

Waterhuishoudkundige maatregelen en teeltkeuzes voor droogte-adaptatie: een casestudie voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom

WILCO TERINK, DION VAN DEIJL EN GÉ VAN DEN EERTWEGH

Artikel

Door klimaatverandering zullen perioden van langdurige droogte vaker voorkomen. Dit vraagt om de inzet van gebiedsbrede maatregelen voor systeemherstel om de schade door droogte aan landbouw, natuur en watersysteem te beperken. In dit artikel hebben we de effecten van gebiedsbrede maatregelen tijdens het extreem droge jaar 2018 onderzocht. Hiervoor is gebruikgemaakt van een nieuw ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model voor Reusel Bovenstroom, een droogtegevoelig stroomgebied op de hoge zandgronden. We hebben de effecten op grondwaterstanden en droogval van de beek geanalyseerd, alsmede de drogestofproductie van landbouwgewassen. Om volledige droogval van de beek te voorkomen, moet een combinatie van waterhuishoudkundige maatregelen worden toegepast, zoals peilverhoging en/of verontdieping van watergangen, het omvormen van natuur door uitdunning van naaldbos, en het reduceren van landbouwareaal om het watergebruik via verdamping van teelten in het groeiseizoen te verminderen.

Inleiding

Als gevolg van klimaatverandering zal het weer in Nederland veranderen. Perioden van droogte zullen vaker voorkomen en daarnaast langer duren (Klein Tank e.a., 2014; Van Dorland e.a., 2023). Volgens Sluijter e.a. (2018) was 2018 een extreem droog jaar met een herhalingstijd van eens in de 30 jaar. Zowel de landbouw als de natuur hebben schade ondervonden in dit jaar.

Van oudsher is het watersysteem van Nederland ingericht om het water zo snel mogelijk af te voeren en grondwaterstanden te verlagen, om daarmee lokale natschade te voorkomen. Agrariërs in Nederland hebben daarvoor hun land gedraineerd met drainagebuizen en kavelsloten (Ritzema e.a., 2006). Hoewel wateroverlast en natschade aan gewassen hierdoor afnemen, zorgt dit ook voor verminderde beschikbaarheid van water in drogere periodes, omdat het water al is afgevoerd. Op jaarbasis is meestal voldoende water beschikbaar (potentieel neerslagoverschot). Het zijn de zomermaanden waarin het neerslagtekort optreedt, dezelfde periode waarin de vraag naar zoetwater het grootst is. Dit vergroot de irrigatiebehoefte voor de landbouw, waardoor de druk op het (grond)watersysteem verder toeneemt. Watervraag en wateraanbod komen

hierdoor verder uit elkaar te liggen (De Wit e.a., 2021a, 2021b). De komende jaren neemt het potentiële neerslagtekort (neerslag minus referentiegewas-verdamping) in de lente en zomer toe (Dorland e.a., 2023). Ook de autonome ontwikkeling van de capaciteit van landbouwplanten om meer water te verdampen neemt toe (Van Bakel, 2012).

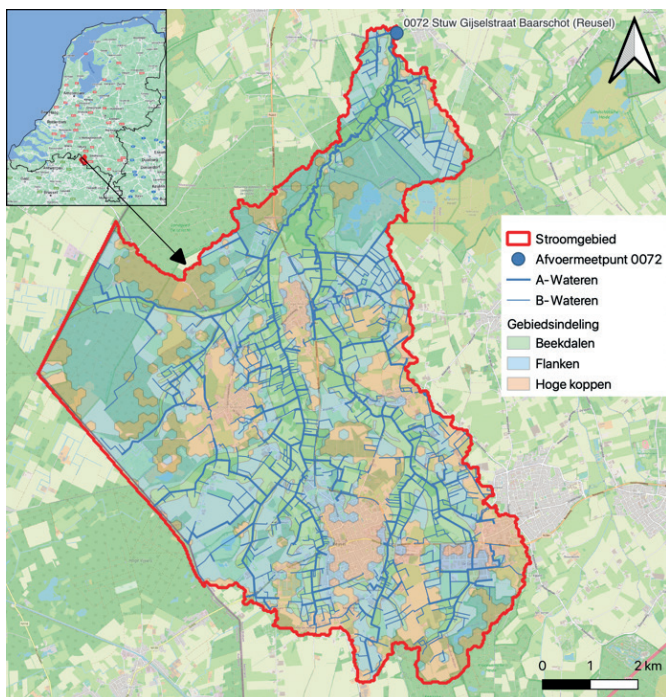
De verwachte toename in droogte ten gevolge van klimaatverandering, in combinatie met het huidige watersysteem dat gericht is op het afvoeren van water, zal het probleem van de zoetwatervraag verder vergroten. Met name droogtegevoelige gronden en gebieden die volledig afhankelijk zijn van neerslag (wateraanvoer vanuit rivieren is niet mogelijk) zullen eerder droogteschade vertonen, zoals bij de hoge zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland. Volgens de notitie 'Water en Bodem sturend' (Harbers en Heijnen, 2022), die op 25 november 2022 vanuit het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat naar de Tweede Kamer is gestuurd, moeten water en bodem sturend zijn bij de ruimtelijke ordening als we ook in de toekomst met een ander en grillig klimaat in Nederland willen blijven leven, wonen en werken. Structurerende keuzes die daarbij voor de hoge zandgronden zijn opgesteld zijn onder andere: i) water langer vasthouden en minder snel afvoeren, en ii) de grondwaterstand daardoor verhogen met mogelijk >10 tot 50 cm. Daarnaast zijn watervoerendheid en het voorkómen van droogval van beken doelen in de Kaderrichtlijn Water (KRW) 2021-2027 (Altenburg e.a., 2018).

Oplossingen op stroomgebiedsschaal zijn dus nodig om schade aan natuur en landbouw ten gevolge van droogte zoveel mogelijk te beperken. In dit artikel hebben we voor het stroomgebied Reusel Bovenstroom onderzocht wat de effecten van een selectie van stroomgebiedsmaatregelen kunnen zijn op i) de drogestofproductie van de landbouw, en ii) de hydrologie van het stroomgebied als geheel. De Reusel Bovenstroom is een droogtegevoelig zuidoostelijk zandgebied zonder wateraanvoer, heeft de KRW-status 'sterk veranderd', doeltipe R5 en is daarnaast aangewezen als Natura 2000-beek. In deze studie is alleen gekeken naar de waterkwantiteitseffecten. Dit betekent dat waterkwaliteitsaspecten, zoals nitraatuitspoeling, buiten beschouwing zijn gelaten.

Onderzoeksgebied

Overzicht

Het stroomgebied Reusel Bovenstroom heeft een areaal van 6.900 ha (Afbeelding 1). Het is in beheer van Waterschap de Dommel en is gelegen in het zuiden van de provincie Noord-Brabant. Het gebied is door Waterschap de Dommel, op basis van grondwaterberekeningen van het Domingo 2018 model, opgedeeld in drie typen deelgebieden: beekdalen, flanken en hoge koppen. Op de flanken en de hoge koppen is sprake van een hangwaterprofiel. Het reliëf van het gebied varieert van ongeveer 40 m +NAP op de hoge koppen in het westen, zuidwesten en zuiden van het gebied, tot ongeveer 17 m +NAP benedenstrooms.

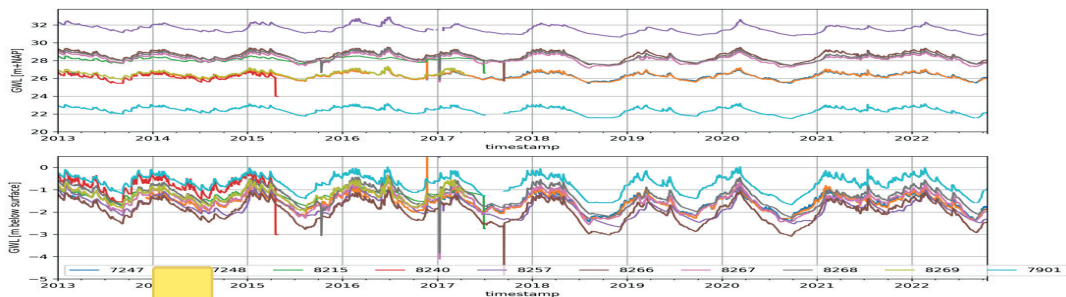


Afbeelding 1 Stroomgebied Reusel Bovenstroom tot Baarschot

Stedelijk gebied is niet meegenomen in deze studie omdat we alleen de effecten van maatregelen in het landelijk gebied willen onderzoeken. Het 'te modelleren gebied' is daarmee 5.759 ha en bestaat voor 69% uit landbouwgrond en 31% uit natuur. Het overgrote deel van het agrarisch landgebruik omvat gras (35%), snijmaïs (30%), en aardappelen (15%). Ongeveer 47% van het gebied is beregend, waarbij beregening plaatsvindt uit grondwater (Van Deijl en Van den Eertwegh, 2021). Aardappel en gras zijn beide voor ongeveer 86% beregend, terwijl dit voor snijmaïs 65% is.

Hydrologie

Afbeelding 2 laat het verloop van de freatische grondwaterstand zien van 10 peilbuizen, verspreid over het stroomgebied. De meeste reeksen laten over de periode 2013-2023 een daling van de grondwaterstand zien. Gedurende droge



Afbeelding 2 Selectie van 10 tijdreeksen van freatische grondwaterstanden binnen Reusel Bovenstroom

zomers zakt de grondwaterstand diep uit. De dalende grondwaterstand is vooral goed zichtbaar voor peilbuis nr. 8266 op de hoge koppen. De dalende grondwaterstand is een signaal dat het gebied langzaam droger wordt, wat zich vertaalt naar een negatieve bergingsverandering op een termijn van 10 jaar. Dit schetst de noodzaak om het effect van gebiedsbrede maatregelen voor droogtebestrijding te onderzoeken voor systeemherstel van het stroomgebied van de beek.

De afvoer van Reusel Bovenstroom wordt op basis van een Q(h)-relatie berekend bij Stuw Gijsselstraat te Baarschot (Afbeelding 3). Tabel 1 laat een aantal afvoerstatistieken voor dit meetpunt zien, terwijl Afbeelding 4 de overschrijdingskansen laat zien voor de periode 2013 t/m 2020, alsmede voor het extreem droge jaar 2018. Over het algemeen geldt dat de beek ongeveer 15% van de tijd droogvalt. Voor 2018 was dit ongeveer 30% van het jaar (109 dagen).



Afbeelding 3 Afvoermeetpunt Gijsselstraat Baarschot (0072). Bron: Waterschap de Dommel

Tabel 1 Afvoerstatistieken voor meetpunt Gijsselstraat Baarschot (0072) voor de periode 1 januari 2010 t/m 31 december 2021

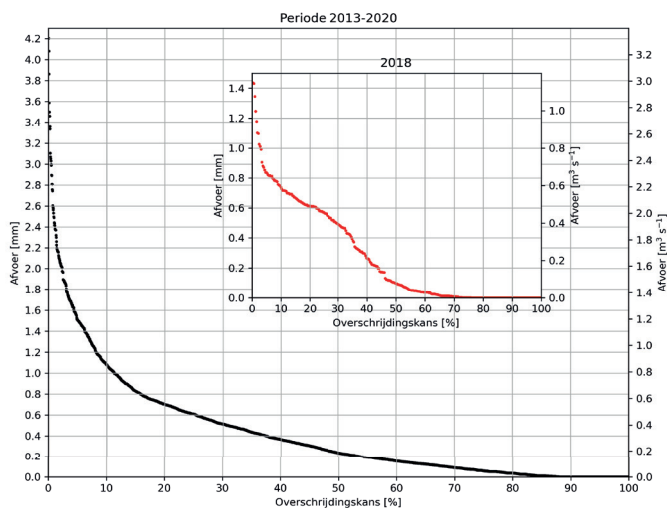
Statistiek	Afvoer [m3/s]
Gemiddelde	0,37
Minimaal	0,00
Maximaal	5,77
5%-percentiel	0,00
50%-percentiel	0,23
95%-percentiel	1,23
Droogval 2018	109 dagen



Methode

Werkwijze

In deze studie is gebruikgemaakt van het ruimtelijk gedistribueerde hydrologische model HydroGap (Terink e.a., 2023a). Hiermee zijn de effecten op i) de drogestofproductie van de landbouw, en ii) de hydrologie (grondwaterstanden en droogval beek) van het stroomgebied gekwantificeerd. Dit model rekent op



Afbeelding 4 Overschrijdingskansen van de afvoer bij meetpunt Gijsselstraat Baarschot (0072).

Voor het extreem droge jaar 2018 is dit apart weergegeven

dagbasis op een ruimtelijke resolutie van 25 m x 25 m. De kalibratieresultaten (Terink e.a., 2023b) tonen aan dat het model goed in staat is om de waterbalans, de grondwaterdynamiek en afvoer van de beek te simuleren. De gesimuleerde werkelijke **verdamping** (gebruikt als proxy voor de drogestofproductie) en de berekening komen overeen met cijfers uit de literatuur en kennis van de agrariërs (mondelinge mededelingen agrariërs in regio Reusel). De effecten van de maatregelen zijn gekwantificeerd ten opzichte van de huidige situatie, gedefinieerd als de periode 2013 t/m 2020. Deze periode kenmerkt zich door klimatologische extremen, waaronder het extreem droge jaar 2018. Als gevolg van klimaatverandering zou dit jaar in de toekomst weleens het 'nieuwe normaal' kunnen worden. In dit artikel zijn de resultaten alleen beschreven voor het jaar 2018. De gebruikte databronnen zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Gebruikte databronnen voor landgebruik, bodem en klimaat

Data	Bron
Agrarisch landgebruik	Basisregistratie Gewaspercelen 2018 ¹ in combinatie met beregeningskaart (Van Deijl en Van den Eertwegh, 2021)
Natuur	Natuurbeheertypenkaart 2023 ²
Bodemfysische eigenschappen	BOFEK2020 (Heinen e.a., 2021)
Neerslag	KNMI-radarproduct gecorrigeerd met neerslagstations (rad_nl25_rac_mfbs_01h_netcdf4) (Overeem e.a., 2009a, 2009b, 2011)
Makkink referentiegrasverdamping	KNMI-station Eindhoven

¹ <https://data.overheid.nl/dataset/10674-basisregistratie-gewaspercelen-brp->

² <https://georegister.brabant.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/ca5b2ad5-5f37-45fc-b6a0-0ab418bb13aa>

Maatregelen – modelscenario's

In dit artikel zijn onderstaande maatregelen geselecteerd. De landbouwmaatregelen zijn mede bepaald in overleg met de partners van het WUR-WPR project 'Boerderij van de Toekomst' (Wesselink e.a., 2022).

Landbouwmaatregelen:

- Geen beregening: in dit scenario is het landgebruik identiek aan de huidige situatie, maar wordt beregening overal uitgeschakeld. Dit heeft als doel om het effect van beregening te onderzoeken. Grondwater is de bron voor beregeningswater.
- Akkerbouwer met 1:6 rotatieteelten: aardappel, suikerbiet, erwt, snijmaïs, gras, en ui. Het doel van deze maatregel is om het effect van 1:4 (huidig) naar 1:6 rotatieteelten te onderzoeken waarbij al deze gewassen beregend worden, terwijl dat in de huidige situatie niet het geval is.
- Veehouder met 1:6 rotatieteelten: gras, gras, gras, aardappel, snijmaïs en luzerne (eiwitrijk voedergras). Al deze gewassen worden normaal beregend. Het doel van deze maatregel is om ook het effect van 1:4 naar 1:6 rotatieteelten te onderzoeken, maar dan met het oog op gewassen voor de veehouder, alsmede het effect van het diepwortelende gras luzerne.
- Aardappel en graan tot 25% gebiedsbedekking (1:4 rotatieteelten), aangevuld met gewassen van de huidige situatie. Aardappel vervangt hierbij gras en graan vervangt hierbij snijmaïs. Aardappel wordt optimaal beregend en graan wordt niet beregend. Het doel van deze maatregel is om het onderzoeken van een intensivering van aardappelteelt met als compensatie niet-beregend graan.

Natuur + reductie landbouwareaal:

- Natuur omvormen: bij deze maatregel moet gedacht worden aan het uitdunnen van (naald)bos en/of het omzetten van bosgebieden in heide/kale grond. Modelmatig is dit gerealiseerd door de gewasfactor van natuur te reduceren met een factor twee.
- Natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen: bovenop bovengenoemde maatregel wordt alle landbouwgrond op de flanken en hoge koppen omgezet in kale grond.
- Het doel van deze maatregelen is om te onderzoeken in hoeverre een verdampingsreductie door i) het omvormen van natuur, en ii) reductie van landbouwareaal de grondwaterstand kan verhogen en droogval van de beek kan reduceren.

Waterhuishoudkundige maatregel:

- Peilopzet 50 cm: modelmatig is dit gerealiseerd door 20 cm op te tellen bij de GLG-verhoging als gevolg van de Domingo 2018 modelsimulatie 'peilopzet 30 cm' van Waterschap de Dommel (Westerhof-Graafstal e.a., 2020; Westerhof-Graafstal en Karimlou, 2020). Het doel hiervan is om te onderzoeken of we door water langer vast te houden minder hoeven te beregenen en beekdroogval kunnen reduceren.

Aannames

In deze studie zijn de volgende aannames gedaan:

- Berekening vindt alleen plaats tijdens het irrigatieseizoen: april t/m september.
- De beregeningsgift bedraagt voor alle gewassen 25 mm per beurt.
- De trigger voor een beregeningsbeurt is het cumulatieve verschil tussen de potentiële en actuele transpiratie. Deze is ingesteld op 20 mm voor alle gewassen. Een uitzondering hierop is het scenario waarin aardappels optimaal beregend worden. Daarvoor is deze trigger 5 mm.
- De beregeningsfrequentie is maximaal eens per 7 dagen en is voor alle gewassen hetzelfde. Een uitzondering hierop is het scenario waarin aardappels optimaal beregend worden. Daarvoor is de maximale beregeningsfrequentie eens per 3 dagen.
- Het landgebruik gedurende 2013 t/m 2020 is constant, waarbij het agrarische landgebruik tijdens het extreem droge jaar 2018 is gekozen als uitgangssituatie. Hiervoor is gekozen omdat met name de effecten van veranderend landgebruik (andere teelten, beregening aan/uit, etc.) tijdens 'extreem droge zomers' interessant zijn met het oog op de drogestofproductie en waterbesparing.
- Gewassen hebben een constante gemiddelde worteldiepte.
- Op tijden dat het 'hoofdgewas' er niet staat, staat er een groenbemester.
- De onderrand van het model bestaat uit een seizoensafhankelijke wegzijgingsflux (sinuscurve) die is gekalibreerd voor de huidige situatie. Deze wegzijgingsflux is vervolgens ook aangenomen bij alle modelscenario's.

De (gewas)eigenschappen van de verschillende typen landgebruik die gebruikt zijn voor de modelinvoer zijn weergegeven in het hoofdrapport (Terink e.a., 2023b).

Resultaten

Deze sectie beschrijft het berekende effect van elke maatregel op de hydrologie en de drogestofproductie van aardappel en gras voor het extreem droge jaar 2018.

Hydrologie

Afbeelding 5 toont de gesimuleerde waterbalans voor 2018, alsmede voor de winter- en zomermaanden van dat jaar. Voor andere jaren verwijzen we naar

Term	Jaar	Winter	Zomer
Neerslag	637	353	284
Interceptieverdamping	-83	-34	-49
Bodemverdamping	-10	-3	-7
Transpiratie	-392	-63	-329
Wegzijging	-97	-59	-38
Afvoer	-146	-109	-37
dS	-91	85	-176

Afbeelding 5 Gesimuleerde waterbalans in mm voor 2018 voor het hele jaar, de wintermaanden (okt-mrt), en de zomermaanden (apr-sep). Inkomende fluxen zijn positief en uitgaande fluxen zijn negatief

het hoofdrapport (Terink e.a., 2023b). Het gesimuleerde langjarige gemiddelde (Terink e.a., 2023b) laat een bergingsverandering zien van -14 mm, wat betekent dat het gebied langzaam droger wordt. Dit correspondeert met de daling in gemeten grondwaterstanden (Afbeelding 2) en gesimuleerde grondwaterstanden (Afbeelding 14). Voor 2018 is deze bergingsverandering met -91 mm fors groter: de hoeveelheid water die het gebied verlaat is aanzienlijk groter dan er binnenkomt. Deze negatieve bergingsverandering wordt met name veroorzaakt door de lage neerslagsom in verhouding tot de hoge transpiratie (gewasverdamping).

De gemiddelde grondwaterstand in maart-april (Afbeelding 6) wordt alleen beïnvloed door de maatregelen 'peilopzet 50 cm' en 'natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen'. De maatregel 'peilopzet' zorgt hier met ongeveer 50 cm voor de grootste stijging op de hoge koppen.

Scenario	Type	Vershil, mrt-apr	Vershil, apr-sep
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Beekdalen	-0.01	-0.22
Aardappel, suikerbiet, erwt, mais, gras, ui	Beekdalen	0.00	-0.10
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Beekdalen	0.00	-0.03
Geen berekening	Beekdalen	0.01	0.28
Natuur omvormen	Beekdalen	0.04	0.05
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	Beekdalen	0.11	0.49
Peilopzet 50 cm	Beekdalen	0.40	0.30
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Flanken	-0.01	-0.23
Aardappel, suikerbiet, erwt, mais, gras, ui	Flanken	0.00	-0.10
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Flanken	0.00	-0.03
Geen berekening	Flanken	0.01	0.29
Natuur omvormen	Flanken	0.04	0.05
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	Flanken	0.11	0.51
Peilopzet 50 cm	Flanken	0.41	0.31
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Hoge koppen	-0.02	-0.30
Aardappel, suikerbiet, erwt, mais, gras, ui	Hoge koppen	0.00	-0.13
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Hoge koppen	0.01	-0.04
Geen berekening	Hoge koppen	0.01	0.37
Natuur omvormen	Hoge koppen	0.06	0.06
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	Hoge koppen	0.14	0.66
Peilopzet 50 cm	Hoge koppen	0.53	0.40

Afbeelding 6 Effect van de maatregelen voor 2018 op de gemiddelde grondwaterstand gedurende maart-april 2018 en de laagste grondwaterstand gedurende april-september 2018. Verschillen zijn weergegeven in m

Met uitzondering van 'geen berekening' zorgen alle landbouwmaatregelen voor een verlaging van de laagste grondwaterstand gedurende april t/m september, al is deze minimaal voor de maatregel '25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend'. Voor deze laatstgenoemde maatregel kunnen we dus concluderen dat het niet-beregende graan compenseert, omdat het areaal aardappel toeneemt van 10 naar 25% en daarnaast optimaal wordt beregend. De 1:6 rotatieteelt met luzerne zorgt voor de grootste daling van de laagste grondwaterstand. Dit is te wijten aan het feit dat al deze gewassen beregend worden (toename beregend areaal met 49%) en het relatief hoge waterverbruik

van luzerne. Door de hoge stresstolerantie en het diepe wortelstelsel verdampt luzerne in 2018 bijna 282 mm meer dan gras. Dit is 70% meer dan gras en is daarmee een aanzienlijk verschil.

De maatregel 'natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en hoge koppen' zorgt voor de grootste stijging van de laagste grondwaterstand. De effecten hiervan zijn het grootst op de hoge koppen. De stijging bij 'natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en hoge koppen' is met name te danken aan het omzetten van landbouw in kale grond omdat de stijging bij de maatregel 'natuur omvormen' alleen beperkt is. De effecten van de maatregelen 'geen beregening' en 'peilopzet 50 cm' zorgen voor een vergelijkbare stijging van de laagste grondwaterstand gedurende de periode april t/m september.

De effecten van de maatregelen op de afvoer (Afbeelding 7) zijn sterk gecorreleerd aan de veranderingen in de grondwaterstand: zodra de grondwaterstand in het stroomgebied onder het stuwpeil of de beekbodem zakt, valt de afvoer van de beek weg. In stuwpanden kan dan sprake zijn van stilstaand water. Ten opzichte van de huidige situatie zorgt de 1:6 rotatieteelt met luzerne voor meer dagen beekdroogval. De enige maatregel die de droogval in 2018 volledig opheft, is 'natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en hoge koppen'. De maatregel 'peilopzet 50 cm' heeft een bufferend effect omdat op jaarbasis de afvoer afneemt, terwijl de beek minder droogvalt. Water wordt in de wintermaanden dus langer vastgehouden waardoor het langer beschikbaar blijft gedurende het zomerseizoen.

Scenario	Afvoer totaal	Afvoer apr-sep	Dagen droogval	Vershil totaal	Vershil apr-sep	Vershil droogval
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	130	34	123	-18	-4	10
Aardappel, suikerbiet, erwit, mais, gras, ui	151	42	116	4	4	0
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	153	39	114	5	1	0
Geen beregening	164	42	73	16	4	-40
Natuur omvormen	188	50	89	40	12	-24
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	304	99	0	156	61	-118
Peilopzet 50 cm	127	38	86	-21	0	-20

Afbeelding 7 Afvoerstatistieken van de maatregelen. Eenheden van afvoer zijn mm. Verschillen zijn weergegeven t.o.v. de huidige situatie. 'Afvoer totaal' is de totale afvoer op jaarbasis, terwijl 'Afvoer apr-sep' de totale afvoer is gedurende april t/m september. Droogval is in dagen per jaar

Beregening en drogestofproductie

Het verschil in drogestofproductie is berekend als het procentuele verschil tussen de werkelijke verdamping voor dat gewas voor 2018 ten opzichte van het gemiddelde voor 2013 t/m 2020 van dat gewas over het hele stroomgebied. Afbeelding 8 laat zien dat de aardappel in 2018 de hoogste drogestofproductie heeft in deelgebied beekdalen. Een toename van 13% betekent dat er met voldoende beregening in een extreem droog jaar zoals 2018, waarin de potentiële transpiratie hoger is, toch een bovengemiddelde drogestofproductie gehaald kan worden. Met uitzondering van 'geen beregening' zorgt geen van de maatregelen voor een lagere drogestofproductie voor aardappel. Geen beregening reduceert de drogestofproductie in de beekdalen met 30% en op de flanken en de hoge koppen met 40%. Het optimaal beregenen van aardappels zorgt voor een toename in drogestofproductie van ongeveer 20% in de beekdalen tot ongeveer

25% op de flanken en de hoge koppen. Deze maatregel kost met ongeveer drie extra beregeningsbeurten wel meer grondwater. De maatregel 'peilopzet 50 cm' zorgt voor een kleine verhoging van de drogestofproductie, ongeveer één beregeningsbeurt minder, en heeft het meeste effect in het deelgebied beekdal.

Scenario	Type	Beregening [mm]	Verskil droge stofproductie [%]
<i>Huidig</i>	<i>Beekdalen</i>	118	13%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Beekdalen	122	12%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Beekdalen	123	11%
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Beekdalen	180	34%
Geen beregening	Beekdalen	0	-17%
Natuur omvormen	Beekdalen	114	14%
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	Beekdalen	102	17%
Peilopzet 50 cm	Beekdalen	92	20%
<i>Huidig</i>	<i>Flanken</i>	145	5%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Flanken	143	6%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Flanken	141	6%
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Flanken	219	30%
Geen beregening	Flanken	0	-35%
Natuur omvormen	Flanken	144	5%
Peilopzet 50 cm	Flanken	126	9%
<i>Huidig</i>	<i>Hoge koppen</i>	137	6%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Hoge koppen	133	7%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Hoge koppen	138	6%
25% aardappel en graan, aardappel optimaal beregend	Hoge koppen	213	31%
Geen beregening	Hoge koppen	0	-33%
Natuur omvormen	Hoge koppen	137	7%
Peilopzet 50 cm	Hoge koppen	126	10%

Afbeelding 8 *Effect van maatregelen op drogestofproductie aardappel in 2018*

Evenals bij aardappel heeft gras (Afbeelding 9) de hoogste drogestofproductie in deelgebied type beekdalen. De veranderingen in drogestofproductie en beregening als gevolg van de maatregelen zijn vergelijkbaar met die van aardappel.

Scenario	Type	Beregening [mm]	Verskil droge stofproductie [%]
<i>Huidig</i>	<i>Beekdalen</i>	143	12%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Beekdalen	134	13%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Beekdalen	124	15%
Geen beregening	Beekdalen	0	-18%
Natuur omvormen	Beekdalen	142	12%
Natuur omvormen + geen landbouw flanken en hoge koppen	Beekdalen	131	14%
Peilopzet 50 cm	Beekdalen	119	16%
<i>Huidig</i>	<i>Flanken</i>	174	5%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Flanken	161	7%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Flanken	161	7%
Geen beregening	Flanken	0	-33%
Natuur omvormen	Flanken	174	5%
Peilopzet 50 cm	Flanken	153	7%
<i>Huidig</i>	<i>Hoge koppen</i>	154	9%
Gras, gras, gras, aardappel, mais, luzerne	Hoge koppen	155	8%
Aardappel, suikerbiet, erwten, mais, gras, ui	Hoge koppen	151	9%
Geen beregening	Hoge koppen	0	-25%
Natuur omvormen	Hoge koppen	145	10%
Peilopzet 50 cm	Hoge koppen	121	16%

Afbeelding 9 *Effect van maatregelen op drogestofproductie gras in 2018*

Discussie

In dit artikel hebben we met een nieuw ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model (Terink e.a., 2023a) onderzocht welke maatregelen effectief kunnen zijn (tijdens een extreem droog jaar met 2018 als voorbeeld) om i) hogere grondwaterstanden en minder droogval van de beek te realiseren, en ii) te zorgen voor eenzelfde of verhoogde drogestofproductie voor de landbouw. Het onderzoek betreft het droogtegevoelige stroomgebied Reusel Bovenloop.

In dit artikel zijn alleen de effecten van gebiedsbrede maatregelen op de waterkwantiteit en hydrologie onderzocht. Voor het ontwikkelen van een gebiedsvisie en bij besluitvormingsprocessen dient echter ook gekeken te worden naar de effecten op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de nitraatuitspoeling naar het grondwater bij diverse teelten en de afspoeling van stoffen van percelen nabij watergangen.

De enige maatregel die in staat is om droogval van de beek te voorkomen, is de gecombineerde maatregel waarbij, naast naturomvorming, alle landbouwgrond op de hoge koppen en de flanken omgezet wordt in kale grond. Alhoewel deze maatregel uiterst effectief is, is dit vanuit agrarisch belang waarschijnlijk onwenselijk en daardoor in de praktijk niet haalbaar. Als alternatief zou er daarom naar minder 'extreme' varianten van deze maatregel gekeken kunnen worden, zoals het omzetten van intensief naar extensief grasland.

De berekende werkelijke plantverdamping (transpiratie) in deze studie is alleen gekoppeld aan de hydrologie (bodemvocht). Op basis van literatuur en gebiedskennis van de agrariërs lijken de gesimuleerde waarden voor de berekening en de werkelijke verdamping van gewassen realistisch. Echter, de in deze studie aangenomen actuele transpiratie als maat voor de drogestofproductie zal in de praktijk niet precies sporen met de daadwerkelijke drogestofproductie. Door gebruik te maken van relatieve verschillen in de werkelijke transpiratie als gevolg van de maatregelen zijn we echter wel in staat om te kwantificeren of een maatregel gunstig uitpakt voor de drogestofproductie of niet.

De 1:6 rotatie teelt met luzerne als eiwitrijk voedergewas zorgt voor flink meer waterverbruik, met als resultaat lagere grondwaterstanden en meer droogval van de beek. Dit komt doordat luzerne diep wortelt en een hoge droogtestresstolerantie heeft. Door deze eigenschappen simuleert het model voor luzerne een werkelijke transpiratie die (vrijwel) gelijk is aan de potentiële transpiratie, waardoor het aannemelijk is dat de werkelijke transpiratie voor luzerne overschat wordt en het waterverbruik in de praktijk wellicht lager uitvalt. Desalniettemin geeft dit wel aan dat een teelt waarin gebruik wordt gemaakt van diepwortelende gewassen met een hoge stresstolerantie, kan resulteren in lagere grondwaterstanden en minder beekafvoer gedurende het zomerseizoen.

In dit artikel zijn de effecten van maatregelen gekwantificeerd voor het jaar 2018, een extreem droog jaar in ons 'huidige' klimaat. Door klimaatverandering wordt verwacht dat een extreem droog jaar zoals 2018 in de toekomst steeds vaker zal optreden, waardoor het steeds 'gewoner' zal worden om de gevolgen van

een dergelijk jaar te voorkomen. Het is daarom goed om te beseffen dat de gepresenteerde [] regelen weinig tot geen invloed op de hydrologie zullen hebben onder een veranderend klimaat indien deze ook geen effect hebben onder het huidige klimaat.

Het hydrologische model HydroGap (Terink e.a., 2023a), dat in het kader van deze studie is ontwikkeld, heeft aangetoond een effectief middel te zijn om snel inzicht te krijgen in de effectiviteit van gebiedsbrede systeemmaatregelen op de drogestofproductie en hydrologie van een stroomgebied. Hierdoor is het model een effectief en integraal hulpmiddel voor hydrologen en beleidsmakers bij gebiedsinrichting en het realiseren van de doelen in de Kaderrichtlijn Water 2021-2027³ (Altenburg e.a., 2018).

Conclusie

Op basis van de berekeningen en analyses kunnen we voor het gebied Reusel Bovenstroom voor het jaar 2018 het volgende concluderen:

- Een andere teeltkeuze heeft bij een gelijkblijvend beregend areaal nauwelijks invloed op de huidige hydrologie van het stroomgebied. Een uitzondering hierop is het gebruik van een diepwortelend gewas met een hoge stresstolerantie. Daarmee wordt het watergebruik door verdamping groter en dalen de grondwaterstanden in de zomer, met meer droogval van de beek tot gevolg.
- Intensivering van de aardappelteelt door een groter areaal en een meer-frequente beregening leidt tot lagere grondwaterstanden en meer droogval van de beek. Echter, dit is te compenseren door snijmaïspercelen om te zetten in niet-beregend graan.
- Intensivering van de aardappelteelt verhoogt de drogestofproductie daarvan met 25% op de hoge koppen en kost ongeveer drie beregeningsbeurten extra. Hierdoor daalt de grondwaterstand in de zomer.
- Een totale beregeningsstop resulteert in 40 dagen minder droogval van de beek en een verhoging van de laagste grondwaterstand met ongeveer 30 cm. Dit zorgt voor een forse reductie in drogestofproductie voor aardappel en gras.
- Een peilopzet van 50 cm zorgt als enige maatregel voor een aanzienlijke verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand (maart-april). De gemiddelde laagste grondwaterstand (april-september) wordt hierdoor met ongeveer 30-40 cm verhoogd en de beek valt 27 dagen minder droog, terwijl de drogestofproductie met ongeveer 5% toeneemt.

Grootschalige peilverhoging of verontdieping van watergangen is de enige maatregel die zorgt voor zowel een verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand en de laagste grondwaterstand en minder droogval van de beek, alsook een verhoogde drogestofproductie van landbouwgewassen. Echter, om droogval van de beek later in het seizoen te voorkomen, is deze maatregel alleen onvoldoende en is het noodzakelijk om aanvullend de verdamping van landbouwgewassen en natuur te reduceren. Dit kan met name bereikt worden door het areaal land-

³ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/>

bouwpercelen te reduceren of het bestaande areaal te extensiveren en natuur om te vormen. Indien een reductie in landbouwareaal ongewenst is, zullen alternatieve maatregelen onderzocht moeten worden om droogval van de beek te voorkomen.

Dankwoord

Deze studie is onderdeel van het TKI-project KLIMAP⁴ (Klimaatadaptatie in de Praktijk). Onze dank gaat uit naar de volgende partijen waar we nauw mee hebben samengewerkt: agrariërs uit het gebied, 'Boerderij van de Toekomst', en KLIMAP-partners Waterschap de Dommel, Provincie Noord-Brabant en WUR-WEnR. Daarnaast willen we Jos van Dam bedanken voor zijn inzichten bij de conceptualisatie van verdampingsberekeningen voor het model HydroGap.

Voor een volledig overzicht van de effecten van meerdere maatregelen, alsmede de effecten daarvan op de natuur, verwijzen we naar het hoofdrapport (Terink e.a., 2023b).

Literatuur

- Altenburg, W., G. Arts, J.G. Baretta-Bekker, M.S. van den Berg, T. van den Broek, R. Buskens, R. Bijkerk, H.C. Coops, H. van Dam, G. van Ee, C.H.M. Evers, R. Franken, B. Higler, T. Ietswaart, N. Jaarsma, D.J. de Jong, A.M.T. Joosten, M. Klinge, R.A.E. Knoben, J. Kranenburg, W.M.G.M. van Loon, R. Noordhuis, R. Pot, F. Twisk, P.F.M. Verdonschot, H. Vlek, K. Wolfstein** (2018) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027; in *STOWA rapport*, vol 49, pag 1-493, Amersfoort.
- Bakel, J. van** (2012) Effecten van klimaatverandering op de potentiële en actuele verdamping van de landbouw in oostelijk en zuidelijk Nederland in 2050. Een prognose op basis van literatuur en expertise; De Bakelse Stroom, Wageningen.
- Deijl, D. van en G.A.P.H. van den Eertwegh** (2021) Actualisatie kaart potentieel beregende percelen in het LHM; KnowH2O rapport, Nijmegen.
- Feddes, R.A., P.J. Kowalik, H. Zaradny** (1978) Simulation of field water use and crop yield; in *Simulation Monographs (Pudoc)*, Wageningen University.
- Harbaugh, A.W., E.R. Banta, M.C. Hill, M.G. McDonald** (2000) MODFLOW-2000, the U.S. Geological survey modular ground-water model -user guide to modularization concepts and the ground-water flow process; in U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Harbers, M. en V.L.W.A. Heijnen** (2022) Water en Bodem sturend - Tweede Kamerbrief; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.
- Heinen, M., F. Brouwer, C. Teuling, D.J.J. Walvoort** (2021) BOFEK2020 - Bodemfysische schematisatie van Nederland: update bodemfysische eenhedenkaart; Wageningen Environmental Research, Wageningen. <https://doi.org/10.18174/541544>

⁴ <https://klimap.nl>

Houska, T., P. Kraft, A. Chamorro-Chavez, L. Breuer (2015) SPOTting Model Parameters Using a Ready-Made Python Package; in *PLOS ONE*, vol 10(12), pag e0145180. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145180>

Klein Tank, A., J. Beersma, J. Bessembinder, B. van den Hurk, G. Lenderink (2014) KNMI'14. Klimaatscenario's voor Nederland. Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie; KNMI, De Bilt.

KNMI en CHO (1988) Van Penman naar Makkink. Een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen; 's-Gravenhage.

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks (2017) SWAP version 4. Theory description and user manual; Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Langevin, C.D., J.D. Hughes, E.R. Banta, R.G. Niswonger, S. Panday, A.M. Provost (2017) Documentation for the MODFLOW 6 Groundwater Flow Model; in *U.S. Geological Survey Techniques and Methods*, book 6, Reston, VA. U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/tm/06/a55/tm6a55.pdf>

Mulder, M., M. Hack-ten Broeke, R. Bartholomeus, J. van Dam, M. Heinen, J. van Bakel, D. Walvoort, J. Kroes, I. Hoving, G. Holshof, J. Schaap, J. Spruijt, I. Supit, A. de Wit, R. Hendriks, J. de Haan, M. van der Voort, P. van Walsum (2018) Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie; in *STOWA rapport*, vol 48, Amersfoort.

Overeem, A., T.A. Buishand, I. Holleman (2009a) Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency curves using weather radar; in *Water Resources Research*, vol 45(10). <https://doi.org/10.1029/2009WR007869>

Overeem, A., I. Holleman, A. Buishand (2009b) Derivation of a 10-Year Radar-Based Climatology of Rainfall; in *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol 48(7), pag 1448–1463. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC1954.1>

Overeem, A., H. Leijnse, R. Uijlenhoet (2011) Measuring urban rainfall using microwave links from commercial cellular communication networks; in *Water Resources Research*, vol 47(12). <https://doi.org/10.1029/2010WR010350>

Ritzema, H.P., H.J. Nijland, F.W. Croon (2006) Subsurface drainage practices: From manual installation to large-scale implementation; in *Agricultural Water Management*, vol 86(1–2), pag 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.06.026>

Sluijter, R., M. Plieger, G.J. van Oldenborgh, J. Beersma, H. de Vries (2018) De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort; KNMI, De Bilt.

Terink, W., D. van Deijl, G.A.P.H. van den Eertwegh (2023a) HydroGap - A semi-spatially-distributed hydrological model for evaluating evapotranspiration and flow processes at the catchment-scale; KnowH2O rapport, Nijmegen.

Terink, W., D. van Deijl, G.A.P.H. van den Eertwegh (2023b) **Reusel – Landgebruik en teelten in de ruimte en de tijd. Effecten op droge stofproductie, natuur, en hydrologie**; KnowH2O rapport, Nijmegen.

Dorland, R. van, J. Beersma, J. Bessembinder, N. [redacted] emendaal, H. van den Brink, M. Brotons Blanes, S. Drijfhout, R. Groenland, R. Haarsma, C. Homan, I. Keizer, F. Krikken, D. Le Bars, G. Lenderink, E. van Meijgaard, J.F. Meirink, B. Overbeek, T. Reerink, F. Selten, C. Severijns, P. Siegmund, A. Sterl, C. de Valk, P. van Velthoven, H. de Vries, M. van Weele, B. Wichers

Schreur, K. van der Wiel (2023) KNMI National Climate Scenarios 2023 for the Netherlands; KNMI, De Bilt.

Walsum, P.E.V. van (2010) SIMGRO V7.1.0. User's guide; Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Wesselink (2022) Mondelinge mededeling van Wesselink tijdens bijeenkomst bij Boerderij van de Toekomst.

Westerhof-Graafstal, H., G. Karimlou (2020) Domingo 2018 LDD scenario's; Waterschap de Dommel, Boxtel.

Westerhof-Graafstal, H., A. Sterk, G. Karimlou (2020) Domingo 2018; Waterschap de Dommel, Boxtel.

Wit, J. de, M. van Huijgevoort, D. van Deijl, G. van den Eertwegh, R. Bartholomeus (2021a) Regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuwen - Veldproeven en modelanalyses in het zandgebied van Nederland voor een meer robuuste waterhuishouding op lokale en regionale schaal; KWR, Nieuwegein.

Wit, J. de, M. van Huijgevoort, G. van den Eertwegh, D. van Deijl, R. Bartholomeus (2021) Technische rapportage veldproeven met watermaatregelen Stegeren. Ontwerp en monitoring van vijf veldproeven met (automatisch gestuurde) regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuw in Stegeren (2017-2020); KWR, Nieuwegein.

Auteurs

WILCO TERINK
Q-Hydrology / KnowH2O
wilco.terink@q-hydrology.co.nz

DION VAN DEIJL
KnowH2O
deijl@knowh2o.nl

GÉ VAN DEN EERTWEGH
KnowH2O
eertwegh@knowh2o.nl

