



Water vasthouden en bergen op landbouwpercelen

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING
6. KOSTEN EN BATEN
7. RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES
8. GOVERNANCE
9. PRAKTIJKERVERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN
10. KENNISLEEMTEN
11. BRONNEN & LINKS
12. COLOFON
13. DISCLAIMER

1. Inleiding

Deze Deltafact gaat over het vasthouden en (tijdelijk) bergen van water op maaiveld en in het oppervlaktewatersysteem in de directe omgeving van landbouwpercelen. Voor de landbouw is water een belangrijke productiefactor. Daarom is aan de droge kant de beschikbaarheid van voldoende zoet water en aan de natte kant een goede ontwateringssituatie van belang. De verwachting is dat als gevolg van klimaatverandering we in Nederland steeds vaker te maken krijgen met zowel watertekorten als wateroverlast, waardoor schade aan landbouw en natuur kan ontstaan. Dit vraagt om een transitie in functie en gebruik van het water- en bodemsysteem. Het vasthouden en bergen van water op en rond landbouwpercelen

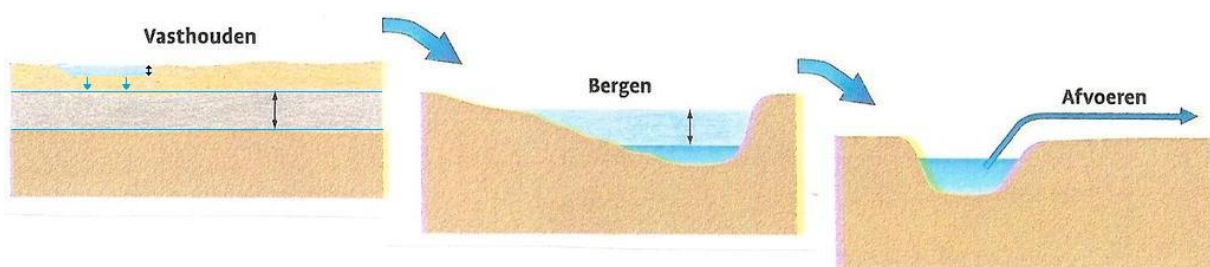
komt in deze Deltafact aan bod. Wat betekent dit op het perceel en in het hele stroomgebied? En wat weten we van het hydrologisch en economisch rendement hiervan bij droogte of wateroverlast?

2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts

Deltafacts: [Bodem als buffer](#), [Bodemorganische stof](#), [Regelbare Drainage](#), [Droogte stuurt functies](#), [Effecten klimaatverandering op landbouw](#), [Water en Ruimtelijke Ordening](#), [Water en Omgevingswet](#), [Zoetwater zelfvoorzienendheid van de landbouw](#), waterberging in natuur

3. Strategie

De [Commissie WB21, 2000](#) kwam met de trits “water vasthouden”, “water bergen” en “water afvoeren”, gerangschikt naar prioriteit. De drietrapsstrategie (Figuur 1) was bedoeld om hemelwater niet direct af te voeren uit een gebied en overlast benedenstrooms tegen te gaan. De lange-termijn strategie uit het begin van dit millennium is in de afgelopen twintig jaar verder vorm gegeven in o.a. het Nationaal Water Plan en het Deltaprogramma. In die periode is ook het vasthouden om droogte te voorkomen steeds belangrijker geworden.



Figuur 1. De drietrapsstrategie (Commissie WB21, 2000).

Voor vasthouden en bergen worden in beleid en literatuur verschillende definities door elkaar gebruikt, in deze Deltafact volgen we daarom zoveel mogelijk de definities van ([van der Gaast et al., 2002](#)). Bij het vasthouden van water wordt het neerslagoverschot (tijdelijk) opgeslagen op of in de bodem en wordt de afvoer uit de ‘haarvaten’ van het regionale watersysteem vertraagd. Hierbij kan vasthouden verschillende doelen hebben: 1) gericht op toekomstige gebruik en voorkomen droogte

en 2) reduceren van (piek)afvoeren en wateroverlast. Het bergen van water heeft betrekking op de afwatering: zodra het water de percelen heeft verlaten en zich bevindt in watergangen die door een waterschap worden beheerd spreken we van 'bergen' ([van der Gaast et al., 2002](#)). Water bergen is water een periode parkeren in het oppervlaktewatersysteem om het daarna gecontroleerd via het oppervlaktewater systeem af te voeren met als doel reductie van piekafvoeren en voorkomen van wateroverlast. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de kenmerken van water vasthouden en bergen.

Tabel 1. Kenmerken van water vasthouden en bergen ([van der Gaast et al., 2002](#)).

	Vasthouden		Bergen
	Voor toekomstig gebruik (tegen droogte)	Voor piekreductie (tegen overlast)	
Doelstelling	Sparen van water voor droge perioden	Reductie piekbelasting oppervlaktewatersysteem	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
Hydrologisch concept	Bevorderen infiltratie door tijdelijke aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).	Vertragen van de afstroming uit een watersysteem aan de bron van een watersysteem.	Opslag van water tussen bron en uitgang van een watersysteem in en rondom primaire waterlopen.
Voorbeelden maatregelen	Aangepast stuw- en peilbeheer, verwijderen of verondiepen drainage.	Aanleggen 'boerenstuw-tjes', verlagen slootbodems, creëren extra niet-afvoerend oppervlaktewater in haarvaten.	Aangepast stuw- en peilbeheer, herprofilering van waterlopen en aanleg van bergingsgebieden.

Voor de landbouwsector is met name het water vasthouden voor later gebruik interessant, om droogte tegen te gaan. We kennen drie vormen van water vasthouden om droogte tegen te gaan:

- 1) Water vasthouden in de onverzadigde zone van de bodem (0 tot 120 cm-maaiveld). Dit water zal door verdamping de bodem weer verlaten.

- 2) Water vasthouden in het grondwatersysteem. Water dat door de bodem infiltreert naar het grondwater of water dat door maatregelen in of aan perceelsslotten niet tot afvoer kan komen. Dit zorgt voor grondwaterstandsverhoging en meer stroming door het langzame grondwatersysteem. De crux is dat je water in het langzame grondwatersysteem brengt en niet snel afvoert via het oppervlaktewatersysteem.
- 3) Water vasthouden op landschapsniveau. Water dat oppervlakkig afstroomt of in haarvaten van het systeem afstroomt tegen houden door maatregelen in het landschap en zorgen dat dit weer infiltreert naar de bodem en/of het grondwatersysteem

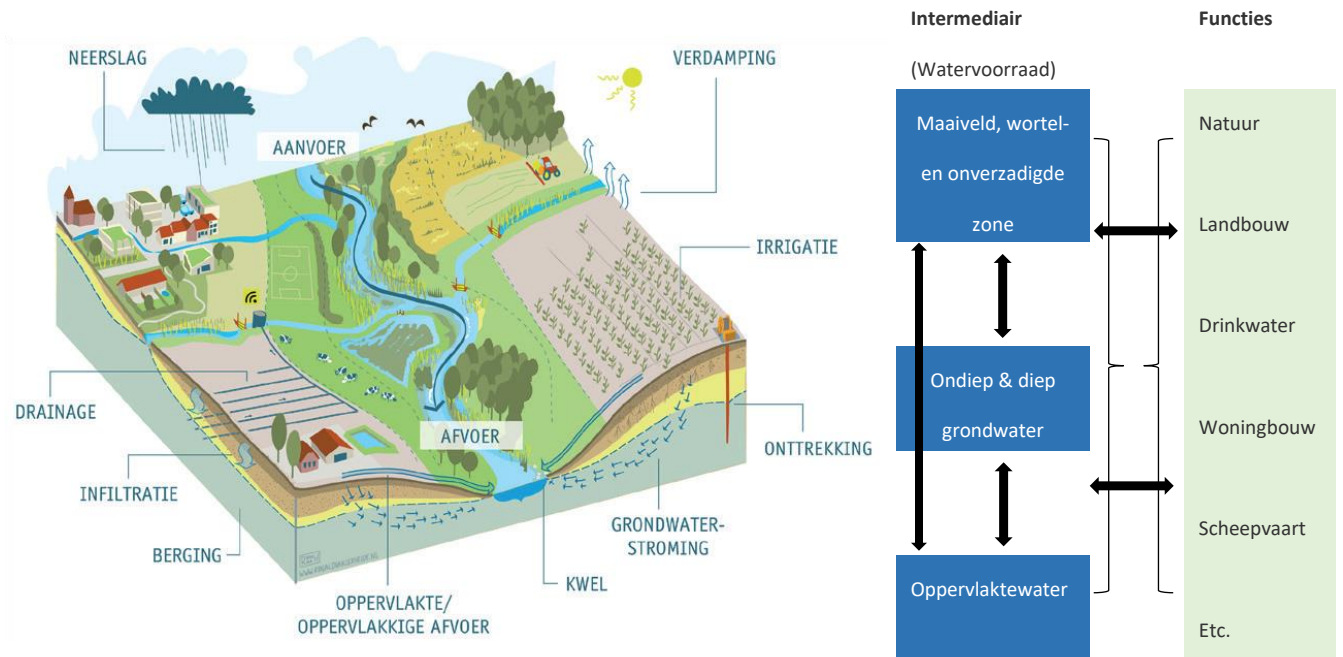
Naast optimaal aanpassen ook transities in landgebruik en waterbeheer

In de beleidsdiscussie rondom 'Water en Bodem Sturend' wordt gezocht naar verdere invulling van een transitie naar een duurzaam en klimaat robuust bodem- en watersysteem ([Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022](#)). Het effect van waterberging en vasthoud maatregelen kan in de toekomst groter zijn dan in de huidige situatie wanneer naast aanpassingen in de agrarische bedrijfsvoering ook grote veranderingen plaatsvinden bij het gebruik van onze bodem en het beheer van de waterlopen. De overstap van akkerbouw naar bijvoorbeeld natte teelten of agrarisch natuurbeheer zijn meer dan een aanpassing. De betrokken ondernemers passen dan niet hun bedrijfsvoering aan, maar schakelen over naar een ander bedrijfsmodel (transformatie), gericht op andere markten, productieketens en verdienmodellen die heel andere vaardigheden vragen dan de traditionele bedrijfsvoering. De waterbeheerders zullen niet alleen moeten inspelen op dit soort transitie in de agrarische sector, maar ook op transitie in andere waterafhankelijke sectoren. De optelsom van alle sectorale transitie zal een andere speelruimte geven voor bijvoorbeeld peilbesluiten en ruimtelijke ordening in de toekomst dan in de huidige situatie ([Deltafact Water en Ruimtelijke Ordening](#)).

4. Schematische weergave

Water vasthouden en bergen in landbouwgebieden kan plaatsvinden op het perceel, in de bodem, het grondwater of in het oppervlaktewater en heeft een directe interactie met andere waterhuishoudkundige factoren in een stroomgebied (Figuur 2). De grootte van de watervoorraden hangt af van de uitwisseling tussen de verschillende onderdelen van de waterbalans: klimaat, landgebruik (landbouw, natuur of

bebouwing), bodem (zand, klei, veen, leem, etc.), geohydrologie, ontwatering en de vorm van de afwatering. Water vasthouden en bergen kunnen beïnvloed worden met verschillende maatregelen om de watervoorraden te vergroten (hoofdstuk 5). Functies hebben invloed op het bodem en watersysteem en daarmee op de grootte van de watervoorraad en andersom.



Figuur 2 Hydrologische processen (links, Programma Lumbricus, 2021) die de watervoorraad en mogelijkheden voor water vasthouden en –berging (rechts) in een stroomgebied bepalen.

5. Werking

Peilbeheerste en vrij afwaterende gebieden

De hydrologische interactie tussen oppervlaktewater, grondwater en bodem is van essentieel belang bij het uitwerken van maatregelen voor 'vasthouden' en 'bergen' en is afhankelijk van de beheersbaarheid van de waterlopen. In Nederland zijn verschillende typen beheersbaarheid te onderscheiden waaraan de interactie tussen 'vasthouden' en 'bergen' gerelateerd is, het gaat dan met name om (1) peilbeheerste gebieden (polders) en (2) vrij afwaterende gebieden.

In peilbeheerste gebieden kan het 'vasthouden' voor een deel worden gerealiseerd met hydrologische maatregelen die door waterbeheerders en agrariërs worden genomen. Dit kunnen maatregelen in het peilbeheer zijn en ook het dichten van watergangen of het verwijderen van buisdrainage. Ook regelbare drainage en drukdrainage zijn voorbeelden van peilbeheerste systemen die niet worden beïnvloed door het peil in

primaire waterlopen. In peilbeheerste gebieden zijn meestal de mogelijkheden voor het vasthouden van water in de bodem beperkt (bijv. door hoge grondwaterstanden in het veenweidegebied) of is dit zelfs ongewenst.

In vrij afwaterende gebieden zijn de mogelijkheden voor vasthouden alleen te realiseren door hydrologische maatregelen op het niveau van een perceel. De mogelijkheden van actief vasthouden zijn beperkter en afhankelijk van o.a. de terreinhelling en mogelijkheden tot stremming van de detailont- en -afwatering. In vrij afwaterende gebieden is het percentage open water veelal beperkt, zodat de mogelijkheden voor oppervlaktewaterberging gering zijn. Maar hier kan bij diepe grondwaterstanden juist wel veel bergingscapaciteit in de bodem aanwezig zijn.

Vasthouden op maaiveld en in de bodem en ondergrond

Het beoogde effect van maatregelen om water in de bodem vast te houden is voorkomen of vertragen van afvoer via het oppervlakte watersysteem via waterlopen. Deze maatregelen worden genomen in de aanwezige ontwateringsmiddelen maar ook in het oppervlaktewaterbeheer, door middel van stuw- en peilbeheer. De effectiviteit van maatregelen is afhankelijk van de invloed en het uitstralingseffect van aanpassingen in ontwateringsmiddelen en peilbeheer op grondwaterstanden. Dit is gerelateerd aan de geohydrologie (waaronder de doorlatendheid van de ondergrond en het verloop in maaiveldhoogte), de dichtheid van waterlopen (i.c.m. de drainageweerstand) en het landgebruik. De hoeveelheid water die in de bodem kan worden vastgehouden is afhankelijk van het gasgevulde poriënvolume van de bodem en daarmee van de bodemopbouw- en eigenschappen en de grondwaterstand. Voor nadere informatie wordt verwezen naar Deltafact [Bodem als buffer](#).

Kwel dan wel wegzijging heeft invloed op het effect van maatregelen gericht op het vasthouden van water in de bodem. Bij het vasthouden van water kan bijvoorbeeld het peil in waterlopen gedurende winter en voorjaar worden opgezet waardoor de grondwaterstanden ten opzichte van de omgeving zullen stijgen. Als dit in kwelgebieden gebeurt betekent dit dat de kweldruk kleiner wordt waardoor de kwelintensiteit terugloopt. Omgekeerd betekent het vasthouden van water in wegzijgingsgebieden een toename van de kwelstroom in het kwelgebied dat door dit wegzijgingsgebied wordt gevoed. Door het vasthouden van water zal grondwater in wegzijgingsgebieden dus in sterkere mate 'weglekken' naar de omgeving (meer wegzijging) of zal in kwelzones minder grondwater toestromen (afname van de kwel).

De mate waarin dit gebeurt wordt sterk beïnvloed door de geohydrologische eigenschappen (kD- en c-waarden) en de geïnduceerde stijghoogteverschillen ([Van der Gaast et al., 2002](#)). Beoordeeld zal moeten worden of de veranderingen in kwel/wegzijging gewenst zijn.

Maatregelen

- Microreliëf en ploegen met hoogtelijnen om maaiveldafvoer te voorkomen.
- Het watervasthoudend vermogen van de bodem vergroten, zie [Bodem als buffer](#);
- Verdichting tegengaan (doorwortelbaarheid bevorderen, geen zware belasting), zie [Bodem als buffer](#);
- Gezond bodemleven, groenbemesters, schimmels stimuleren die samenleven met planten/gewassen, met als gevolg verhoogde watervasthoudend vermogen bodem en verhoogde infiltratiekwaliteit, zie [Bodemorganische stof](#);
- Debiet reducerende kunstwerken in de haarvaten, tertiaire en secundaire waterlopen zoals 'boerenstuwtjes' en skippyballen (knijpen van de detailafwatering), zie bijvoorbeeld [Zoetwater zelfvoorzienendheid van de landbouw](#);
- Slootboderverhoging of dempen van greppels, zie ook [Delsman et al. \(2020\)](#);
- Regelbare drainage en/of infiltratie via drainage; zie [Regelbare Drainage](#).

Het overgrote deel van de ontwatering van het landelijk gebied bestaat niet uit de waterlopen van waterschappen, maar uit slootjes in eigendom van private partijen zoals boeren of natuurterreinbeheerders. Met maatregelen in de haarvaten kan dus een groot oppervlak worden beïnvloed. Door het belemmeren van de ontwatering van percelen in de haarvaten kan (grond)water worden vastgehouden. Dit kan bijvoorbeeld met boerenstuwtjes, skippyballen of kleine stuwtjes voor duikers (Figuur 3), het aanpassen van drainagesystemen, en slootboderverhoging en het dempen van greppels of sloten. Op percelen kunnen bodemmaatregelen worden genomen of de drainage worden aangepast. Een goed voorbeeld van boerenstuwtjes is het gebruiken van de zogenoemde LOP-stuwtjes die vooral in Noord-Brabant en Limburg zijn geplaatst. Deze kunnen actief worden ingezet door tijdens droge(re) perioden de stuw 'op te trekken'. Een passieve vorm van vasthouden kan worden gerealiseerd door deze stuwtjes zodanig te ontwerpen en te dimensioneren dat ze bij hoge afvoeren gaan stremmen bijvoorbeeld stuwtjes met een kleine opening onder de stuwkruin.



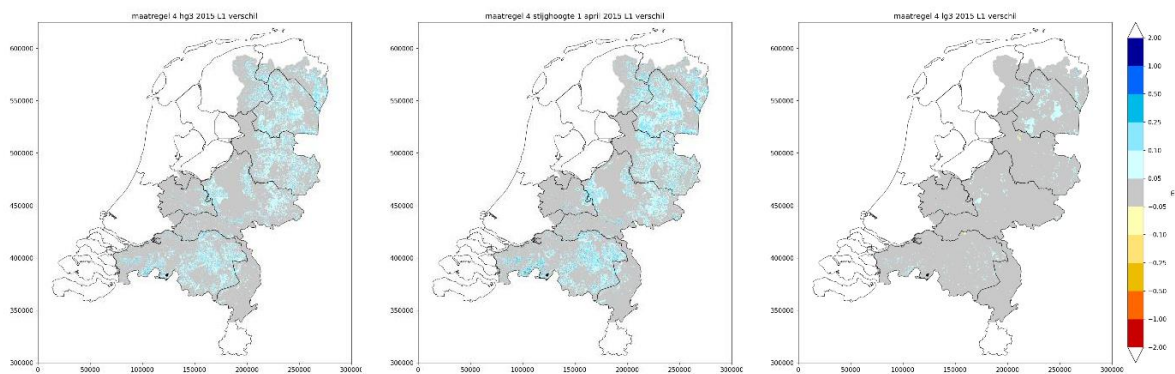
Figuur 3 Het plaatsen van stuwtees voor duikers kan water in kleine watergangen worden vastgehouden. Foto: Vince Kaandorp.

Uit het droogteonderzoek ([Van den Eertwegh et al., 2021](#)) blijkt dat de mogelijkheden om ad-hoc tijdens of net vóór een droogte effectief in te grijpen, beperkt zijn. Daarom zijn structurele aanpassingen van het watersysteem, het waterbeheer en het water- en landgebruik nodig. In het vrij afwaterende gebied zijn slootboderverhoging en het dempen van sloten het meest effectief, omdat dit direct ingrijpt op de ontwateringsbasis en slootafstand ([Van den Eertwegh et al., 2021](#)). Al is in de zomer het effect van alleen een slootboderverhoging zo goed als verdwenen (Figuur 4). Bij een integrale en permanente peilverhoging van 30 cm zijn de in een landelijke modelstudie berekende effecten op de LG3 (2018) 5 tot 25 cm (Figuur 5).

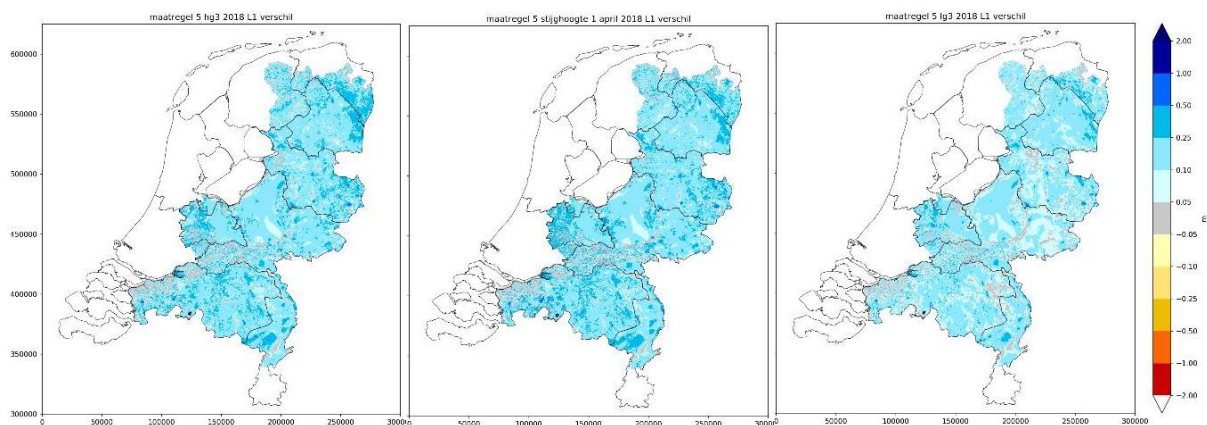
De effecten van maatregelen zijn sterk afhankelijk van de gebiedskenmerken. Deze maatregelen zorgen dus met name voor hogere grondwaterstanden aan het einde van de natte periode (ca. eind maart), aan het begin van het groeiseizoen. Voor de effectiviteit van maatregelen is de samenhang met het risico op wateroverlast van belang. Voorkomen moet worden dat het water dat vanuit de natte periode is vastgehouden of geborgen vroeg in het jaar alsnog wordt afgevoerd. In het verleden

is dit aspect verkend in scenario studie met het SIMGRO-model voor het stroomgebied van de Beerze en Reusel in Noord-Brabant ([Walsum et al., 2002](#)). Uit deze casestudie bleek ook dat waterberging en het vasthouden van water ook implicaties kan hebben op de bodemwater-, grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit.

Wat de modelberekeningen van o.a. [De Louw et al. \(2022\)](#) illustreren is dat er structureel, omvangrijk en grootschalig moet worden ingegrepen om de grondwaterstand, kwel en beekafvoer in de zomer positief te beïnvloeden. Het toepassen van één oplossingsrichting is dan ook niet genoeg, er zal een combinatie van oplossingsrichtingen nodig zijn waarbij aandacht is voor zowel het tegengaan van droogte als wateroverlast.



Figuur 4 Het berekende effect van een slootbodempverhoging van het tertiair ontwateringsstelsel van 30 cm op de HG3, grondwaterstand op 1 april en de LG3 (jaar 2015) (van den Eertwegh, 2021).



Figuur 5 Het berekende effect van een permanente verhoging van 30 cm van het tertiair, secundair en primair ontwateringssysteem op de HG3, grondwaterstand op 1 april en de LG3 (jaar 2018) (van den Eertwegh et al., 2021).

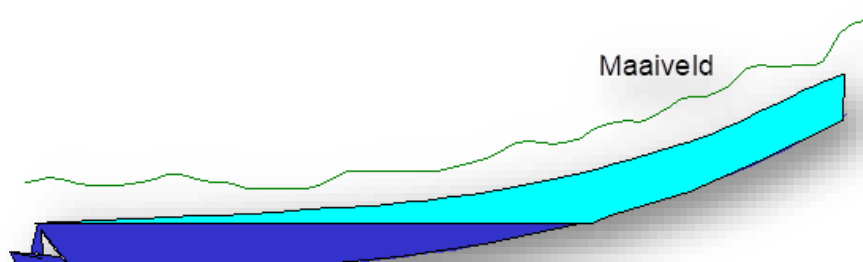
Verbeteren van de waterhuishouding in arme droge zandgronden kan geschieden door het bijmengen van humus- en kleirijke grond in de bovenlaag van het zand. In veldproeven is vastgesteld dat dit kan leiden tot een geringe productietoename bij mais ([Gollenbeek en Hilhorst, 2022](#)). Uit laboratoriumanalyses is gebleken dat waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van vorm veranderen wanneer 5 of 10 cm klei is gemengd in de toplaag (0-20/25 cm) van een zandprofiel (Heinen et al., [2022](#); [2023](#)). Wanneer deze gewijzigde karakteristieken in SWAP-WOFOST simulaties worden gebruikt dan wordt gemiddeld een iets geringere reductie in wateropname voorspeld waardoor er iets minder reductie in gewasproductie wordt gesimuleerd, hetgeen past bij de veldwaarnemingen van [Gollenbeek en Hilhorst \(2022\)](#).

Vasthouden en bergen in het oppervlaktewater

De bergingscapaciteit in waterlopen wordt bepaald door de dichtheid van het netwerk (de totale lengte per oppervlakte-eenheid), de vorm en de afmetingen (breed of smal) en de mogelijkheden voor peilbeheer. Het bergend vermogen van het oppervlaktewatersysteem kan worden vergroot met zowel inrichtings- als beheersmaatregelen. Bij inrichtingsmaatregelen kan gedacht worden aan bijv. herprofilering van waterlopen; bij beheersmaatregelen bijv. aan peilbeheer. Daarnaast bieden sommige gebieden mogelijkheden om water tijdelijk op te slaan in retentiebekkens. De waterberging in de waterlopen kan in de praktijk ook heel tijdelijk zijn wanneer water snel moet worden afgevoerd om wateroverlast te voorkomen. Het peilbeheer kan vooral in hellende gebieden in hoog-Nederland beperkingen hebben. Als de afvoer terugloopt zal zich een min of meer horizontale waterspiegel instellen. Omdat de waterlopen het maaiveld volgen vallen deze bij een horizontale waterspiegel droog en is bergen door stuwbeheer slechts in een beperkt gebied mogelijk; zie Figuur 6. In afvoersituaties met opstuwung zal de mogelijkheid om te bergen groter zijn, dit afhankelijk van de afstand tot waar de stuw opstuwung veroorzaakt.

Maatregelen:

- Extensiveren van het onderhoud van waterlopen, zie ook [Peilen en vegetatie in stromende wateren](#);
- Aangepast peilbeheer; zie ook [Dynamisch Peilbeheer](#);



Figuur 6 De loop van het maaiveld heeft effect op het gebied dat door een stuw wordt beïnvloed.

- Dempen van sloten en slootbodemplafondverhoging, zie bijvoorbeeld [Delsman et al. \(2020\)](#);
- Herprofileren van waterlopen, zie [Bouwen met Natuur bij herstel van beken](#);
- Stuwen in primaire tot tertiaire waterlopen, zie bijvoorbeeld [Dynamisch peilbeheer](#);
- Aanleg van (piek- en/of seizoens)bergingsgebieden. Eventueel in combinatie met [Natte Teelten](#).

Verschillende typen maatregelen zijn mogelijk om de weerstand in het regionale watersysteem te vergroten. Het stremmen van de afvoer in het ontwateringsstelsel (bergen) vindt plaats door middel van beheer (onderhoud) en inrichtingsmaatregelen. Dit leidt dus meestal tot hogere oppervlaktewaterpeilen. Zo kan met stuwen water worden vastgehouden en kan op het waterpeil worden gestuurd. Het verhogen van peilen heeft tot gevolg dat ook de ontwatering wordt gestremd. In gebieden waar de bodemberging niet volledig wordt benut heeft deze maatregel een positief effect. Ook de berging op maaiveld wordt bij verhoging van de drainageweerstand eerder aangesproken. Bij extreme neerslaghoeveelheden kan het verhogen van de drainageweerstand echter een averechts effect hebben; als de berging in de bodem sneller volloopt en leidt tot stroming over maaiveld dan leidt dit tot een verhoging van de afvoerpiek. De voorgeschiedenis is bij deze extreme neerslagsituaties bepalend voor de nog beschikbare bergingscapaciteit in de bodem. Maatregelen dienen daarom altijd beoordeeld te worden op effecten op zowel afvoer tijdens piekbuien als droogteschade tijdens droge(re) perioden.

6. Kosten en baten

Introductie

Beschikbaarheid van water is een economische productiefactor voor de agrarische sector, naast arbeid, machines en beschikbare energie voor waterbeheer op het perceel. Zowel optredend watertekort als wateroverlast op het perceel kan tot opbrengstderving leiden. Maatregelen op het perceel gericht op het vasthouden en bergen van water zijn een investering van de agrarisch ondernemer en maatregelen in de omliggende watergangen of omliggende gebieden zijn een investering van het waterschap. Daarnaast zal het effect van een maatregel op perceel niveau afhangen van de keuzes die omliggende grondeigenaren maken in een gebied.

Naast het voorkomen van opbrengstderving is de vraag dus ook relevant hoeveel er geïnvesteerd moet worden per kubieke meter gerealiseerde waterberging of het vasthouden van water. Voor agrariërs en hun financiers (bijvoorbeeld kredietverstrekkers zoals banken of subsidieverleners) is de vraag relevant of deze investering in verhouding staat tot de verwachten baten. Ondernemers die teelten hebben met een hoog rendement (bijvoorbeeld fruit of sierboomteelt) kunnen een investering in waterberging sneller terugverdienen dan ondernemers met een lagere opbrengst (in euro's) per hectare (denk aan bijvoorbeeld akkerbouw).

De waterbeheerder moet bovendien het belang voor de landbouw afwegen tegen het belang van andere maatschappelijke functies die watergangen ook vervullen, zoals natuur, recreatie, woningbouw, industrie, drinkwaterproductie of scheepvaart.

Inzichten over investeringskosten per maatregel uit de praktijk

In tabel 2 staat een overzicht van kosten van maatregelen uit hoofdstuk 5 uitgesplitst naar agrarisch ondernemer (tabel 2a) en waterbeheerder (tabel 2b). De volgende kanttekeningen zijn te plaatsen bij de tabel:

- De gepubliceerde inzichten dateren van voor de COVID en de energiecrisis;
- Het rendement per kubieke meter waterberging is op perceel niveau niet goed te bepalen omdat dit afhangt van de som van maatregelen op regionaal niveau en ontwikkelingen in de regionale watervraag;
- de kosten voor de waterbeheerder zijn sterk afhankelijk van de schaal en het relatief belang van het vasthouden van water en berging van de agrarische sector in vergelijking tot andere watergebruikers.

Om dit te ondervangen zijn de maatregelen gerangschikt van lage naar hoge kosten en zijn voorbeelden genoemd die inzicht geven over de kosten.

Tabel 2a. Maatregelen en kosten voor de landbouwer, gerangschikt van lage naar hoge kosten.

Maatregel	Inzichten over kosten (casuïstiek)	Toelichting
Tijdelijke berging op een perceel in landbouwkundig gebruik. De ervaring leert dat het structuurrijke gras kan dienen als voer voor droge koeien en jongvee.	Investering 1500 tot 2000 euro per ha (Vechtstromen, 2014)	Maatregel ter voorkoming van wateroverlast elders, met een vergoeding van het waterschap.
Tegengaan bodemverdichting door te werken met lichtere	Voorbeeld: Toepassing van Sorghum als alternatief voor	Geen extra investeringskosten, wel zal het oogsten langer

machines, door het loswoelen van de ploegzool of het opnemen van gewassen in de rotatie die bijdragen aan de bodemstructuur.	maïs in de melkveehouderij, o.a. om de bodemstructuur te verbeteren (Van de Goor et al., 2017)	duren, geschatte extra arbeidskosten zijn 90 euro per hectare (CLM, Countus & WUR, 2019). Daar staat tegenover dat, op termijn, opbrengst-derving door bodemverdichting verminderd.
Microreliëf (erosiestoppers tussen aardappel bedden) en ploegen met hoogtelijnen om maaiveldafvoer te voorkomen	Eenmalige aanschaf van drempelvormers die achter de frees geplaatst kunnen worden. Na aanschaf geen extra kosten bij toepassing (Verstand et al., 2021).	
Toepassing van groenbemesters in akkerbouw en melkveehouderij (maïsteelt als veevoer).	Aan het inzaaien en onderwerken van een groenbemester zijn jaarlijks kosten verbonden, geschat op 100-250 euro per ha (de Haan, 2015).	Positieve effecten op het waterbergend vermogen van de bodem zijn vooral toe te schrijven aan het structuur herstellend vermogen en betere beworteling van het gewas na toepassing van groenbemesters (Van Dijk en Van Miltenburg, 2013), effecten van groenbemesting op organische stof gehalte zijn minder duidelijk (Deltafact Bodemorganische stof).
Aangepaste drainage (regelbare drainage, ondieper, etc.)	Prijs aanleg Peil gestuurde drainage (PGD): ca. €2500 per ha (Jeuken et al., 2015). Reguliere drainage: ca. €1500 per ha (Stuyt, 2013) (prijspeil 2017).	Meer informatie over kostenaspecten van aangepaste drainage in Oude Essink et al., 2019 .
Het jaarlijks opbrengen van GFT of compost op akkerpercelen	De meerkosten van het opbrengen van GFT of compost op het land in plaats van het gebruik van drijfmest werden eerder geschat tussen €150 (GFT) en €500 (compost) per ha per jaar (De Wit, 2013). Deze kostenkengetallen kunnen verschillen per bodemtype, teelttype (gewas) en wijze van aanwending.	Positieve effecten op het waterbergend vermogen van de bodem zijn vooral toe te schrijven aan het structuur herstellend vermogen en betere beworteling van het gewas na toepassing.

Tabel 2b. Maatregelen en kosten voor de waterbeheerder, gerangschikt van lage naar hoge kosten.

Maatregel	Inzichten over kosten (casuïstiek)	Toelichting
Extensiveren onderhoud waterlopen	Kosten van regulier onderhoud hangen af van type waterloop, soms gaat het om het periodiek maaien van de oevers, de andere keer om	Dit is theoretisch een kostenbesparing. Maar er is ook een toename van risico op wateroverlast met extra kosten. Kostenkengetallen zijn niet makkelijk te vinden.

	baggerkosten (Waterschap Limburg, 2023a).	
Aangepast peilbeheer	Je past het peilbeheer aan met de aanwezige infrastructuur (stuwen, inlaten, etc.). Waterschap Limburg doet hiermee ervaring op.	Theoretisch is dit kosten neutraal onder de aanname dat het aangepaste peilbeheer geen extra inspanning (arbeid, energie), fysieke aanpassing of schade compensatie vereist.
Dempen van greppels	De kosten worden met name bepaald door het volume te transporteren grond (1-5 euro per m ³) (Grondverzet, 2023).	Inhuur loonwerker, kosten van grondverzet, aankoop van zand.
Herprofilering van waterlopen	Denk aan bijvoorbeeld het ophogen van een slootbodem of het herstel van meanders in een beek.	Inhuur loonwerker/aannemer, kosten van grondverzet, kosten van aan- en afvoer van grond of baggermateriaal, de mate van verontreiniging van de grond (extra verwerkingskosten). Generieke kengetallen zijn te vinden op de webpagina Grondverzet .
Debiet reducerende kunstwerken, met als voorbeeld stuwen op een perceel (Boerenstuwen)	In het project 'Waterbeheer met Boerenstuwen' ging het om een investering van 1000 tot 5000 euro per ha voor de boer. (prijspeil 2014) (Vechtstromen, 2014).	Voorbeelden: het aanleggen van een drempel, dam, beweegbare stuw of schotten voor duikers op het perceel van een boer. Ook waterschap kan zelf debiet reducerende kunstwerken aanleggen. De kosten zullen hierbij afhangen van de dimensionering en type kunstwerk.
Aanleg van piek- en seizoensbergingsgebieden	2-4 euro per m ³ piekwaterberging in Groningen en Zuid-Holland (Veraart et al., 2019)	Inzicht over kosten is gebaseerd op herinrichtingsprojecten waarbij het niet nodig was om grond aan te kopen.

Inzichten over de baten van het vasthouden van water en waterberging

Economische baten van het vasthouden en bergen van water zitten voor zowel maatschappij als boer vooral in het vermijden van schade of opbrengstderving onder extreme omstandigheden waarin er langdurig watertekort is of extreem veel wateroverlast. Het rendement van investeren in het vasthouden van water en waterberging wordt dus pas zichtbaar onder extreme omstandigheden. Een agrarisch ondernemer die geïnvesteerd heeft in waterberging heeft onder extreme omstandigheden minder schade en de waterbeheerder kan, in die extreme situaties, langer blijven sturen om schade voor de maatschappij te voorkomen of te beperken. Voorts zullen de omstandigheden die we nu als extreem ervaren in de toekomst minder

uitzonderlijk zijn als nu, zoals toename van droge perioden en vaker optreden van extreme neerslaggebeurtenissen.

Van de economische schade na de droge zomers van 2018 en 2019 zijn inschattingen gemaakt door de Beleidstafel Verdroging. Zij hebben becijferd dat de totale kwantificeerbare economische schade van de droogte in 2018 tussen de 900 en 1.650 miljoen Euro lag, met veruit de grootste schade voor de landbouw, namelijk tussen de 820 en 1.400 miljoen Euro ([INFRAM, 2019](#)). Ook zijn er in 2021 Maatschappelijke Kosten-Baten Analyses (MKBA) uitgevoerd voor de beoogde zoetwaterstrategieën in het Deltaprogramma.

De volgende bedrijfseconomische criteria zijn belangrijk voor de agrarisch ondernemer bij het nemen van een besluit over het realiseren van extra waterberging op het bedrijf:

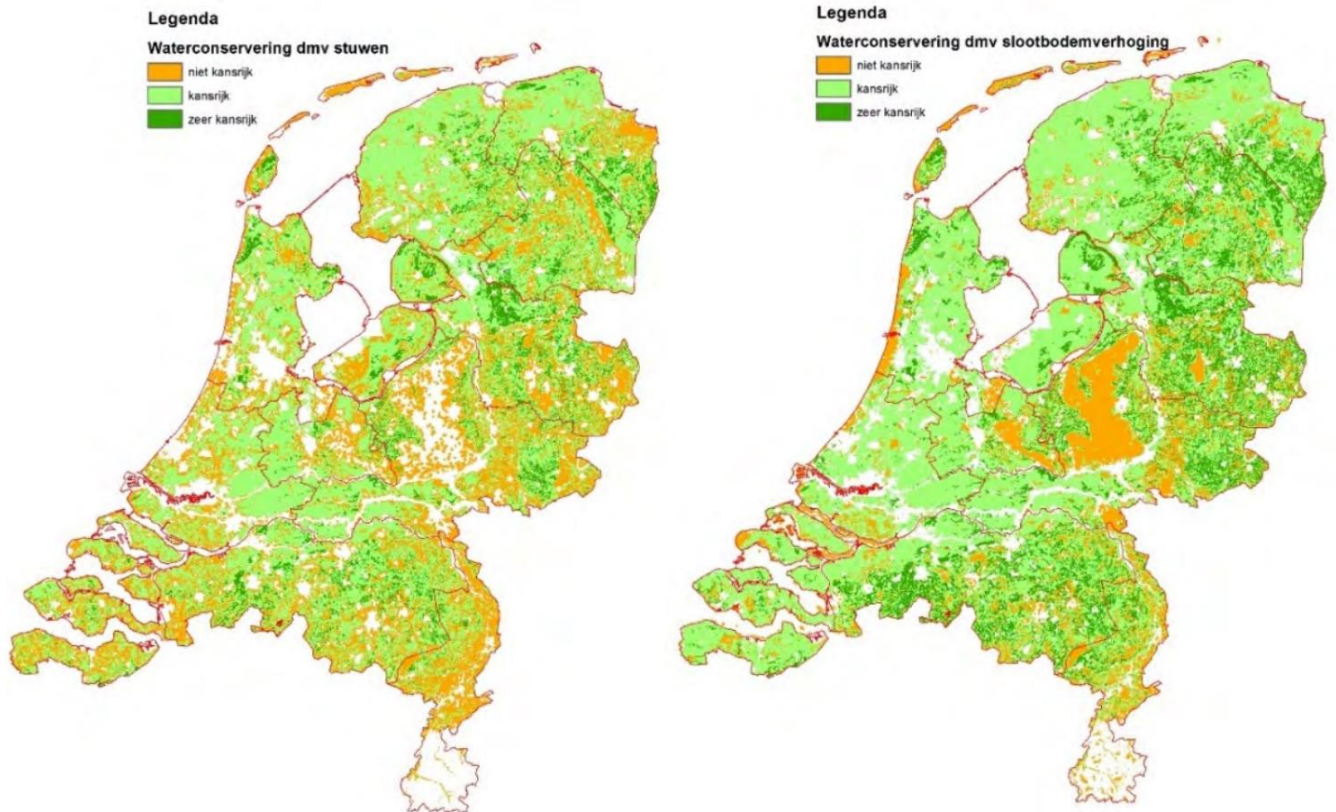
- Bij waterberging op het perceel (als bergingsreservoirs) is er minder oppervlakte beschikbaar voor het telen van gewassen. De baten van het voorkomen van droogteschade zullen dan worden afgewogen worden tegen de opbrengst derving door het uit productie nemen van de grond ten bate van waterberging;
- Met de inzet van regelbare drainage technieken, gericht op het water vasthouden in de bodem kan extra bodemwatervoorraad opgebouwd worden in het voorjaar en begin van de zomer. Hiermee kan een aantal beregeningsbeurten worden voorkomen. Dit gaat om een orde/grootte van twee tot 2-4 beregeningsbeurten op klei en zavelgronden ([Oude Essink et al., 2019](#) tabel op pagina 110). Op zandgronden zijn hiermee minder beregeningsbeurten te besparen ([Philipson et al., 2019](#)). Een recente ontwikkeling is het combineren van infiltratie en drainage met regelbare systemen (RDI). In gebieden met wateraanvoer kan dan zelfs beregening wellicht zelfs overbodig worden ([Van Hintum et al., 2021](#)). De baten betreffen het voorkomen van droogteschade, maar ook minder kosten voor beregening (diesel en arbeid). Belangrijk is om te beseffen dat beregeningsbeurten heel arbeidsintensief zijn en dus ook veel inspanning vragen van de boer. Ondiepere grondwaterstanden betekenen ook dat een boer moet afwegen of dat samengaat met de gewassen in zijn rotatieschema, de inzetbaarheid van machines voor grondbewerking en het vermijden van natschade bij wateroverlast.

De grootte van het akker of tuinbouwbedrijf (in hectare) en het bouwplan (hoog of laag renderende gewassen) beïnvloeden de keuze om wel of niet te investeren in waterberging op het bedrijf. Kleinere akkerbouwbedrijven zullen dus bijvoorbeeld relatief gezien meer investeringskosten maken die moeilijker terug te verdienen zijn in vergelijking met grotere akkerbouwbedrijven, de tuinbouw, boomteelt en bollenteelt (kapitaalintensiever met hoger renderende gewassen). Uitgedrukt in kosten per kubieke meter waterberging is de maximale kostprijs waarbij er nog baten te realiseren zijn voor fruitteelters hoger dan voor akkerbouwers. Uit onderzoek in Zeeland bleek dat kosten hoger dan 0.25 euro per kubieke meter waterberging al een kantelpunt kunnen zijn voor akkerbouwers (graan, aardappelen, uien) om af te zien van investering in waterberging, terwijl een fruitteelters hogere investeringskosten kan dragen ([Oude Essink et al., 2019](#), tabel op pagina 110). Bij akkerbouw bedrijven met andere teelten kan dit kantelpunt anders liggen.

7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties

Verschillende kaarten zijn opgesteld om kansrijke locaties voor het vasthouden en bergen van water op landelijke schaal in kaart te brengen (bijv. [van der Gaast et al., 2002](#); [Hoogvliet et al., 2014](#); [Delsman et al., 2020](#); en [Natuurlijke Klimaatbuffers & Hydrologic, 2021](#)). Figuur 7 geeft een voorbeeld van twee geschiktheidskaarten uit de studie van [Delsman et al., 2020](#).

Bij het toepassen van maatregelen moet rekening worden gehouden met het risico op wateroverlast, dit is sterk afhankelijk van de lokale ondergrond en het watersysteem. Naast het effect op waterkwantiteit zijn er ook randvoorwaarden voor wat betreft waterkwaliteit en gewassen ([Cornelissen et al., 2003](#)). Zo moet voorkomen worden dat contaminaties of ziekten zich via waterberging kunnen verspreiden (bijv. bruinrot bij aardappelen).



Figuur 7 Voorbeeld van een kaart met kansrijke locaties voor het bergen en vasthouden van water met stuwen (links) en door slootbodemverhoging (rechts). Bron: [Delsman et al., 2020](#).

8. Governance

Het realiseren van extra waterberging en water vasthouden heeft alleen effect wanneer een groot deel van de agrarisch ondernemers maatregelen nemen en de betrokken waterbeheerders maatregelen in cross-sectorale samenhang brengen op de schaal van het gehele watersysteem. Daarbij spelen de volgende aspecten een rol:

- Besluitvorming in het waterbeheer over investeringen loopt vaak niet parallel met besluiten in de bedrijfsvoering van agrariërs;
- Het verdelen van de kosten tussen de waterbeheerder en de individuele gebruikers van het vastgehouden winterneerslagoverschot;
- Het innovatie dilemma: pas als het effect bewezen is volgt pas grootschalige toepassing bij meerdere agrarische bedrijven. Bij dit type ingrepen heb je eerst grootschalige toepassing nodig voordat de individuele ondernemer er profijt van heeft.

Overheden krijgen steeds meer beleidsinstrumenten (subsidies, wetgeving, etc.) om ingrepen gericht op waterberging en vasthouden te stimuleren. Het aantal voorbeelden waarin waterbeheerders en de agrarische sector samenwerken op dit vlak neemt toe.

Sturingsmogelijkheden:

- Het maken van gebiedsfondsen zoals het Nationaal Groen Fonds;
- Subsidieprogramma's gericht op verduurzaming van de agrarische bedrijfsvoering zoals VAMIL en POP;
- Wetgeving en kaders voor ruimtelijke planvorming ([DF Water en RO](#) en [DF Omgevingswet](#)).

Voorbeelden van Samenwerking tussen agrarische sector en waterbeheer:

- Deltaplan Agrarisch Waterbeheer
- Deltaprogramma Zoetwatervoorziening

Een tweede punt is dat het maatschappelijk rendement van water bergen en vasthouden in de toekomst hoger kan zijn, wanneer naast aanpassingsmaatregelen ook ingezet wordt op transitie in landgebruik en waterbeheer (hoofdstuk 5).

9. Praktijkervaringen en lopende initiatieven

Hieronder worden enkele praktijkervaringen en lopende initiatieven opgesomd. We focussen hierbij op met name de grotere initiatieven vanwege het grote aantal proeven en onderzoeken; deze lijst is dus niet volledig.

Initiatief	Toelichting
Waterwijzer landbouw	Evaluatie instrument voor maatregelen op landbouwpercelen. De tool bepaalt het effect op de landbouwkundige opbrengsten afhankelijk van de grondwaterstandsdynamiek (GLG en GHG), het bodemtype en het klimaat (huidig/toekomstig)
Klimaateffectatlas	Scenario studies voor droogtegevoelige natuur
Deltaprogramma Zoet Water	Kengetallen over economische schade door droogte en Lange termijn Strategie
LUMBRICUS	Proeftuinen rondom herprofilering en verondieping van beken/waterlopen, bodemmaatregelen, en slimme stuwen en drainage.

KLIMAP	Proeftuinen met o.a. SAWAX stuw voor peilsturing kavelsloten en water vasthouden in combinatie met paludicultuur (natte landbouw).
Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland	Droogte-onderzoek 2021, landbouw en natuur en analyse van maatregelen.
Fresh Water Options Optimizer	Afwegingskaders en kaarten als instrument om te bepalen welke maatregel het best inzetbaar is.
Regioscan Zoetwatermaatregelen	Landelijk instrument om het effect van lokale maatregelen aan de zoetwateropgave in beeld te brengen.
Deltaplan Agrarisch Waterbeheer	Initiatief van LTO Nederland met als doel een bijdrage te leveren aan water- en bodemopgaven in het agrarisch gebied. Met verschillende projecten, regelingen en pilots rondom o.a. water vasthouden, bodem en watervoorziening.

10. Kennisleemten

Door de droge zomers in de periode 2018-2022 is er veel aandacht voor het vasthouden en bergen van water bij waterbeheerders en agrariërs. In verschillende onderzoeksprojecten en gebiedsprocessen wordt geëxperimenteerd met maatregelen. Daarnaast spelen er verschillende transities en uitdagingen in de ruimtelijke inrichting van Nederland, zoals de [landbouwtransitie](#), [Water en Bodem Sturend](#) en [de aanpak van natuur, water en klimaat in het landelijk gebied](#). Watermanagement is hierbij een belangrijk onderdeel.

Kennisleemten hierbij zijn:

- Wat is de orde grootte van de effecten en efficiëntie van maatregelen in afname van piekafvoeren of extra waterbeschikbaarheid tijdens droge perioden? Hoewel er verschillende voorbeelden en ervaringen zijn blijkt kwantificeren nog lastig.
- Wat zijn de (gewas)opbrengsten van maatregelen voor (individuele) landbouwbedrijven?
- Hoe kunnen maatregelen efficiënt worden opgeschaald? Hoe hangen lokale en regionale maatregelen samen?
- Wat zijn de risico's op droogteschade versus natschade bij het vasthouden van water en aanpassen van de ontwateringsbasis? Hoe worden maatregelen

gericht op het vasthouden van water in de bodem en waterberging in het watersysteem in samenhang toegepast?

- (Hoe) Kan operationeel op (grond)waterpeilen worden gestuurd?
- Hoe gevoelig zijn beslisregels over wel/niet investeren in waterberging voor agrarische marktontwikkelingen en beschikbaarheid van technische innovaties, uitgedrukt in investeringskosten per hectare en kubieke meter? Hoe is hier slim op te sturen met financiële arrangementen vanuit de overheid en bankwezen?
- In hoeverre kunnen vasthouden en bergen bijdragen aan de realisatie van een klimaatadaptief watersysteem.
- Welke mogelijkheden ontstaan wanneer de landelijke en regionale overheden duidelijke keuzes op het gebied van ruimtelijke inrichting maken die bijdragen aan systeemherstel.

11. Bronnen & links

CLM, Countus & WUR, 2019. [Factsheet bodemverdichting](#).

Cornelissen, A.H.M., Harmsen, J., Kempenaar, C., et al., 2003. [Waterberging op landbouwgebieden: effecten op plan- en dierziekten, onkruiden en contaminanten](#). STOWA Rapport 2003-19.

Haan, J. de, 2015. [Vanggewas na maïs ook goed voor de boer. Gaat u meer aandacht aan uw groenbemester besteden?](#) Themadag CBGV, 2015.

De Louw, P., Witte, J.P., Van den Eertwegh, G., et al., 2022. [Beter bestand tegen droogte: oplossingsrichtingen voor een hydrologisch goed functionerend grondwatersysteem in de zandgebieden van Nederland](#). Stromingen 28: 53-70.

Delsman, J., te Winkel, T., van Loon, A., et al., 2020. [Regioscan Zoetwatermaatregelen fase 2 : hoofdrapport](#). Stowa rapport; No. 2020-32A..

De Wit, J., 2013. [Bedrijfseconomische effecten van verhoging van het bodemorganische stofgehalte: compostgebruik in de akkerbouw](#). Publicatienummer 2013-005 LbD. Rapport Louis Bolk instituut.

Gollenbeek, L.R., G.J. Hilhorst. 2022. [Effecten van verrijking zandbodem met klei op mais- en grasteelt op melkveeproefbedrijf 'De Marke'](#), Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1371.

Grondverzet, 2023. [Kosten Grondverzet per kubieke meter](#), Groningen.

Heinen, M., F. Gerritsen, G. Bakker. 2023. [Aanvullend onderzoek klei-in-zand. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van handmatig gemengde klei-in-zand monsters](#).

Heinen, M., G. Bakker, F. Gerritsen, W. de Groot. 2022. [Waterretentie en doorlatendheidskarakteristieken in met klei verrijkte zandgrond](#). WENR rapport 3145, Wageningen Environmental Research.

Hoogvliet, M., L. Stuyt, P. J. T. van Bakel, et al., 2014. [Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten 'Fresh Water Options optimizer'](#). Kennis voor Klimaat, Utrecht.

INFRAM, 2019. [Nederland beter weerbaar tegen droogte - Eindrapportage Beleidstafel Droogte](#). Den Haag, p. 75.

Jeuken, A., Tolk, L., Stuyt, L., et al, 2015. [Kleinschalige oplossingen voor een robuustere regionale zoetwatervoorziening: zelfvoorzienendheid in zoetwater: zoek de mogelijkheden](#), STOWA: Amersfoort. p. 62.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, [Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening](#). Kamerstuk 25-11-2022, IENW/BSK-2022/283041.

Natuurlijke Klimaatbuffers & Hydrologic, 2021. [Kansenkaarten Natuurlijke Klimaatbuffers in de klimaateffectatlas](#).

Oude Essink, G., Pauw, P., Van Baaren, E., et al., 2019. [GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening - Rendabel en duurzaam watergebruik in een zilte omgeving](#). Deltares, Utrecht, p. 177.

Philipsen, B, Boomaerts, J., Hoving, I., 1999. [Drie jaar Beregenen Op Maat heeft veel opgeleverd](#). Praktijkonderzoek 99(3), p.12-13

Stuyt, L.C.P.M., 2013. [Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer. Bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland](#).

Van der Gaast, J.W.J., Massop, H.T.L, Stuyt, L.C.P.M., et al., 2002. [Waterkansen in het SGR2 – Potenties voor realisatie van de wateropgaven](#). Alterra-rapport 558, Wageningen.

- Van den Eertwegh, G.A.P.H., De Louw, P.G.B., Witte, J.P.M., et al., 2021. [Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland](#). Het verhaal: analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. Eindrapport Projectteam Droogte Zandgronden Nederland.
- Van de Goor, S., Van Eekeren, N., De Vliegheer, A., et al., 2017. [Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij, perspectieven van rassen en gewasrotatie in beeld](#). Publicatienummer 2017-006 LbD. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Van Dijk, M., van Miltenburg, S., 2013. [De invloed van bodemstructuur op het watersysteem Een verkenning](#). STOWA rapport
- Van Hintum, H., Dekker, S. van Rens, C., Eblé, X., Huisma, S., 2021. [Regelbare drainage-infiltratie als droogtemaatregel rondom de Deurnsche Peel: een verkenning van de lokale en regionale effecten](#). Universiteit Utrecht/Waterschap Aa en Maas.H20-Magazine.
- Veraart, J.A., Klostermann, J.E.M., Sterk, M., et al., 2019. [Nederland inrichten met het principe van natuurlijke klimaatbuffers – de leerervaringen](#). Wageningen Environmental Research, Wageningen, p. 102.
- Verstand, D., Bijker, W., Simonsen, D., 2021. [Klimatrisico's en kansen in de open Teelten](#), Wageningen Plant Research. PPS Klimaatadaptatie Open Teelten
- Walsum, P.E.V. van; Verdonschot, P.F.M.; Runhaar, J., 2022. [Effects of climate and land-use change on lowland stream ecosystems](#), Alterra report, Wageningen.
- Waterschap Limburg, 2023a. [Veelgestelde vragen over beheer en onderhoud](#).
- Waterschap Limburg, 2023b. [Extra maatregelen om water vast te houden broodnodig](#).
- Waterschap Vechtstromen, 2014. [Optimalisatie bodem en water, praktische tips voor de omgang met bodem en water in de agrarische bedrijfsvoering](#), Project Landbouw op Peil.
- Zingstra, H. en P. Vertegaal, 2021. [Natural Climate Buffers: promising examples of nature based solutions](#). Reticula 28: 27-37.

12. Colofon

Versie 5 maart 2024.

Vince Kaandorp (Deltares)

Pim Dik, Jeroen Veraart Marius Heinen (actualisatie) (Wageningen Environmental Research)

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.