- 2) Verrijken: wil je gebruik kunnen maken van natuurlijke processen dan moet je immers de (bodem)biodiversiteit integreren en bevorderen op je agrarisch bedrijf.
- 3) Sparen: doordat wordt afgezien van opbrengst-maximalisatie waarbij veel externe en kunstmatige inputs worden gebruikt die het natuurlijk systeem schaden, zoals kunstmestgebruik in plaats van dierlijke mest.

Met natuurvriendelijke voedselproductie doelen we op een landbouwpraktijk die duurzaam en verantwoord gebruik maakt van natuurlijke hulpbronnen zoals bodem en water. In grote lijnen draait het erom dat de landbouw samenwerkt met natuur, in plaats van dat ze ten koste gaan van elkaar. Dit kan ook leiden tot de keuze van alternatieve teelten die beter passen bij het bodem-, water- en natuurlijke systeem natuurlijke en veranderende omstandigheden van het bodem en watersysteem.

Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Natuurvriendelijke voedselproductie op land draagt onder andere bij aan een weerbare bodem. Een weerbare bodem kan beter extreme weersomstandigheden als gevolg van klimaatverandering opvangen. Dit komt onder andere door de verbeterde bodemstructuur en verhoogde koolstofopslag die zorgen voor een betere waterregulatie.^[27] Tegelijkertijd draagt koolstofvastlegging bij aan het verminderen van CO₂ in de lucht, ook al is het vasthouden van koolstof in de bodem niet eenvoudig.^[28]

Biodiversiteit: Alle maatregelen die een agrariër toepast op het gebied van natuurvriendelijke voedselproductie zijn erop gericht bij te dragen aan (herstel van) biodiversiteit. Denk hierbij aan agrarisch natuurbeheer, maar ook de overstap naar natuurlijke plaagbestrijding en het verminderen van kunstmest- en antibioticagebruik. Door het verminderen van drukfactoren op milieu én het geven van meer ruimte aan natuur herstelt, behoudt en verrijkt natuurvriendelijke voedselproductie de biodiversiteit.^[29] Het versterken van biodiversiteit heeft ook voordelen voor de landbouw, zoals bijvoorbeeld bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding.^{[30] [31]}

Sfeerimpressie van Natuurvriendelijke Voedselproductie, waarin meerdere gewassen worden geteeld en landschapselementen aanwezig zijn.



Gezondheid: Natuurvriendelijke voedselproductie vermindert gezondheidsrisico's als gevolg van pesticidegebruik en fijnstof in de gangbare landbouw.^[32] Ook zal de recreatieve waarde van het landelijk gebied toenemen door de verhoogde natuurwaarden.

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Door de veelzijdigheid van maatregelen die vallen onder natuurvriendelijke voedselproductie, is het toepasbaar en relevant voor alle landschapstypen. Waar op de hogere zandgronden droogte en uitspoeling veelvoorkomende problemen zijn, is verzilting aan de kust een probleem. Voor beide situaties biedt natuurvriendelijke voedselproductie oplossingen. De aard van deze oplossingen is specifiek voor de landschapseenheid waarnaar wordt gekeken (bijv. gebruik van zoetwaterlenzen in de Noordelijke zeekleipolders).

Schaal: Natuurvriendelijke voedselproductie leent zich voor toepassing op alle schaalniveaus, van perceel tot landschapniveau. Hoe groter het schaalniveau waarop natuurvriendelijke voedselproductie wordt toegepast, hoe effectiever het is voor klimaat- en biodiversiteitsdoelstellingen. Biodiversiteit kan op het agrarisch bedrijf verbeteren, maar kan echt flink toenemen als de groenblauwe verbindingen met omliggend landschap goed zijn (zie ook "[Groenblauwe Dooradering](#)").

Kosten

Land: Maatregelen voor natuurvriendelijke voedselproductie kunnen ruimte vragen, zoals bloemrijke akkerranden, waardoor het areaal productieland af zal nemen.

Realisatie: Over het algemeen geldt dat omschakeling naar natuurvriendelijke landbouw vraagt om een grote investering in de vorm van mogelijk lagere productie, die zich op latere termijn terugbetaalt door de diensten van biodiversiteit en natuur. Dit komt doordat het natuurlijk systeem op de landbouwgronden tijd nodig heeft zich te ontwikkelen voordat de 'vruchten' ervan geplukt kunnen worden. Dit betekent dat de agrariër in staat moet zijn om deze periode op andere manieren financieel te overbruggen. Bovendien ligt er een belangrijke rol voor de markt om de meerprijs van productie van natuurvriendelijke producten te vergoeden.

Onderhoud en beheer: Natuurvriendelijke voedselproductie vraagt om een fundamenteel andere manier van bedrijfsvoering die nog volop in ontwikkeling is. Dit betekent dat momenteel de kosten voor 'onderhoud' zoals onkruidbeheersing en gebruik van biologische mest bijvoorbeeld hoger zijn door de respectievelijk hogere arbeidskosten en grotere schaarste van mest.^[33] De verwachting is dat innovaties op het gebied van automatisering uiteindelijk deze kosten weer naar beneden gaan brengen.



Voorbeelden

Een [productievoedselbos](#) van 20 hectare in Schijndel

[Biologische strokenteelt](#) in Goeree-Overflakkee

Een [bosboerderij](#) met noten en bessen op de Janmiekeshoeve

Extensiveren en begrazing van jongvee op kwelders in het project '[Boeren met de natuur](#)' op Schiermonnikoog

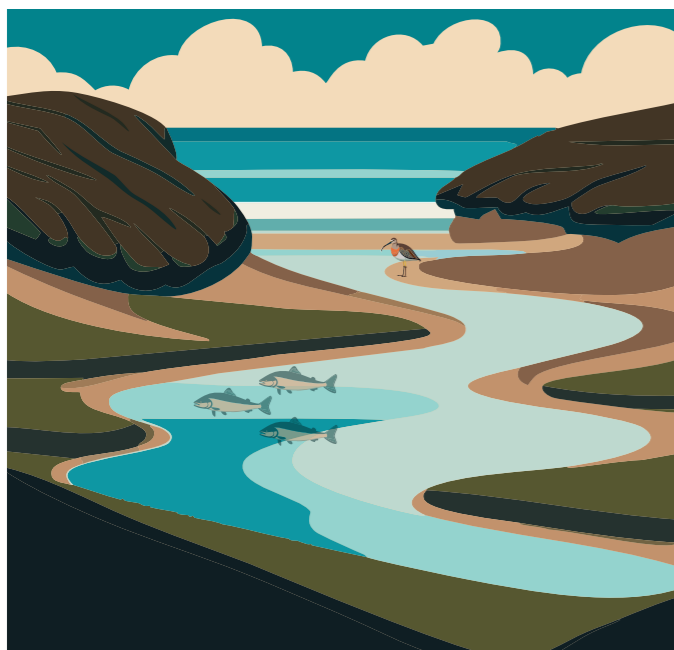
Herstellen van riviermondingen

Riviermondingen herinrichten zodat er meer ruimte is voor natuurlijke gradiënten (zoals zoet-zout water overgangen), getijdendynamiek en sedimentatieprocessen.

Introductie en opgaven

In een natuurlijk landschap heeft elke riviermonding aan de kust een (geleidelijke) zoetwater-zoutwater overgang (gradiënt). In estuaria zorgen eb en vloed voor een variërend patroon van geulen, kreken, kwelders/schorren, zandbanken en slibophopingen. Door die dynamiek is dit natuurlijk systeem in balans. Dat wil zeggen: er is voldoende sediment en de getijdendynamiek komt overeen met de dimensies van de bekken.^[34] Door menselijke ingrepen zoals inpolderingen, aanleg van infrastructuur- werken en vaargeulverruiming is deze balans verstoord geraakt. Zo is er in de Oosterschelde te weinig getijslag en in Grevelingen helemaal geen getij meer. In gebieden waar de getijdynamiek is afgenomen verdwijnen schorren en slikken als gevolg van 'zandhonger', wanneer er meer sediment wordt afgevoerd via de geulen dan dat er wordt aangevoerd en afgezet op de schorren en slikken.^[35] In andere gebieden zoals de Eems-Dollard is de getijdendynamiek juist toegenomen waardoor het slib niet kan neerslaan en het water vertroebeld is.

Beide situaties zorgen voor problemen met de waterveiligheid en waterkwaliteit, en hiermee ook de ecologische kwaliteit in gebieden. Het herstel van riviermondingen is gericht op het terugbrengen van natuurlijke getijdendynamiek, wat zal leiden tot de duurzame ontwikkeling van estuaria.



Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie- en mitigatie: Herstel van riviermondingen draagt bij aan het vergroten van koolstofvastlegging op schorren, doordat afkalving van schorranden wordt gestopt.^[36] In Nederland zijn schorren de belangrijkste opslagplekken van Blue Carbon.^[37] Het creëren van meer areaal schorren, het voorkomen van erosie of verduurzaming van beheer zorgt ervoor dat dit ecosysteem koolstof vasthoudt of zelfs meer koolstof kan opslaan.^[38] Tevens fungeren schorren als natuurlijke demping tegen golfslag, waardoor dijken ontzien worden. Echter, wat gunstig is voor de koolstofopslag is niet per se goed voor de biodiversiteit van de schorren. De hoogtegroeit zorgt voor veel koolstofvastlegging maar ook voor een minder dynamische situatie met dominantie van middelhoge kweldervegetatie.^[38]

Biodiversiteit: Herstel van de zoet-zout overgangen zorgt voor het openen van de toegangspoort voor onder andere zalm en zeeforel tot het zoete water waar ze zich in voortplanten.^[35] Daarnaast zijn zoet-zout overgangen een kraamkamer voor vele (commerciële) vissoorten uit o.a. de Noordzee en spelen een belangrijke rol in de productiviteit van het systeem. De ecologisch variabele dynamiek heeft een belangrijke rol als foerageergebied voor trekvogels. Herstel van balans in sedimentatieprocessen verbetert het habitat als broedplaats voor weide- en wadvogels en overwinteringsgebied voor trekvogels.^[34] In het algemeen geeft herstel van de getijdynamiek een impuls aan de daar levende ongewervelden door verversing van het water en de aanvoer van voedingsstoffen.^[39]

Gezondheid: Als gevolg van klimaatverandering stijgt de zeespiegel de komende jaren. Deze NbS draagt bij aan het vergroten van de waterveiligheid doordat de inlaat van sedimentatie wordt vergroot waardoor slikken en schorren de mogelijkheid hebben mee te groeien met de zeespiegelstijging waardoor de dijken stabiel blijven.^[36] Dat draagt bij aan het gevoel van veiligheid en mentale gezondheid van mensen.



Sfeerimpressie van Herstel van Riviermondingen, waarin zalm naar de paaigronden migreert en wadvogels broeden.

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Deze NbS is relevant voor alle plekken in Nederland waar - van origine - rivieren uitmond(en) in de zee. De enige twee nog functionerende estuaria zijn de Oosterschelde, Westerschelde en Eems-Dollard. Potentie voor toepassing van deze NbS hebben ook de Haringvliet en Grevelingen. Het Haringvliet is vanwege het grote belang in de rivierafvoer een gebied waar een combinatie van maatregelen nodig is.

Schaal: De toepassingschaal van deze NbS kan variëren van het maken van een doorstroombopening, inlaat of stuw in bestaande constructies of dijken (herstel verbinding met zee), tot het aanleggen van dubbele dijksystemen met natuurlijke en harde kustovergangen, door een kilometers lang zandlichaam voor de kust om zandhonger te stillen en door het gehele gebied herin te richten om een 'natuurlijke' kust overgang te realiseren (zie "[Natuurlijke kustverdediging](#)"). Een belangrijk uitgangspunt hiervan is dat meegegroeid kan worden met de snelheid van de impact van klimaatverandering.

Kosten

Land: Deze NbS vergt bij buitendijkse oplossingen geen extra benodigd land, maar gaat ten koste van buitendijkse gebruiksfuncties (bijv. kweek en recreatie). Bij binnendijkse oplossingen (zoals dubbele dijken) worden gebruiksfuncties aangepast (bijv. naar zilte teelten of aquacultuur). Ook kan het zijn dat door herstel van de getijdendynamiek polders bijvoorbeeld vaker onder water komen te staan waarvoor dus goede afspraken met

grondeigenaren- en gebruikers nodig zijn. Door de mogelijke aanvullende verzilting in de gebieden worden functies uitgeruild, waardoor de impact op lokale gebruiksfuncties meegenomen moet worden.

Realisatie: Voor herstel van riviermondingen dienen ook de dijkversterkingsopgaven meegenomen te worden. Vaak kan dat tegelijkertijd.^[40] Hierbij kan rekening gehouden worden met deze NbS, waardoor de mate van benodigde versterking kan variëren. Denk bijvoorbeeld aan de mate van golfslag tegen de dijk die verminderd wordt door het voorland, waardoor de dijk minder frequent onderhoud behoeft, wat kostenefficiënter kan zijn.

Onderhoud en beheer: De natuurlijke dynamiek in estuaria kan nooit volledig hersteld worden vanwege de waterveiligheid. Daarom zal onderhoud van deze NbS altijd nodig blijven. Denk hierbij aan het periodiek verjongen van verouderde schorren, verplaatsen van sediment en het periodiek aanbrengen van zand (suppleties).^[34] Daarnaast zal natuurbeheer en dijkbeheer en -onderhoud nodig blijven om aan de waterveiligheidsnormen te voldoen.



Voorbeelden

Natuurontwikkeling als meegroeivorm van kustverdediging, zoals in de [Oesterdam veiligheidsbuffer](#)

Onderzoek naar [verkwelding in de Peazemerlannen](#) als middel voor koolstofopslag ^[38]

Herstel van het internationale kruispunt voor vissen en vogels tijdens hun trekroutes door [de Haringvlietsluis op een kier te zetten](#)

[Waterdunen Zeeuws Vlaanderen](#): Aanleg van een getijdeduiker maakt herstel van getijdenatuur en sedimentatieprocessen weer mogelijk

Groenblauwe dooradering

Herstellen en aanleggen van verbindende groenblauwe landschapselementen (zowel in urbane als rurale gebieden) onder meer ten gunste van landschapskarakteristiek, natuurlijke plaagbestrijding, gewasbestuiving, corridors en leefgebied voor biodiversiteit, verbetering water- en lucht kwaliteit, verkoeling en waterbuffering.

Introductie en opgaven

Indien goed aangelegd en beheerd, levert groenblauwe dooradering (GBDA) zowel in stedelijk als landelijk gebied belangrijke diensten. Het landelijk gebied staat voor grote opgaven op het gebied van natuur, water, klimaat en landbouw. Deze opgaven zijn nauw met elkaar verweven en leggen een groot ruimtebeslag op het landelijk gebied. GBDA draagt via ecosysteemdiensten bij aan integrale oplossingen. In stedelijk gebied is GBDA van groot belang voor het creëren van een gezonde leefomgeving en het opvangen van de gevolgen van klimaatverandering. GBDA wordt beheerd door agrariërs, overheden en particulieren, en kan gezien worden als netwerk van natuurlijke elementen die het boerenerf verbindt met het landschap.^[41] Groenblauwe dooradering biedt dus een waardevolle gemeenschappelijke basis om integraal te werken aan maatschappelijke opgaven.^[42]

Sfeerimpressie van GBDA, waarin een ecoduct en groene bermen zorgen voor een aantrekkelijk leefgebied van planten en dieren.



Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: GBDA levert ecosysteemdiensten die bijdragen aan klimaatmitigatie, zoals het vastleggen van CO₂ in de grond en in hout. Daarnaast levert GBDA ook een bijdrage aan klimaatadaptatie. Vergroening zorgt voor verkoeling door het remmen van opwarming van de stad en het bieden van schaduw, en daarnaast zorgt het voor een betere waterregulatie.^[43]

Biodiversiteit: Onderzoek toont aan dat GBDA het leefgebied is voor de meerderheid van de biodiversiteit van het landelijk gebied.^[44] Inzetten op de kwantiteit en kwaliteit van GBDA draagt dus bij aan de basiskwaliteit biodiversiteit en ecologische verbinding. In steden wordt vaak gesproken van eilanden van biodiversiteit, zoals parken en beboste delen van de stad die vaak dienen als toevluchtsoord van bedreigde soorten uit het landelijk gebied.^[45] GBDA draagt bij aan het verbinden van deze gebieden, wat de biodiversiteit ten goede komt.

Gezondheid: GBDA draagt direct bij aan het reduceren van hittestress in voornamelijk stedelijk gebied. Het nodigt mensen uit om vaker de fiets te pakken dan de auto, verbetert de luchtkwaliteit, leefbaarheid, geluidsoverlast en verkeersveiligheid. Bovendien hebben groene zones een stressverlagende werking op mensen. In steden zijn het met name mensen met lage inkomens en migratieachtergrond die leven in wijken met weinig groen. Zij zijn de eersten die de effecten van hittestress in de stad ervaren en degenen die de gevolgen (bijv. ziekenhuiskosten) financieel het minst kunnen dragen. Gerichte vergroening kan op deze manier bijdragen aan meer inclusieve gezondheid in de stad.^[46] In het landelijk gebied draagt GBDA indirect bij aan het verkleinen van gezondheidsrisico's doordat het de agrariër de mogelijkheid biedt pesticidengebruik te verminderen en de GBDA afspoeling vermindert, waardoor zowel de producten als het oppervlakte- en grondwater minder vervuild raken. Echter, vernatting van een gebied in combinatie met klimaatverandering kan leiden tot een toename van (exotische) insecten zoals muggen. Dit kan het risico op vector-overgedragen ziekten verhogen.^{[47] [48]}

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Groenblauwe dooradering is van toepassing in alle landschapstypen. De kracht van deze NbS zit juist in het verbinden van een variatie aan groenblauwe landschapselementen in de landschapstypen.^[49] Om GBDA als NbS te kunnen gebruiken, is variatie in structuur, gewassen en bloemrijkdom een vereiste. Dus bijvoorbeeld een combinatie van houtige en grazige elementen, grenzend aan een perceel met strokenteelt.^[41]

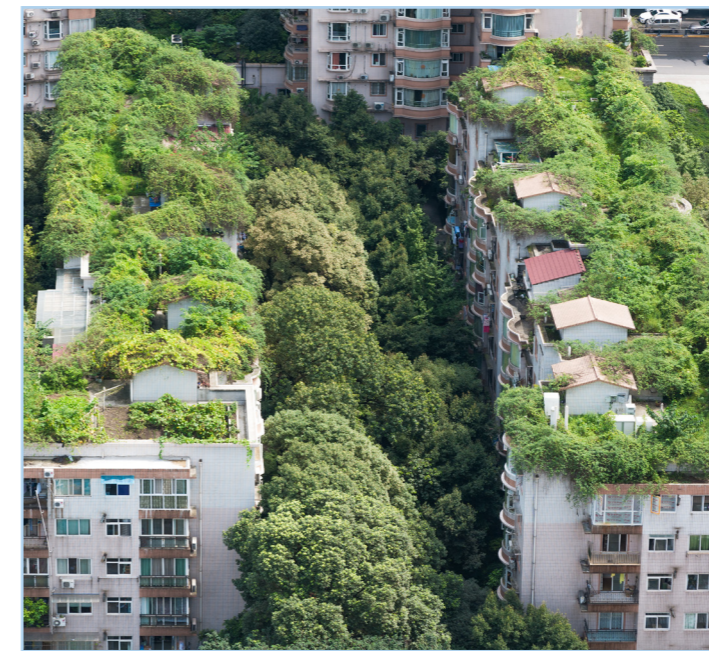
Schaal: GBDA kan van perceel- en straatniveau tot op landschapniveau worden toegepast. Om GBDA als NbS voor maatschappelijke opgaven te kunnen benutten, is er wel een minimaal oppervlak van 10-15% in het landschap (landelijke gebied) nodig.^[41] Een andere randvoorwaarde is wijdverbreide een fijnmazige verdeling van GBDA door het landschap, met raakvlakken aan bijvoorbeeld agrarische percelen met natuurvriendelijke voedselproductie. Voor steden geldt hetzelfde principe.

Kosten

Land: In het landelijk gebied legt de aanleg van GBDA vooral een ruimtebeslag op agrarische gronden. In de praktijk komt dit vaak neer op het vrijwillig beheren van landbouwgrond als GBDA door grondeigenaren. Soms zijn er subsidies voor beschikbaar. Daarnaast betreft het bermen langs infrastructures die vaak in eigendom of beheer zijn van overheden. In stedelijk gebied vraagt de aanleg van GBDA vooral om ontstenen. Zowel van de publieke ruimte als de tuinen van de inwoners.

Realisatie: In landelijk gebied kunnen grondeigenaren gebruik maken van aanleg- en beheervergoedingen voor GBDA. Aanvalsplan Landschap heeft berekend dat de aanleg van 10% GBDA in landelijk gebied grofweg neerkomt op 5,3 miljard euro.^[49] Voor stedelijk gebied zijn niet zulke concrete cijfers te vinden. Omdat groen geen directe baten oplevert en de druk op grond hoog is, delft het vaak nog het onderspit tegenover landgebruikfuncties die dit wel hebben.^[50] In stedelijk gebied zijn wel verschillende kleinschalige initiatieven waar burgers een vergoeding kunnen krijgen voor het vervangen van tegels voor planten of het aanleggen van groen in de openbare ruimte.^[51]

Onderhoud en beheer: In landelijk gebied kunnen grondeigenaren gebruik maken van aanleg- en beheervergoedingen voor GBDA. Aanvalsplan Landschap heeft berekend dat het beheer van 10% GBDA in landelijk gebied grofweg neerkomt op 257 miljoen per jaar (gerekend over een periode van 30 jaar).^[49] In stedelijk gebied is groenbeheer een kostbare bezigheid. GBDA kan met het leveren van ecosysteemdiensten deze kosten drukken. Zo kunnen de kosten tussen gemeenteafdelingen verdeeld worden vanwege de uiteenlopende baten, en kan er nagedacht worden over natuurlijke vormen van beheren die minder kosten.^[52]



Voorbeelden

Uitrol van een [Groenblauwe gebiedsgerichte aanpak in Aadal-Noord](#) voor het klimaatrobuust maken van het gebied

Ontwikkelen van een doelgerichte aanpak die stuurt op [samenhang van ANLb maatregelen en ecomaatregelen](#) op gebiedsniveau

Studie met als doel om [natuurlijk kapitaal van groenblauwe infrastructuur in Rotterdam te kwantificeren](#)

Heel Nederland wipt tegels voor een klimaatbestendiger Nederland: [welke gemeente wipt de meeste tegels?](#)

Natuurlijke kustverdediging

Inzetten op flexibele, adaptieve kustverdediging door het gebruikmaken, ondersteunen en stimuleren van natuurlijke processen zoals erosie en sedimentatie, waarmee naast kustverdediging ook andere voordelen optreden zoals herstel van ecosystemen en recreatie

Introductie en opgaven

Door zeespiegelstijging en sterkere stormen veroorzaakt door klimaatverandering^[53], is het nodig dat de Nederlandse kust een goede bescherming biedt voor het achterland. Om aan de hoge waterveiligheidsnormen te voldoen wordt vaak gekozen voor het implementeren van harde en technische oplossingen, zoals dijken en keringen. Natuurlijke kustverdediging kan, in tegenstelling tot dit soort technische oplossingen, zowel bescherming bieden als meegroeien met veranderende omstandigheden (zoals een verder stijgende zeespiegel, toekomstige onzekerheden in storm omvang en frequenties) door het faciliteren van natuurlijke, dynamische processen als sedimentatie en erosie.^[54] Op die manier kan het kustfundament meegroeien met de stijgende zeespiegel en ontstaat een natuurlijker kustlandschap met een grotere diversiteit aan habitats, flora en fauna.

Naast ruimte voor recreatie biedt natuurlijke kustverdediging een goede kans voor ontwikkeling van biodiverse ecosystemen, met name wanneer dynamischer beheer wordt toegepast. Dit soort gebieden met meerdere functies wordt ook wel waterveiligheidslandschappen genoemd.^[55]

Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Een flexibele en adaptieve bescherming tegen overstromingen vanuit de zee. Vaak kunnen natuurlijke kustverdedigingscomplexen meegroeien met zeespiegelstijging doordat processen zoals opslibbing (bijv. meegroeien van een kwelder tijdens overstroming onder invloed van getijden) en verstuiving van zand de ruimte krijgen.^{[56] [57]}

Biodiversiteit: Natuurlijke kustverdediging biedt de mogelijkheid voor het herstel van ecosystemen als duinen en stranden met een natuurlijker kust gradiënt, door het toelaten van natuurlijke processen (bijv. erosie, sedimentatie, verstuiving). Het zijn tevens vaak hotspots voor biodiversiteit (zie ook "[Dynamisch Natuurbeheer](#)").^[58]

Gezondheid: Door te voldoen aan de waterveiligheidsnormen kunnen slachtoffers en schade veelal voorkomen worden. Dit beperkt niet alleen potentiële acute gevolgen zoals verdrinking, infecties en fysieke schade, maar ook de lange termijn gevolgen zoals emotioneel trauma.^[59] Daarnaast bieden de nieuwe gebieden waar natuurlijke kustverdediging wordt toegepast vaak ruimte voor recreatie.^{[60] [61]} Uit verschillende onderzoeken blijkt dat toegang tot de kust bijdraagt aan het verbeteren van mentale gezondheid, door het verminderen van stress, angstigheid en depressiviteit. Daarnaast blijkt het fysieke activiteit te stimuleren, waarmee fysieke gezondheid en vitaliteit in het algemeen toenemen.^{[62] [63]} De omvang van deze effecten is groter bij een natuurlijke en gezonde kust.



Sfeerimpressie van Natuurlijke Kustverdediging, waarin natuurlijke processen de ruimte krijgen in een kwelder landschap.

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Deze NbS is relevant voor de kustgebieden. Op verschillende plaatsen is al natuurlijke kustbescherming aanwezig in de vorm van bijvoorbeeld duinen, schorren/kwelders, platen en slikken. Deze staan echter onder druk door anthropogene en klimatologische invloeden. Op andere locaties ontbreken deze in zijn geheel, of vragen ze om versterking. De principes van natuurlijke kustverdediging zijn ook langs de IJssel- en Markermeerkust toepasbaar.

Schaal: Dit zijn vaak grootschalige ingrepen op landschapsniveau, mede omdat bij kleinschalige ingrepen het probleem zich kan verplaatsen naar een locatie verderop. Knelpunten/zwakke schakels worden door de omvangrijke schaal in één keer aangepakt en verholpen.

Kosten

Land: Het kan nodig zijn dat kustactiviteiten (zoals een recreatiestrand) (tijdelijk) moeten wijken voor de aanleg van een natuurlijk kustverdedigingscomplex, zoals een zanddijk. Vaak ontstaat er overigens ook nieuw land nadat de ingreep afgerond is, wat weer nieuwe ruimte biedt voor zowel mens als natuur.

Realisatie: Dit zijn omvangrijke projecten met hoge kosten. Denk aan grootschalige zandsuppletie of aanleggen van nieuwe duingebieden. De bedoeling is dat de projecten wel robuuster zijn en minder onderhoud vergen.

Onderhoud en beheer: Monitoring en beheer van de gebieden, (nieuwe) zandsuppleties, maar ook toezicht van de recreatiegebieden.^[61] Actief beheer van natuurgebieden kan nodig zijn, omdat het kan gaan om een waterstaatswerk dat verplicht onderhouden moet worden.^[64] Dit is mede afhankelijk van de onderhoudsnormen die voor de NbS worden geformuleerd. Continue monitoring kan bijvoorbeeld een onderdeel zijn van de norm, en de monitoringresultaten wijzen dan uit wanneer er weer onderhoud nodig is.



Voorbeelden

Herstel van zandige voorlanden voor kustverdediging en natuurontwikkeling in de [Hondsbosche Duinen](#)

Internationaal iconproject de '[Zandmotor](#)' vanwege grootschalige zandsuppletie

Onderzoek naar ecologische en morfologische ontwikkeling van kwelders in [Kwelderontwikkeling Marconi Delfzijl](#)

(Her)inrichten van beken en rivieren

Ingrepen die de afvoer van water vertragen en de opvang- en infiltratiecapaciteit van waterlopen vergroten om zo waterveiligheid en natuurontwikkeling te realiseren.

Introductie en opgaven

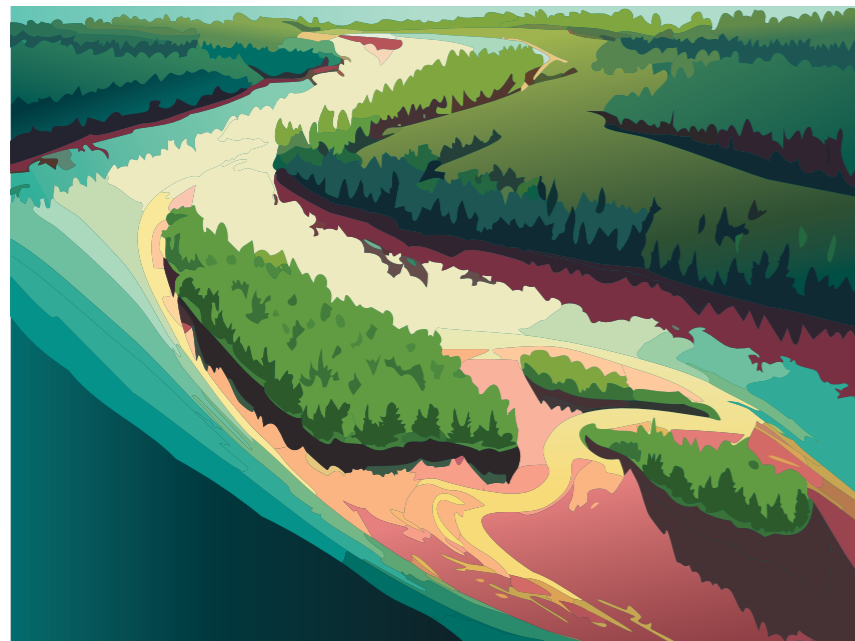
Nederland is als delta kwetsbaar voor overstromingen. Door klimaatverandering worden piekafvoeren groter door toenemende periodes met forse neerslag en het smelten van sneeuw en ijs in het stroomgebied.^[65] Er worden meer lange droge periodes verwacht, die lage rivierafvoeren tot gevolg hebben. Daarmee hebben beken een verhoogde kans op stagnatie of droogval. Om hier goed mee om te gaan, is het van belang om de afvoer van de stroomgebieden te vertragen en het water te bergen om het geleidelijk af te kunnen voeren. Dit is mogelijk door beken, rivieren en hun dalen een natuurlijker karakter te geven, bijvoorbeeld door rechtgetrokken lopen weer te laten meanderen, uiterwaarden te verbreden zodat het water bij overstromingen meer ruimte heeft en het beter vasthouden van water in de haarvaten van het watersysteem door drainerende elementen te verwijderen. Het creëren van ruimte voor beken en rivieren gaat goed samen met het ontwikkelen van natte natuurgebieden en het bufferen van zoetwater.^[66] De natuurkwaliteit stijgt omdat de natuurlijke dynamiek die gepaard gaat met de overstromingen zorgt voor meer variatie en dynamiek in het landschap.

Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Ruimte om het water bij piekafvoeren te bergen waardoor benedenstrooms overstromingen voorkomen kunnen worden. Door het water de ruimte te geven wordt beddingerosie (insnijding) tegengegaan en hiermee wordt het verdrogen van beek- of rivierbegeleidende natuur geremd. Daarnaast dragen een betere buffering en infiltratie van water (grondwateraanvulling) positief bij aan de droogtebestendigheid van het landschap.^[66]

Biodiversiteit: Ruimte voor dynamische natuur, wat zorgt voor variatie in milieuomstandigheden (terugzetten vegetatiesuccessie waardoor pionieromstandigheden ontstaan, vrijspoelen beddingsubstraat dat gebruikt wordt door vissen om te paaien) en daardoor meer biodiversiteit met zich meebrengt (zie ook "[Dynamisch Natuurbeheer](#)").

Gezondheid: Herinrichting van beken en rivieren zorgt voor meer ruimte voor recreatie en natuurbeleving met alle voordelen van dien. Bovendien verkleint het de kans op overstromingen en daardoor op slachtoffers en schade terwijl het de zoetwatervoorziening ten goede komt.



Sfeerimpressie van Herinrichting van Beken en Rivieren, waarin sedimentatie en erosie gradiënten creëren in het landschap.



Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Maatregelen kunnen goed uitgevoerd worden in het rivierengebied, de beekdalen op de hogere zandgronden en in het heuvelland.^[67] Maatregelen kunnen zowel in natuurgebied als agrarisch en stedelijk gebied worden geïmplementeerd.

Schaal: Om een grote effectiviteit te bereiken moeten maatregelen op landschapsniveau genomen worden. Hierbij moet het gehele stroomgebied in acht genomen worden, ingrepen bovenstrooms werken immers benedenstrooms door. Omdat in stroomgebieden meerdere knelpunten tegelijkertijd optreden (bijv. hydrologische en morfologische verstoring) moeten maatregelen integraal worden ingezet (maatregelpakketten). Op het moment gebeurt dit in de praktijk nog heel weinig.

Kosten

Land: Het creëren van ruimte voor beken en rivieren heeft effect op de huidige gebruiksfuncties. Afhankelijk van de lokale context kan land in het beek- of rivierdal worden aangekocht of kunnen bijvoorbeeld de grondeigenaren worden gecompenseerd voor waterfuncties.

Realisatie: De investeringen die nodig zijn voor deze NbS zijn uiteenlopend bij meanders, het aanpassen van een beekprofiel door te werken met zandsuppletie, het inbrengen van (dood) hout en het verlagen van zomerkades.^[66]

Onderhoud en beheer: Wanneer voldoende ruimte aanwezig is kan onderhoud achterwege worden gelaten. Soms is het maaien van oevervegetatie noodzakelijk om de doorstroming van beken te bevorderen. Uiterwaarden moeten momenteel vrijgehouden worden van bosopslag, omdat dit de doorstroming negatief kan beïnvloeden.^[68]

Bescherming tegen hoog water is niet voltooid na een bepaalde tijd, omdat de afvoeren in de tijd kunnen veranderen. Waterstanden en de hydrologisch-morfologische en ecologische effecten van ingrepen (erosie, sedimentatie, natuurontwikkeling) dienen gemonitord te worden. Een adaptieve aanpak is gewenst, waarbij wanneer nodig extra ingrepen worden gedaan maar waarbij gestreefd wordt naar een eenmalige ingreep waarna de natuurlijke processen de verdere ontwikkeling vormgeven (bouwen-met-natuur).



Voorbeelden

[Ruimte voor de Rivier](#) – Verschillende projecten om overstromingskansen te verlagen door rivieren meer ruimte te geven

Beekherstel in de [Leuvenumse beek](#) voor opvangen van neerslagpieken en natuurontwikkeling

[Hermeanderen van beken in Drenthe](#) voor beperken van overstromingen en verbeteren van ecologische waterkwaliteit

Vernatten

Het verhogen van de grondwaterstand om bodemdaling, broeikasgasemissies en verzilting te verminderen, zonder dat hiervoor een sterke toename in zoetwateraanvoer nodig is.

Introductie en opgaven

Laag Nederland (het Westen, maar ook delen van Overijssel, Friesland en Groningen) is van origine een laagveengebied. De opeenhoping van plantenresten in combinatie met een hoge grondwaterstand hebben daar laagveen gevormd. In hoog Nederland (o.a. Drenthe, Gelderland, Brabant en Limburg) is er hoogveen ontstaan onder invloed van voedingsarm en zuur regenwater. Veel veengebieden zijn met afwateringsloten ontwaterd voor de landbouw en turfwinning. Door de ontwatering treedt veenoxidatie op waardoor bodemdaling optreedt en de gronden weer langzaam vernatten. Als reactie hierop, wordt het waterpeil verder verlaagd om het geschikt te houden voor de landbouw, waardoor een zichzelf versterkend effect optreedt.^[69] De voortgaande bodemdaling zorgt voor grote investeringen in het watersysteem, veel schade aan woningen en infrastructuur en CO₂-emissies. Het vernatten van veenweidegebied zorgt voor een natuurlijke tegendruk tegen zoutindringing en vermindert veenoxidatie en bodemdaling.

Sfeerimpressie van Vernatten, waar het waterpeil in veengebieden met een agrarische gebruiksfunctie is verhoogd tot net onder het maaiveld.



Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Momenteel wordt er veel onderzoek gedaan naar de impact van vernatting op het klimaat. Enerzijds voorkomt vernatting veenoxidatie waardoor er minder CO₂-emissies zijn. Door een pakket van maatregelen in veenweidegebieden toe te passen (passieve vernatting, onderwaterdrainage en landgebruik) is een reductie van 25 procent ten opzichte van de huidige situatie haalbaar.^[70] Anderzijds kan vernatting leiden tot methaanuitstoot. Aangezien methaan 30 keer sterker is dan CO₂ wordt er onderzocht wat de sleutelprocessen zijn en hoe die optimaal beïnvloed kunnen worden zodat veenafbraak maximaal wordt geremd en methaanuitstoot minimaal wordt gehouden.^[71] Daarnaast laten berekeningen zien dat in drogere periodes grootschalige vernatting kan leiden tot zoetwatertekorten.^[72] Het is dus de vraag in welke mate vernatting wenselijk en mogelijk is. Vernatting kan in kustgebieden zorgen voor tegendruk tegen verziltingsprocessen.

Biodiversiteit: Hoe vernatting bijdraagt aan de biodiversiteit is erg afhankelijk van locatie-specifieke omstandigheden zoals de voedselrijkdom van het ecosysteem. Aangezien we in Nederland veel landbouwgrond hebben in polders, zal bij vernatting van deze gronden voornamelijk voedselrijke (eutrofe) natte natuur ontstaan.^[73] Moerasbroedsoorten zoals de roerdomp of rietzanger doen het hier goed.^[74] Als er meer sprake is van plasdrasomstandigheden is dit een geschikt foerageergebied voor weidevogelsoorten zoals de Kievit en tureluur.^[75] In het algemeen geldt dat vernatting bijdraagt aan een grotere insectenrijkdom, wat goed is voor de algehele biodiversiteit.

Gezondheid: Vernattingsmaatregelen kunnen verhoogde gezondheidsrisico's met zich meebrengen voor dier en mens. Zo gedijt de leverbotslak goed onder vochtige omstandigheden in veenweidegebied. De leverbotslak kan bij melkvee de gezondheid en productiviteit negatief beïnvloeden. Dit is nadelig voor dierenwelzijn en het bedrijfsinkomen. Melkgevende koeien mogen niet behandeld worden, en preventieve maatregelen zijn nog beperkt voorhanden.^[76] Ook stekende insecten gedijen goed in stilstaand voedselrijk water, vooral steekmuggen en knutten, wat het risico op vector-overgedragen ziekten verhoogt en overlast creëert.^[77]

Het treffen van inrichtings- en beheermaatregelen zoals het inperken van hoog opkomende begroeiingen kan de verspreiding richting bebouwd gebied beperken.

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Vernatting is voornamelijk van belang voor gebieden waar veen aanwezig is. Dit zijn natuurlijk de veenweidegebieden, maar ook op de hoge zandgronden in beekdalen kan veen aanwezig zijn. Ook hier is vernatting een belangrijke maatregel, net als in kustgebieden als tegendruk tegen verzilting. Zoetwaterberging in algemene zin wordt in een aparte NbS-categorie besproken.

Schaal: Op perceelniveau kunnen vernattingsmaatregelen zoals greppelinfiltratie en pompgestuurde onderwaterdrains worden getroffen. Voor de onderwaterdrainage is extra wateraanvoer nodig in droge periodes. Berekeningen laten zien dat grootschalige toepassing van deze maatregel een tekort aan zoetwater in het oppervlaktewatersysteem oplevert in droge tijden.^[72] Vandaar dat een aanpak op landschapsschaal nodig is om zoetwater vast te houden in het watersysteem (zie ook "[Zoetwaterberging](#)"). Ook zijn er combinaties van maatregelen mogelijk die elkaar versterken, zoals de combinatie van passieve peilstijging en onderwaterdrainage.^[72]

Kosten

Land: Afhankelijk van de aard van de vernattingsmaatregel zijn er kosten gemoeid met grondaankoop of niet. Veel grond in veenweidegebieden is in bezit van boeren,

natuurorganisaties of is bebouwd gebied. Uit onderzoek blijkt dat onderwaterdrainage geen opbrengstderving voor de boeren tot gevolg heeft. Dit in tegenstelling tot passieve peilstijging, wat de boer verplicht om te kijken naar alternatieve bedrijfsvoering om winstgevend te blijven.^[70]

Melkveehouderijen kunnen bijvoorbeeld kijken naar andere koerassen die robuuster zijn of net zoals akkerbouwers kijken naar het telen van andere gewassen (bijv. zilte gewassen of paludicultuur). Lichtere machines en extensiever beheer maken grondbewerking onder nattere omstandigheden mogelijk. Andere opties zijn verbreding van de agrarische bedrijfsactiviteiten richting meer recreatie of verkoop van streekproducten.^[78] ^[79]

Realisatie: De kosten zijn erg afhankelijk van het pakket aan vernattingsmaatregelen. De aanlegkosten van onderwaterdrainage voor de boer bijvoorbeeld zijn berekend op gemiddeld € 1500 – 2000 euro per hectare.^[76] Een belangrijk deel van de kosten ligt ook bij de waterschappen. Zij moeten aanpassingen doen in het hele watersysteem.

Onderhoud & Beheer: De kosten zijn erg afhankelijk van het pakket aan vernattingsmaatregelen. De jaarlijkse kosten voor afschrijving en onderhoud van onderwaterdrainage is berekend op € 200 en € 300 per hectare. Die voor peilfixatie worden hoger geschat, onder meer vanwege de opbrengstderving. Als hiermee bodemdaling wordt gestopt, wordt schade aan bedrijfsgebouwen voorkomen. Deze worden voor 2100 geschat op €5800,- per hectare.^[70] Daarnaast zullen de waterschappen veel van de kosten voor onderhoud en beheer voor vernatting op hoger schaalniveau dragen.



Voorbeelden

[Innovatie Programma Veen](#) (IPV) verkent en ontwikkelt manieren voor veenbehoud en onderzoekt welke effecten vernatting kan hebben voor de agrarische sector, de natuur en het landschap

[Proeftuinen provincies Friesland, Noord-Holland, Utrecht en Zuid-Holland](#) waarin verschillende vernattingsmaatregelen worden toegepast

[Natte teelten](#) - Het telen van lisdodde in vernatte veengebieden

Natuurlijke waterzuivering

Het verbeteren van waterkwaliteit middels natuurlijke processen; gebruik makend van flora, fauna en ondergrond.

Introductie en opgaven

Klimaatverandering kan door hitte, langere perioden van droogte en wateroverlast effect hebben op de waterkwaliteit in onze watersystemen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan toenemende verdamping bij hogere temperaturen waardoor de concentraties van verontreinigingen toenemen, en een grotere afspoeling van verontreinigingen richting het oppervlaktewater bij hevige regenval.^{[80] [81]} De beschikbaarheid van voldoende zoetwater van goede kwaliteit is essentieel voor onze economie, de volksgezondheid en waterrijke natuur.^[82] Het oppervlaktewater en grondwater in Nederland wordt namelijk voor veel verschillende doeleinden gebruikt: bijvoorbeeld als bron voor drinkwater, om landbouwgewassen te beregenen en als proces- en koelwater in de industrie. Voldoende zoetwater van de juiste kwaliteit is ook voor waterrijke natuur van groot belang om specifieke natuurwaarden in stand te houden. Een belangrijke doelstelling van het waterbeheer in Nederland is dan ook om de chemische en ecologische waterkwaliteit te beschermen en verbeteren.^{[83] [84]} Hoewel de waterkwaliteit afgelopen decennia sterk verbeterd is, is de kwaliteit van de Nederlandse wateren op veel plekken nog onvoldoende.^[85]

Om schoon en veilig water te garanderen, zijn dan ook continue inspanningen vereist. Eén daarvan is het zuiveren van water. Waterzuivering wordt enerzijds toegepast om grond- en oppervlaktewater geschikt te maken voor

bepaalde gebruiksdoeleinden, zoals voor drinkwater, en anderzijds om verontreinigingen uit afvalwater te zuiveren alvorens dat water weer teruggaat naar het oppervlaktewater. Naast het gebruik van technische waterzuiveringsinstallaties, kunnen ook flora, fauna en ondergrond worden ingezet om het water voor of na gebruik te zuiveren of om de waterkwaliteit van oppervlaktewater te verbeteren, bijvoorbeeld om nutriënten uit afstromend water uit agrarisch gebied te zuiveren voordat dit in het oppervlaktewatersysteem terecht komt. Dit wordt natuurlijke waterzuivering genoemd. Denk daarbij aan de opname van nutriënten door planten zoals riet en drijvende waterplanten, het filteren van medicijnresten uit het water door mosselen en de verwijdering van virussen en bacteriën door zandfiltratie in de duinen.^{[86] [87]}

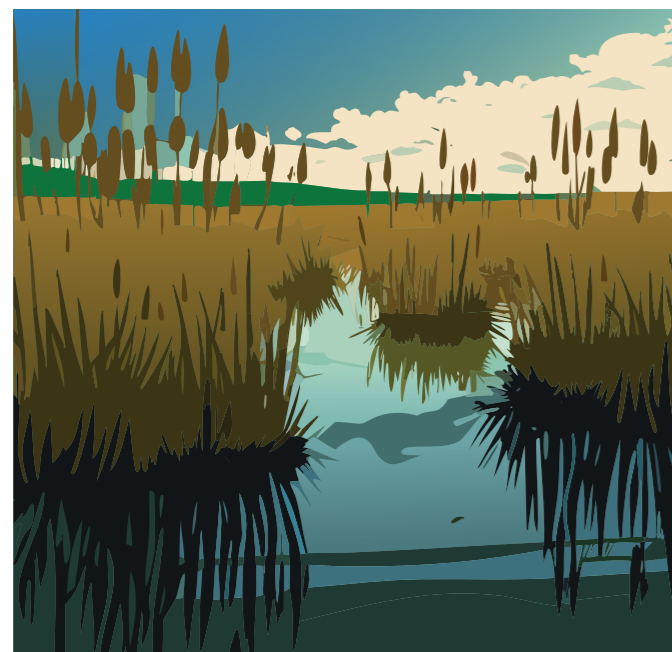
Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Als natuurlijke waterzuivering wordt toegepast als onderdeel van de waterzuiveringsketen voor drink- of afvalwater, kan dit resulteren in een lagere CO₂-voetprint van het zuiveringsproces door verminderd gebruik van energie of chemische toevoegingen in de technische waterzuiveringsinstallatie. Natuurlijke zuivering kan ook bijdragen aan het verminderen van de uitstoot van andere broeikasgassen zoals lachgas (N₂O) en methaan (CH₄).^[88]

Biodiversiteit: de toepassing van natuurlijke zuivering kan de ecologische waterkwaliteit van het natuurlijke watersysteem ten goede komen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de ecologische waterkwaliteit van stedelijk water die verbetert doordat afstromend hemelwater wordt gezuiverd voordat het in het oppervlaktewater terecht komt, of aan het oppervlaktewater waarop de effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd wordt, dat er baat bij heeft als dit effluent wordt na-gezuiverd door natuurlijke zuivering alvorens het in het oppervlaktewater terecht komt.^[86] Ook kan een natuurlijke zuivering zelf een vergroting van de soortenrijkdom in een gebied opleveren; het kan een uitbreiding of verbetering betekenen van het leefgebied van planten en dieren.



Sfeerimpresie van Natuurlijke waterzuivering, waarin riet het overschot aan nutriënten opneemt.



Hiertoe zal bij het ontwerp van een natuurlijke zuivering een balans moeten worden gezocht tussen de zuiverende functie en beoogde bijdrage aan biodiversiteit. Vanuit biodiversiteit is het daarnaast een punt van aandacht dat nutriënten en verontreinigingen opgenomen kunnen worden in de voedselketen, door directe opname door het waterleven of bijvoorbeeld als de zuiverende flora een voedselbron vormt voor watervogels. Dit is een aandachtspunt voor zowel ontwerp als beheer van een natuurlijke zuivering.

Gezondheid: Natuurlijke waterzuiveringen kunnen bijdragen aan een betere waterkwaliteit van het oppervlaktewater, hetgeen de gebruikskwaliteit ervan ten goede komt. Oppervlaktewater wordt in de zomer intensief gebruikt voor recreatie, en de verwachting is dat het gebruik van oppervlakte als zwemwater door klimaatverandering zal toenemen. Daarmee nemen ook gezondheidsrisico's toe, doordat de kwaliteit van zwemwater met name bij hogere watertemperaturen in de zomer verslechtert. Planten als helofyten zorgen voor minder opwarming van het oppervlaktewater door verminderde zonne-instraling en schaduwwerking.^{[80] [89]}

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Deze NbS is toe te passen in alle landschapstypen, maar de potentie en/of mogelijkheden verschillen voor de verschillende landschapstypen. Zo kunnen de zandgebieden (dekzandgebieden, stuwwal, duingebieden) interessant zijn met het oog op de zuiverende werking van de zandbodem, is het riviereengebied interessant met het oog op de aanwezigheid van rivierwater en zijn de laagveengebieden interessant vanwege de van nature natte omstandigheden, waaronder zuiverende flora als riet en lisdodde goed kunnen groeien.^[90]

Schaal: De grootte van de zuivering hangt samen met de hoeveelheid en kwaliteit van het water dat gezuiverd moet worden. Dit kan variëren van één à enkele hectares (bijv. helofytenfilter Erasmusgracht: 2,25 ha) tot enkele honderden hectares (bijv. Zuiverend Landschap 150 ha). Deze natuurlijke processen hebben vaak meer ruimte nodig dan de meer technologische toepassingen.

Kosten

Land: Voor het realiseren van een natuurlijke zuivering zijn er mogelijk kosten te verwachten in het aankopen van land- of wateroppervlak waar de zuivering aangelegd dient te worden.

Realisatie: Bij de aanleg van een natuurlijke zuivering zijn er onder meer kosten te verwachten voor grondwerkzaamheden, aanplant, evenals de aanleg van leidingwerk, pompen en andere ondersteunende technische installaties.

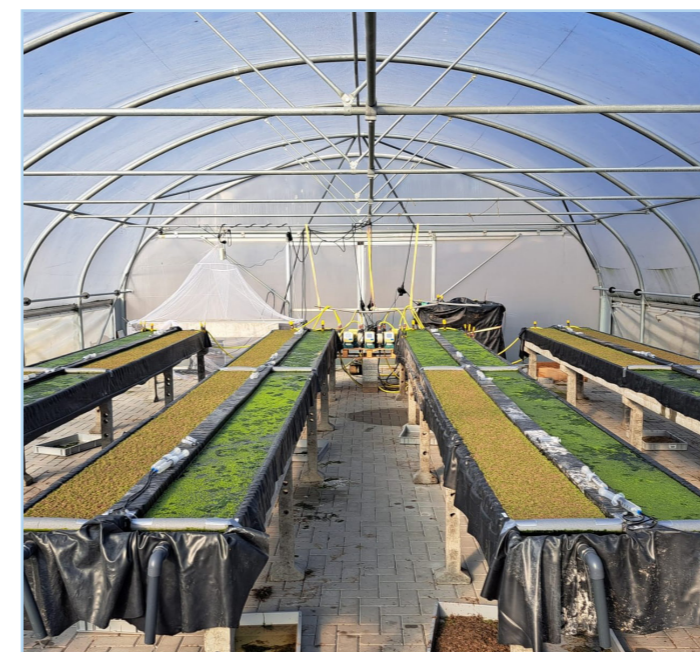
Onderhoud en beheer: Afhankelijk van het type natuurlijke zuivering, zijn er voor onderhoud en beheer onder meer kosten te verwachten voor maaien, beluchten, pompen en slibverwijdering en -afvoer. Hier zijn echter niet alleen kosten mee gemoeid, maar ook baten. Zo kunnen er vanuit de zuivering grondstoffen voor andere doeleinden worden aangeleverd. Denk daarbij bijvoorbeeld aan het benutten van de biomassa van (het maaien van) helofytenfilters als isolatie- en bouw materiaal of het gebruik van de nutriënten die voortkomen uit de kweek van macrofauna op afvalwater als siervisvoer.^[88]

Voorbeelden

[Helofytenfilter Amsterdam](#) - Reinigen van regenwater met een helofytenfilter in de Erasmusgracht

[Zuiverend Landschap](#) als onderdeel van Klimaatbuffer IJsselmeer

[Lisdodde planten nemen nutriënten op](#) die vrijkomen na vernatting



Zoetwaterberging

Water vasthouden door het herstellen van de sponswerking van het landschap voor het aanvullen van grond- en oppervlaktewater en het bergen van neerslag.

Introductie en opgaven

Nederland groeit, zowel qua inwoneraantal als economisch, waardoor de waterbehoefte logischerwijs meegroeit. Ondertussen zorgt klimaatverandering steeds vaker voor weersextremen waardoor wateroverlast vaker voorkomt, en tegelijkertijd hogere temperaturen leiden tot watertekorten. Verdroging van de natuur wijst erop dat we meer water verbruiken en afvoeren dan dat we opslaan. Boeren hebben steeds vaker te kampen met verdroging en hiermee gepaard gaande opbrengstderving. Berekening is duur en erg arbeidsintensief. Dit alles vraagt om een andere omgang met ons water en inrichting van ons watersysteem.

In Nederland hebben we een gemiddeld neerslagoverschot van 300 mm per jaar in de wintermaanden. In het voorjaar en de zomer slaat dit overschot om naar een neerslagtekort. Om droogte te voorkomen in het voorjaar en de zomer, moeten we het overschot in de winter opslaan. Dit kan door natuurlijke processen als bodeminfiltratie, meandering en de sponswerking van de bodem te herstellen. Natuurlijke laagtes moeten weer de functie voor oppervlaktewaterberging krijgen, terwijl natuurlijke hoogtes van belang zijn als infiltratiegebieden. Afhankelijk van het landschapstype waarover je spreekt, zijn hier verschillende maatregelen voor te treffen (zie de Klimaat-effectatlas voor een overzicht hiervan^[67]). Een algemene maatregel die bijdraagt aan zoetwaterberging is het verhogen van het organische

stofgehalte in de bodem waardoor het waterbergend vermogen toeneemt.

Maatschappelijke bijdragen

Klimaatadaptatie en -mitigatie: Droogte in veengebieden en venige beekdalen leiden tot broeikasgasemissies.^[67] Deze NbS voorkomt dit en draagt bij aan extra koolstofvastlegging door veenvorming en herstel van bosschages e.d. (zie ook "[Vernatten](#)").^[77] Door zoetwater op te slaan en vast te houden, kunnen droge periodes, veelal in de zomer, beter overkomen worden.

Biodiversiteit: Met name grondwaterafhankelijke natuur staat onder druk als gevolg van verdroging. Zoetwaterberging kan dan ook leiden tot impulsen voor versterking van de biodiversiteit. Dit is echter erg afhankelijk van andere factoren zoals het landschapsecologische systeem waarover we spreken en het beheer ervan. Idealerweise draagt deze NbS bij aan natuurlijk systeemherstel op grote schaal, waardoor de bijdrage aan diversiteit en soorten groot wordt verwacht.^[73] Aan de andere kant kan waterberging ook tot problemen leiden voor kwetsbare schrale natuur als de waterkwaliteit van het inundatiewater niet op orde is. Dit is dan ook een belangrijk aandachtspunt.

Gezondheid: Zoetwaterberging is van groot belang voor de volksgezondheid. Zonder goede zoetwaterberging zullen we steeds vaker te maken krijgen met wateroverlast en watertekorten. Tegelijkertijd zal natuurlijk herstel van het watersysteem leiden tot meer landschappelijke variatie met o.a. bosschages die fijnstof invangen.^[77] Trade-offs vinden hier plaats aangezien hoog opgaande begroeiingen in combinatie met stilstaand water het risico op vector-overgedragen ziektes via insecten verhoogt (zie ook "[Vernatten](#)").



Sfeerimpessie van Zoetwaterberging, waarin ruimte is gemaakt voor opslag van water tijdens piekbelasting van het watersysteem.

Aandachtspunten voor implementatie

Omgeving: Bijna alle landschapstypen in Nederland bieden mogelijkheden om aan zoetwaterberging te doen. Denk aan het benutten van zeekleivlaktes voor tijdelijke opslag van oppervlaktewater en het benutten van de oevers, kreek- en stroomruggen voor bodeminfiltratie. De klimaat-effectatlas geeft een compleet overzicht van de mogelijkheden per landschapstype.^[67]

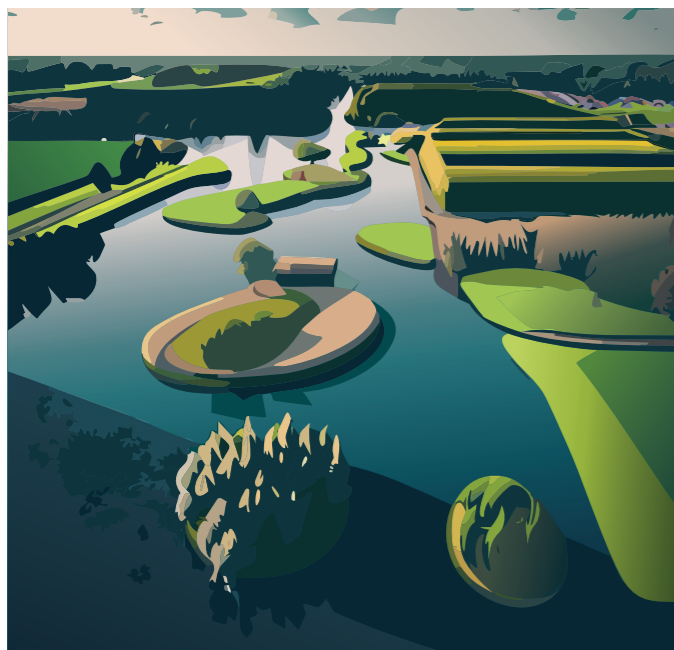
Schaal: Voor natuurlijke zoetwaterberging is een aanpak op landschapsschaal nodig. De effectiviteit van deze maatregel kan alleen worden geborgd als in het hele stroom- of peilgebied samenhangende maatregelen getroffen worden.^[91]

Kosten

Land: Onder de streep houdt deze NbS in dat er meer ruimte voor water moet komen. Hiervoor is een andere houding ten opzichte van water nodig. Natuurlijke zoetwaterberging kan grote ruimteclaims leggen in een gebied, maar dat hoeft niet als er anders omgegaan wordt met water. Denk aan boeren die hun teelten kunnen aanpassen of aan kavelruil doen waardoor een boer die benedenstrooms te kampen heeft met verdroging naar middenstrooms verplaatst, waar door hermeandering meer water beschikbaar is. De vrijgekomen landbouwgrond kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor natte natuur, wat weer recreatiemogelijkheden biedt.

Realisatie: De realisatiekosten van zoetwaterberging verschillen erg, afhankelijk van omvang van het maatregelenpakket, wat weer afhankelijk is van de mogelijkheden in het gebied. Zo blijkt uit een inventarisatie van hermeanderingenprojecten in waterschap Regge en Dinkel dat de gemiddelde prijs per hectare rond de €50.000 euro ligt. De grootste kostencomponent is de grondaankoop.^[92]

Onderhoud en beheer: Deze NbS gaat uit van het terugbrengen van zoveel mogelijk natuurlijke dynamiek waarvoor geen beheer en onderhoud wenselijk is, zodat er ruimte blijft voor aanpassing aan veranderingen in omstandigheden zoals het klimaat. Ook inundatiegebieden kunnen door natuurlijke successie ontwikkelen tot bijvoorbeeld een elzenbroekbos. Dit heeft nauwelijks effect op de bergingscapaciteit. Volledig natuurlijk systeemherstel is onmogelijk vanwege de reeds aanwezige landgebruiksfuncties in een gebied, waardoor beperkt onderhoud en beheer niet uitgesloten is.



Voorbeelden

[Kempen-Broek](#) - Gebiedsontwikkeling om natuurgebieden te verbinden en water beter vast te houden

[Klimaatbuffer de Onlanden](#) - Natuurgebied ingericht om water vast te houden en natuur te ontwikkelen ⁸²

[Schoonwatervallei Castricum](#) - Natuurlijke klimaatbuffer om de zoetwatervoorraad te vergroten en natuur te verbeteren ⁸²

Referenties

- 1) Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, & Waterstaat, M. van I. en. (2022, July 7). *Herstel Natuurlijke Dynamiek*. PAGW. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.pagw.nl/hoe-we-werken/herstel-getijdedynamiek>
- 2) Bakker, E. S. (2018). *Rewilding Nederland*. In *Natuur in Nederland : Beheren, behouden of beheersen?* Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij; Vol. 37, Nr. Cahier 4. Stichting Biowetenschappen en Maatschappij.
- 3) Neefjes, M. (2010, January). *De visie van Kees de Ruiter*. Vakblad Natuur Bos Landschap.
- 4) M.E. Sanders, R.J.H.G Henkens, , J.A. Veraart, I. Woltjer, , J.G.M. van der Gref-van Rossum , & J. Clement. (2016). (rep.). *Kansen voor ontwikkeling van robuuste natuur in Nederland*.
- 5) Helpdesk water. (n.d.). *Terugbrengen Dynamische Natuur met Integrale aanpak*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: [https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/nationaal/nationaal-water-programma-2022-2027/nationaal-water-programma-2022-2027/terugbrengen-dynamische-natuur-integrale-aanpak/#:~:text=Bureau%20Stroming%20wil%20de%20\(water,die%20dynamiek%20terug%20te%20brengen](https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/nationaal/nationaal-water-programma-2022-2027/nationaal-water-programma-2022-2027/terugbrengen-dynamische-natuur-integrale-aanpak/#:~:text=Bureau%20Stroming%20wil%20de%20(water,die%20dynamiek%20terug%20te%20brengen).
- 6) Doorn-Hoekveld, W., Gilissen, H.K., van Rijswijk,H., Freriks, A., & van Loon-Steensma, J. (n.d.). *Kansen en Aandachtspunten voor nature-based solutions in Voorlanden*.
- 7) UK parlement. (2016, October). *Green space and health - . researchbriefings*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0538/POST-PN-0538.pdf>
- 8) WWF.nl. (n.d.). *Biodiversiteit: Wat Betekent Het voor ons?*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.wwf.nl/wat-we-doen/focus/biodiversiteit>.
- 9) Staatsbosbeheer. (n.d.). *Gezonde riviernatuur*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.staatsbosbeheer.nl/wat-we-doen/waterriviernatuur>
- 10) van Wijk, R. (2023, May 4). *De Kerf & Parnassiavallei - Schoorlse duinen*. Noord-Hollandse Duinen. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.noordhollandseduinen.nl/schoorl/de-kerf-parnassiavallei/>
- 11) Ark Rewilding Nederland (n.d.). *Natuurontwikkeling*. Natuurontwikkeling | ARK Rewilding Nederland. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://arkrewilding.nl/natuurontwikkeling>
- 12) Natuurkennis. (n.d.). *Begrazing*. - Het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN). Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.natuurkennis.nl/thema-s/begrazing/begrazing/typen-beweiding/>
- 13) ARK Rewilding Nederland (n.d.). *Natuurlijke begrazing Voor Meer Variatie*. Natuurlijke begrazing voor meer variatie (n.d.). Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://arkrewilding.nl/natuurontwikkeling/natuurlijke-processen/natuurlijke-begrazing>
- 14) NH Nieuws. (n.d.). *Duindoorbraak Schoorl: "De Kerf was twintig Jaar Geleden wereldnieuws."* Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/206956/Duindoorbraak-Schoorl-De-Kerf-was-twintig-jaar-geleden-wereldnieuws>
- 15) Arrigoni, A., Pelosato, R., Melià, P., Ruggieri, G., Sabbadini, S., & Dotelli, G. (2017). *Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks*. Journal of Cleaner Production, 149, 1051-1061.
- 16) Ministerie van Binnenlandse Zaken. (2022, February 2). *Wat is Biobased Bouwen?*. Projecten | College van Rijksadviseurs. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/projecten/nieuwe-bouwcultuur/voorbeeldprojecten/wat-is-biobased-bouwen>
- 17) Wageningen University & Research (n.d.) *De nieuwe bouwmaterialen komen van het land*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.wur.nl/nl/show-longread/de-nieuwe-bouwmaterialen-komen-van-het-land.htm>
- 18) Lesschen, J. P., Reijs, J., Vellinga, T., Verhagen, J., Kros, H., de Vries, M., ... & Daatselaar, C. (2020). *Scenariostudie perspectief voor ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050* (No. 2984). Wageningen Environmental Research.
- 19) Well, C. L. M., Koole, A., & Planet, K. (2023). *Hennep voor langdurige koolstofopslag*.
- 20) Schik, W., Meijer, K., Verkerk, D., Paardekooper, D., Grim, L., Peek, T. (2022). *De urgente belofte van biobased bouwen*. Arcadis. Referentie: 10592578
- 21) Staatsbosbeheer (2021). *Heijmans en Staatsbosbeheer starten samenwerking op duurzaam bouwen*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/nieuws/2021/12/duurzaam-bouwen-heijmans>
- 22) Boeren voor biobased bouwen (n.d.) *Ketensamenwerking van plant tot pand in de Stedendriehoek*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://boerenvoorbiobasedbouwen.nl/>
- 23) Tala (2021). *Houtbouw – van nature klimaatadaptief*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.tala.nl/houtbouw-van-nature-klimaatadaptief/>
- 24) Kousis, I., & Pisello, A. L. (2020). *For the mitigation of urban heat island and urban noise island: two simultaneous sides of urban discomfort*. Environmental Research Letters, 15(10), 103004.
- 25) Studio Marco Vermeulen, 2020. *Ruimte voor Biobased Bouwen Strategische Verkenning*.
- 26) Smits, M.J., Andrew Dawson, A., Dijkshoorn-Dekker, M., Ferwerda-van Zonneveld, R., Rolf Michels, R., Gerard Migchels, G., Polman, N., Schrijver, R., Sukkel, W. (2020). *Verrijken, benutten en sparen – Bewegen richting natuurinclusieve landbouw*. <https://edepot.wur.nl/525408>
- 27) Van Doorn, A., Erisman, J. W., Melman, D., Van Eekeren, N., Lesschen, J., Visser, T., & Blanken, H. (2019). *Drempel en streefwaarden voor de KPI's van de Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij : Normeren vanuit de ecologie*. <https://doi.org/10.18174/505122>
- 28) WUR (n.d.). *Dossier Klimaatlimme landbouw*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.wur.nl/nl/dossiers/dossier/klimaatlimme-landbouw.htm#:~:text=Met%20klimaatlimme%20landbouw%2C%20ofwel%20'Climate,aangepast%20aan%20een%20veranderend%20klimaat>.
- 29) Rijksoverheid (2023). *Snel aan de slag! IBO biodiversiteit*.
- 30) van der Scheer, H. en Blacquièrre, T. (2021). *Het belang van natuur in landbouwgebieden*. In Bijhouden 2021-1
- 31) WUR (n.d.) *'De natuur heeft haar eigen schaal' – interview Dirk van Apeldoorn in Kringlooplandbouw WUR*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://kringlooplandbouw.wur.nl/kringlooplandbouw/biodiversiteit-akkerbouw?overlay=Biodiversiteit-Akker-DirkvanApeldoorn>
- 32) RIVM (2021). *Veehouderij en Gezondheid*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.rivm.nl/veehouderij-en-gezondheid>
- 33) Wageningen Livestock Research (2023). *Biologische Landbouw: beter voor natuur en klimaat*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/biologische-landbouw-beter-voor-natuur-en-klimaat.htm>
- 34) PAGW (n.d.) *Terugkeer van intergetijdengebied en verbetering waterkwaliteit*. Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.pagw.nl/hoe-we-werken/herstel-getijdedynamiek#:~:text=waterpeil%20en%20overstromingen>.
- 35) Rijkswaterstaat (n.d.) *Zoet-zoutovergangen*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/zoet-zoutovergangen#:~:text=In%20een%20natuurlijk%20landschap%20is,zich%20in%20zoet%20water%20voortplanten>
- 36) Klimaatbuffers (n.d.) *Natuurlijke klimaatbuffers*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.klimaatbuffers.nl/klimaatbuffers/levende-kust>
- 37) NOAA (n.d.). *What is blue carbon?* National Oceanic and Atmospheric Administration. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/bluecarbon.html>
- 38) van der Jagt, H. A., van Duin, W.E., Hoefsloot, G. (2020). *Blue carbon in Peazemerlannen*. Artimisia Kwelderonderzoek. Bureau Waardenburg.
- 39) van Belzen, J.; Bouma, T.J. & Ysebaert, T. (2020). *Blue Carbon in het Verdrongen Land van Zuid-Beveland*. NIOZ Report 2020-03. NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research: Yerseke. 63 pp. <https://doi.org/10.25850/nioz/7b.b.z>
- 40) Linkitconsult (2011). *Veiligheidsplan Oesterdam – uitvoeringsplan*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: https://deltaexpertise.nl/images/b/bf/Uitvoeringsplan_Oesterdam_Veiligheidsbuffer.pdf
- 41) Vos, C.C. & Opdam, P. (2022). *Groenblauwe dooradering voor natuurinclusieve landbouw en een biodivers platteland*. Stichting Landschapsnetwerk Brummen
- 42) Groenblauwe Gebiedsgerichte Aanpak. (n.d.). *Groenblauwe Gebiedsgerichte Aanpak*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.ggagroenblauw.nl/overgga/over/default.aspx>
- 43) Hiemstra, J. A. (2018). *Groen in de stad: Klimaat en temperatuur*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/460543>
- 44) European Commission. (n.d.). *Enhancing agricultural biodiversity*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability/environmental-sustainability/biodiversity_en
- 45) Hiemstra, J. A., van Kuik, A. J., & Coolen, S. (2018). *Groen in de stad: Biodiversiteit*. WUR. <https://edepot.wur.nl/460542>
- 46) Brunt, C. (2022, Juli 18). *Hittepolitiek: Arme wijk, warme wijk*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.oneworld.nl/klimaat/hittepolitiek-arme-wijk-warme-wijk/>
- 47) Verdonschot, Piet F.M. (2009). *Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting*. Wageningen. Alterra-rapport 1856: Alterra.
- 48) Wageningen University & Research. (n.d.). *Ziekten overgedragen door insecten*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.wur.nl/nl/dossiers/dossier/ziekten-overgedragen-door-insecten.htm>

- 49) Samen voor Biodiversiteit. (2022). *Aanvalsplan Landschap: Realisatie van 10% groenblauwe dooradering*. Samen voor Biodiversiteit.
- 50) Atlas Natuurlijk Kapitaal. (2021, Augustus 12). *Groene Baten Planner laat zien dat groen géén kostenpost is*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/nieuws/groene-baten-planner-laait-zien-dat-groen-geen-kostenpost-is>
- 51) Gemeente Breda. (n.d.). *Subsidie voor het vervangen van tegels door planten*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.breda.nl/subsidie-voor-het-vervangen-van-tegels-door-planten>
- 52) Atlas Natuurlijk Kapitaal. (n.d.). *Groen in de stad: Beheer*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/praktijkvoorbeelden/dossier/groen-in-de-stad-beheer>
- 53) KNMI (2023). *KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland*. KNMI: De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.
- 54) NIOZ. (n.d.). *Levende dijken zijn groen en groeien mee met de zeespiegel*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.nioz.nl/en/blauwe-route/nieuws/levende-dijken-zijn-groen-en-groeien-mee-met-de-zeespiegel>
- 55) Waterveiligheidslandschappen. (n.d.). *Waterveiligheidslandschappen*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://waterveiligheidslandschappen.nl/>
- 56) Staatsbosbeheer. (n.d.). *Natuurgebied Schoorlse Duinen*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.staatsbosbeheer.nl/uit-in-de-natuur/locaties/schoorlse-duinen/over-de-schoorlse-duinen>
- 57) Elschot, K., van Puijenbroek, M., Lagendijk, G., van der Wal, J., & Sonneveld, C. (2020). *Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018)*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOT-technical report 182.
- 58) De Leeuw, C.C., M. van Til, C.J.S. Aggenbach & S.M. Arens (2019). *Kleinschalige verstuuving voor herstel van Grijze duinen*. OBN Deskundigenteam Duin- en Kustlandschap. KNNV Uitgeverij, Zeist. OBN/VBNE, Driebergen.
- 59) Fleming, L., Maycock, B., White, M., & Depledge, M. (2019). *Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century*. *People Nat.*, 276-283.
- 60) Atlas Natuurlijk Kapitaal. (n.d.). *Kustbescherming*. Geraadpleegd op 30-01-2024 via: <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/natuurlijk-kapitaal/kustbescherming>
- 61) Ecorys (2021). *Onderzoek naar de economische en sociale meerwaarde van de Zandmotor*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: https://23g-sharedhosting-zandmotor.s3.eu-west-1.amazonaws.com/app/uploads/2021/06/21114924/Ecorys-Eindrapport-Meerwaarde-Zandmotor_29062021.pdf
- 62) Britton, E., Kindermann, G., Domegan, C., Carlin, C. (2020). *Blue care: a systematic review of blue space interventions for health and wellbeing*. *Health Promotion International*, 35(1), 50-69. <https://doi.org/10.1093/heapro/day103>
- 63) Depledge, M., Harvey, A.J., Brownlee, C., Frost, M., Moore, M.N., Fleming, L.E. (2013). *Changing Views of the Interconnections Between the Oceans and Human Health in Europe*. *Microbial Ecology*, 65, 852-859. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0173-0>
- 64) Doorn-Hoekveld, W. van, Gilissen, H.K., Rijswick, H. van, Freriks, A., Loon-Steensma, J. van (2023). *Kansen en aandachtspunten voor nature-based solutions in voorlanden*. H2O.
- 65) Rijkswaterstaat (n.d.). *Ruimte voor de rivieren*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren>
- 66) Wereld Natuur Fonds (2022). *Het onthaasten van water: hoe Nature Based Solutions helpen tegen wateroverlast en tegelijk tegen droogte*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: https://www.wwf.nl/globalassets/pdf/artikelen/artikel-wwf_nbs_droogte_overstroming-2.pdf
- 67) Klimaateffectatlas (n.d.). *Basiskaart Natuurlijk Systeem*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/basiskaart-natuurlijk-systeem-nederland>
- 68) Rijkswaterstaat (n.d.). *Beheer van uiterwaarden: Voor een veilig en natuurlijk rivierengebied*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/beheer-van-uitwaerden-voor-een-veilig-rivierengebied>
- 69) Ter Voorde, M. & Velstra, J. (2009). *Leven met Zout Water: Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting*. Acacia Water, Leven met Water en STOWA. ISBN: 978.90.5773.455.7
- 70) Born, G. J. van den, Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Bommel, B. van, Sluis, S. van der, Polman, N., Bos, E., Kuhlman, T., Kwakernaak, C., Akker, J. van den, Diogo, V., Koomen, E., Lange, G. de, Bakel, J. van, & Brinke, W. B. M. ten. (2016). *Dalende bodems, stijgende kosten : mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied: beleidsstudie* (Ser. Pbl-publicatie / planbureau voor de leefomgeving, nummer: 1064). Planbureau voor de Leefomgeving.

- 71) Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (n.d.). *Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: <https://www.nobveenweiden.nl/>
- 72) Hunink, J., Schasfoort, F., Pouwels, J., & Mens, M. (2021). *Effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening*. Deltares.
- 73) Possen, B.J.H.M., B. van der Weijden, J. van Dijk, H. de Mars, M. Wassen en T. van den Broek, 2021. *Naar vernatting ten behoeve van natuurontwikkeling en -herstel binnen Natura 2000 en Natuurnetwerk Nederland: Sturende factoren en processen die de kansrijkdom bepalen*. Rapport nummer 2021/OBN247-LZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen
- 74) Fouw, J. de, Hut, R.M.G van der, Bakker, E.S., Smolders, A.J.P., Winden, J. van der & Westendorp, P.J (2021). *Inrichting, ontwikkeling en beheer van moerassen op voormalige landbouwgrond: Een eerste verkenning van de ontwikkeling van eutrofe moerassen*. Rapport nummer 2021/OBN249-LZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.
- 75) Visser, T. (n.d.). *De waarde van greppel plas-dras percelen voor weidevogels*. Wageningen University and Research. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: <https://edepot.wur.nl/571723>
- 76) Hoving, I. E., Van den Akker, J. J. H., & Pleijter, M. (2009). *Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang* (No. 188). Wageningen Livestock Research.
- 77) Verdonschot P.F.M. (2018) *34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting*. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 35 pp.
- 78) Kool, E. de, Bradaczek, R., Diersmann, M., Verstand, D. (2023). *Inspirerende verdienmodellen voor een klimaatbestendig gebied Grote Molenbeek-Mariapeel*. KLIMAP, Wageningen University and Research. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: https://www.klimap.nl/images/Bestanden/Verdienmodellen_KA_GroteMolenbeek-klein.pdf
- 79) Berkhout, P., Jellema, A., Nannes, J.E. (2023). *Ecosysteemdiensten: van tegemoetkoming in de onkosten naar verdienmodel*. Wageningen Economic Research (2023-055) - 20p.
- 80) Klimaatbestendige Stad NKWK (n.d.). *Stedelijke Waterkwaliteit, Klimaat en Adaptatie*. Geraadpleegd op 05-02-2024 via: https://klimaatadaptatienederland.nl/publish/pages/206323/i-report-stedelijke-waterkwaliteit-klimaat-en-adaptatie-nkww-8-12-2022_1.pdf
- 81) Kennisportaal Klimaatadaptatie. (n.d.). *Wat is de invloed van Klimaatverandering op de ecologische kwaliteit?* Klimaatadaptatie Nederland. Geraadpleegd op 23-10-2023 via: <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/stedelijke-waterkwaliteit/invloed-klimaatverandering-ecologische-kwaliteit/>
- 82) Rijkswaterstaat (n.d.). *Zoetwater en waterbeschikbaarheid*. Kenniscentrum InfoMil. Geraadpleegd op 09-01-2024 via: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/>
- 83) Rijkswaterstaat (n.d.). *Ecologische waterkwaliteitsdoelen*. Kenniscentrum InfoMil. Geraadpleegd op 09-01-2024 via: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/waterkwaliteit/ecologische/>
- 84) Rijkswaterstaat (n.d.). *Chemische waterkwaliteitsdoelen*. Kenniscentrum InfoMil. Geraadpleegd op 09-01-2024 via: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/waterkwaliteit/chemische/>
- 85) Compendium voor de Leefomgeving (2022). *Waterkwaliteit KRW*. Geraadpleegd op 10-01-2023 via: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1438-kwaliteit-oppervlaktewater-krw>
- 86) Schuijt, L., Van Bergen, T. J. H. M., Verdonschot, P., Smolders, F., & Lamers, L. P. M. (2018). *Waterzuivering & bio massaproductie : Complementaire waterzuivering met planten en dieren - Fase 1*. Wageningen University & Research.
- 87) Schijven, J. F., Colin, M., Dullefont, Y., Hijnen, W. A. M., Magic-Knezev, A., Oorthuizen, W... & de Roda Husman, A. M. (2008). *Verwijdering van micro-organismen door langzame zandfiltratie*. RIVM rapport 330204001.
- 88) Van Schie, F., Dietz, L., van der Meer, T. V., Hendriks, L., Beekelaar, H., van de Geest, J... & van der Zandt, E. (2023). *Van zuiveren naar oogsten: Rapportage fase 2 (2018-2022)*. Wageningen University & Research, Stichting Wageningen Research.
- 89) Kennisportaal Klimaatadaptatie. (n.d.). *Wat is de invloed van klimaatverandering op de gebruikskwaliteit?* Geraadpleegd op 20-09-2023 via: <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/stedelijke-waterkwaliteit/invloed-klimaatverandering-gebruikskwaliteit/>
- 90) Bestman, M., Geurts, J., Egas, Y., van Houwelingen, K., Lenssinck, F., Koornneef, A... & van Eekeren, N. (2019). *Natte teelten voor het veenweidegebied*. Bunnik: LouisBolk.
- 91) Kennisnetwerk OBN (n.d.). *Beekdallandschap*. Geraadpleegd op 29-11-2023 via: <https://www.natuurkennis.nl/landschappen/beekdallandschap/beekdallandschap/herstel-en-inrichting-1/>
- 92) Hattum, T. van, & Maas, G. (2013). *Van recht naar krom : onderzoek naar de doeltreffendheid en doelmatigheid van het beleid voor de (her)inrichting van watersystemen bij waterschap regge en dinkel*. Ser. Alterra-rapport, 2432. Alterra Wageningen UR.

Colofon

Auteurs

Daan Verstand, Mirre Berkhof, Marieke de Haas, Noortje Pellens, Ilse Voskamp, Menno Diersmann

Fotografie

Shutterstock.com

Lisanne Hendriks (p. 23)

Graphics & Vormgeving

Menno Diersmann



Wageningen University & Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
