

ONTWIKKELING VAN EEN LANDELIJKE BEREGENINGSKAART: BIEDT SATELLIETINFORMATIE HULP? WERKRAPPORT VAN EEN EERSTE VERKENNING



RAPPORT

2022
05

ONTWIKKELING VAN EEN LANDELIJKE BEREGENINGSKAART:
BIEDT SATELLIETINFORMATIE HULP?

WERKRAPPORT VAN EEN EERSTE VERKENNING

RAPPORT

2022

05

ISBN 978.90.5773.970.5



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Matthijs van de Brink HydroLogic (nu Rijkswaterstaat)
Joost Brombacher eLEAF
Jelle Degen eLEAF

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Hans van Leeuwen STOWA
Joost Heijkers Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Jan den Besten van Waterschap Hunze en Aa's

Deze studie is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van ESA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau bv
STOWA STOWA 2022-05
ISBN 978.90.5773.970.5

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

SATELLIETINFORMATIE VOOR HET IN BEELD BRENGEN VAN BEREGENING: EEN VERKENNING

Het is mogelijk om (de kans op) berekening in kaart te brengen met behulp van satellietinformatie, in combinatie met kenmerken van het agrarisch areaal, zoals gewastype en bodemopbouw. Het is wel nodig om de gehanteerde methodiek door te ontwikkelen, te valideren en te kalibreren.

De aanleiding voor deze studie vormt het feit dat de berekening van landbouwpercelen tijdens het groeiseizoen een substantiële onttrekking van oppervlaktewater en grondwater kan betekenen. De onttrokken hoeveelheden en de locaties van de berekening worden in Nederland echter niet structureel geregistreerd. Om toch kwantitatieve analyses te kunnen doen, wordt in het waterbeheer op dit ogenblik gewerkt met een potentiële beregeningskaart van Alterra (nu: WUR) uit 2012 (Massop, Schuiling, & Veldhuizen, 2012). Uit de praktijk is bekend dat door de droge zomers van afgelopen jaren het gebruik van beregeningsinstallaties gestaag is toegenomen. Daarom is er behoefte aan een actuele inschatting van beregeningskansen waardoor de belangen van waterschap, landbouw en drinkwater en de druk op het watersysteem beter ingeschat en afgewogen kunnen worden in extreme (droge) situaties.

In opdracht van STOWA en ESA hebben eLEAF en HydroLogic in deze studie een beregeningskaart opgesteld voor het (droge) jaar 2018. De landelijke beregeningskaart is gebaseerd op verschillende bronnen, waaronder satellietdata, modeldata (van onder andere het Landelijk Hydrologisch Model en OWASIS) en openbare datasets. De basis van de kaart is het Basisregistratie Gewaspercelen (BRP). De geproduceerde beregeningskaart van 2018 geeft op veldniveau inzicht in de waarschijnlijkheid dat berekening heeft plaatsgevonden. De methodiek en bijbehorende kaart zijn een eerste verkenning. Het is nodig om de ontwikkelde methodiek te kalibreren en te valideren. Het project 'Droogte Zandgronden Nederland' biedt hiervoor een waardevolle dataset.

De ontwikkelde kaart is te downloaden via: <https://www.hydrologic.nl/beregeningskaart>

Vervolg:

Deze studie en de ontwikkelde kaart moeten worden gezien als een verkenning. Inmiddels wordt gewerkt aan een vervolg waarin de kennis van het project 'Droogte Zandgronden Nederland' wordt gecombineerd met de voorliggende studie. Dit vervolg zal leiden tot een verbeteringslag en een nieuwe kaart. Deze kaart zal worden ondergebracht en worden beheert via het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI).

Joost Buntsma
Directeur STOWA

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

ONTWIKKELING VAN EEN LANDELIJKE BEREGENINGSKAART: BIEDT SATELLIETINFORMATIE HULP? WERKRAPPORT VAN EEN EERSTE VERKENNING

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
2	DE BEREGENINGSKAART	2
	2.1 Achtergrond beregeningskaart	2
	2.2 Beschrijving product	2
	2.2.1 Actueel neerslagtekort	3
	2.2.2 Integratie met overige bronnen	7
	2.3 Resultaten	10
3	VALIDATIE	12
	3.1 Vergelijking met LHM-kaart	12
	3.2 Vergelijking met berekeningcijfers 2018	13
	3.3 Veldobservaties	14
4	CONCLUSIES EN VERVOLG	18
	4.1 Conclusies	18
	4.2 Aanbevelingen voor vervolg	19
5	REFERENTIES	20
BIJLAGE A	LANDELIJKE BEREGENINGSKAART	21

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Beregening van landbouwpercelen vormt tijdens het groeiseizoen een substantiële onttrekking van oppervlaktewater en grondwater. De onttrokken hoeveelheden en de locatie van de beregening worden in Nederland niet structureel geregistreerd. Dit bemoeilijkt het beheer van het oppervlakte- en grondwater, omdat het moeilijk is te anticiperen op een onbekende watervraag. Ook de evaluatie van het gevoerde beheer is lastig wanneer de mate van beregening, vaak de grootste watervrager in een agrarisch gebied, onbekend is.

Om toch kwantitatieve analyse te kunnen doen, wordt gewerkt met een potentiële beregeningskaart. Op deze kaart is per perceel ingeschat of een perceel beregend is/wordt en uit welke bron de beregening plaatsvindt (grond- of oppervlaktewater). De meest recente versie is in 2012 opgesteld en is gebaseerd op een inventarisatie onder agrariërs uit 2010 (Massop, Schuiling, & Veldhuizen, 2012).

Uit de praktijk is bekend dat het gebruik van beregeningsinstallaties gestaag toeneemt en dat de droogte van 2018 voor een versnelling van dit proces heeft gezorgd. Daarom is er behoefte aan een geactualiseerde schatting van beregening. In opdracht van STOWA en de ESA hebben eLEAF en HydroLogic een beregeningskaart opgesteld voor het jaar 2018.

Het project is in een aantal stappen uitgevoerd:

- Op basis van eerdere onderzoeken en projecten is een methodiek uitgewerkt voor het schatten van de beregeningskans op perceelsniveau, gebaseerd op meteorologische en agro-hydrologische omstandigheden. Deze methodiek wordt in dit rapport nader toegelicht in Hoofdstuk 2;
- De beregeningskaart 2018 is vergeleken met beschikbare veldgegevens en er is een vergelijking uitgevoerd met de bestaande beregeningskaart (zie Hoofdstuk 3).
- Op basis hiervan is de methodiek op details aangepast. De resulterende kaart is in GIS-formaat opgeleverd aan STOWA en de waterschappen.

In Hoofdstuk 4 van deze rapportage zijn de conclusies van dit onderzoek opgenomen en is een doorkijk beschreven van het door ontwikkelen van de nu opgeleverde beregeningskaart voor 2018 naar een operationele, actuele beregeningskaart.

2

DE BEREGENINGSKAART

2.1 ACHTERGROND BEREGENINGSKAART

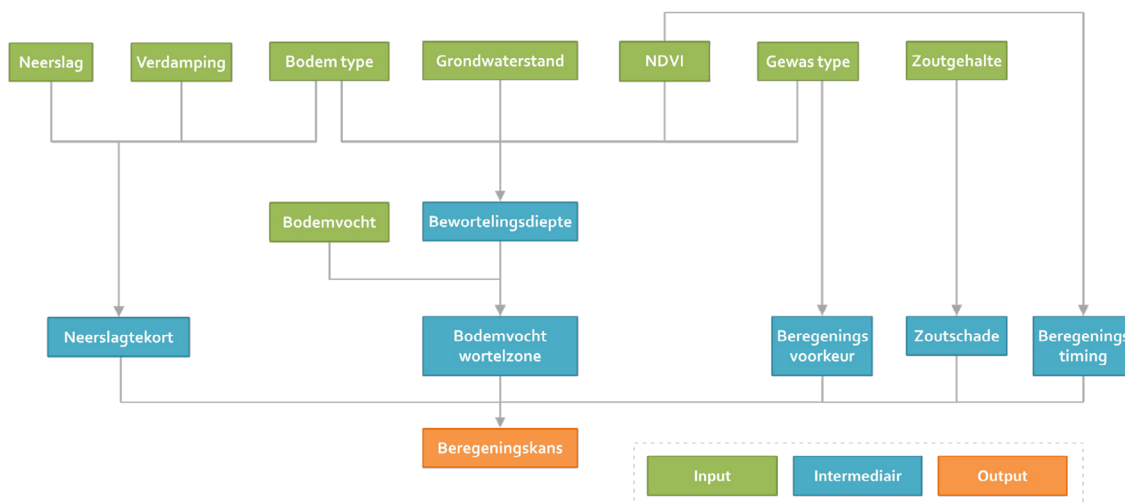
De beregeningskaart is ontstaan uit eerdere bevindingen van de beregeningsmonitor pilot. Deze pilot werd op 26 september 2019 gestart met een workshop waar Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Zuiderzeeland, Waterschap Scheldestromen, Hoogheemraadschap van Rijnland, en STOWA, samen met eLEAF en HydroLogic de wensen, kansen en uitdagingen van beregeningsdetectie aan de hand van satellietobservaties werden gedefinieerd. Aan de hand van de beschikbare validatiedata is gekozen om de studie uit te voeren voor Waterschap Scheldestromen. Tijdens de studie zijn verschillende algoritmen getest/ontwikkeld die aan de hand van satellietdata zowel direct als indirect berekening kunnen detecteren. Deze algoritmen zijn voor het groeiseizoen van 2018 en 2019 uitgevoerd en de resultaten werden vergeleken met beregeningsregistraties.

Ieder van de voorgestelde methoden bleek potentie te hebben om berekening te kunnen detecteren. Echter, voor de meeste methodes werd duidelijk dat de schaalbaarheid laag was of de methode te gewas specifiek was. Omdat schaalbaarheid cruciaal is voor het opzetten van een landelijke beregeningskaart zijn er een aantal vervolgstappen gedefinieerd, waarvan de focus lag op het verkrijgen van validatiedata in gebieden gelegen op zandgronden en het combineren satellietdata met aanvullende databronnen zoals bodemvocht en verdampingsdata.

2.2 BESCHRIJVING PRODUCT

De landelijke beregeningskaart is gebaseerd op verschillende bronnen, waar onder satelliet data, model data en openbare datasets. De basis van de kaart is het Basisregistratie Gewaspercelen (BRP). Aan de hand van deze dataset worden de veldgrenzen en gewastypen gedefinieerd. Het uiteindelijke product geeft per veld weer wat de beregeningskans aan het eind van het groeiseizoen is. De beregeningskans is primair afgeleid van het actuele neerslagtekort en wordt per veld gecorrigeerd voor het beschikbare bodemvocht, de grondwaterstand, het gewastype, het bodemtype en het zoutgehalte. Een globale beschrijving van de methode is te zien in Figuur 1.

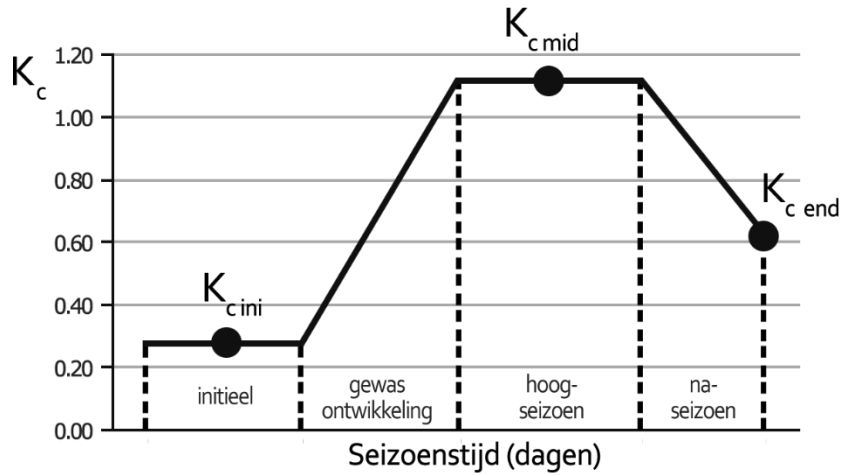
FIGUUR 1 GLOBALE BESCHRIJVING VAN DE METHODE DIE IS OPGESTELD VOOR HET BEREKENEN VAN DE BEREGENINGSKANS VOOR DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART



2.2.1 ACTUEEL NEERSLAGTEKORT

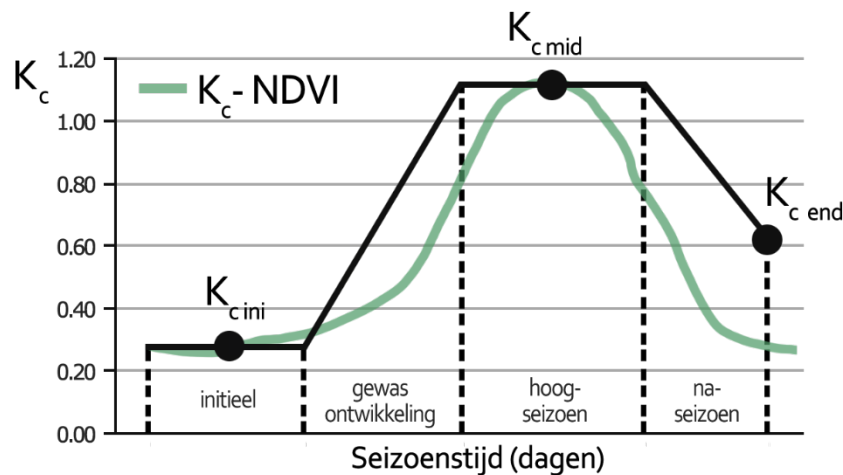
Het doorlopend potentiële neerslagoverschot wordt dagelijks bijgehouden door het KNMI aan de hand van meetobservaties van verschillende weerstations. Hier wordt de neerslag vergeleken met de referentie gewasverdamping, berekend aan de hand van de formule van Makkink (KNMI, 2021). Voor de beregeningskaart is gekozen om de standaard van de Food and Agriculture Organization (FAO) aan te houden. Hier wordt gebruik gemaakt van de Penman-Monteith vergelijkingen (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). De referentieverdamping kwantificeert alleen de verdamping van een fictief referentiegewas; het meest vergelijkbaar met gras. Om het watertekort van verschillende gewassen te kunnen definiëren is het waardevoller om de actuele verdamping met de neerslag te vergelijken, wat resulteert in het actuele neerslagoverschot/tekort. Omdat de beregeningskaart zich voornamelijk focust op droge periodes en om verwarring met het KNMI product te vermijden, verwijzen wij van af nu naar het actuele neerslagtekort.

Om voor heel Nederland de referentieverdamping (ET_0) te berekenen wordt gebruik gemaakt van de ERA5 dataset. Deze dataset omvat meteorologische modelobservaties van het Europees Centrum voor Weersverwachtingen op Middellange Termijn (ECMWF) en is dagelijks beschikbaar en heeft een resolutie van 0.1° (~ 10 km). Om de referentieverdamping om te zetten naar de actuele verdamping wordt gebruik gemaakt van een gewas coëfficiënt (K_c). Deze K_c wordt berekend conform de FAO-56 standaard (Allen et al., 1998). Tabel 12 van het FAO-56 document toont de initial ($K_{c,ini}$), mid of season ($K_{c,mid}$) en end of season ($K_{c,end}$) gewas coëfficiënten en de maximale gewashoogte (h_{max}), opgesteld per gewas type. Een voorbeeld van de gestandaardiseerde gewascoëfficiënten is weergegeven in Figuur 2.

FIGUUR 2 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE GEWASGROEICURVE EN VERSCHILLENDE GEWAS COËFFICIËNT (K_c) PARAMETERS GEDURENDE HET GROEISEIZOEN

Om de actuele verdamping voor de Nederlandse situatie te kunnen berekenen zijn de gewas-typen, zoals beschreven in het BRP, omgezet naar de gewas-typen uit het FAO-56 document. Wanneer er kennis is over de start en het eind van een groeiseizoen worden deze parameters vaak direct gebruikt om de actuele K_c te benaderen en de actuele verdamping te berekenen. Echter, voor de beregeningskaart maken wij gebruik van satellietdata om direct de K_c af te kunnen leiden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Dit is een index die is afgeleid van groene en nabij-infrarode straling en is een goede indicator voor de bladgroenconcentratie van een gewas. Over het algemeen heeft een kale grond een NDVI van 0.15 - 0.3 en heeft een volledig ontwikkeld gewas een NDVI van 0.8 - 0.9. Met voldoende NDVI observaties is het mogelijk om de K_c -curve van een groeiseizoen te benaderen zonder kennis te hebben over desbetreffende start en einddatum. Figuur 3 laat een voorbeeld van dit scenario zien.

FIGUUR 3 SCHEMATISCHE WEERGAVE GEWASGROEICURVE NAGEBOOTST AAN DE HAND VAN NDVI OBSERVATIES



Om de NDVI te schalen naar de actuele K_c wordt die gecorrigeerd aan de hand van de $K_{c,ini}$, $K_{c,mid}$, en h_{max} parameters, zoals beschreven in Formule 1 (Hunink et al., 2017).

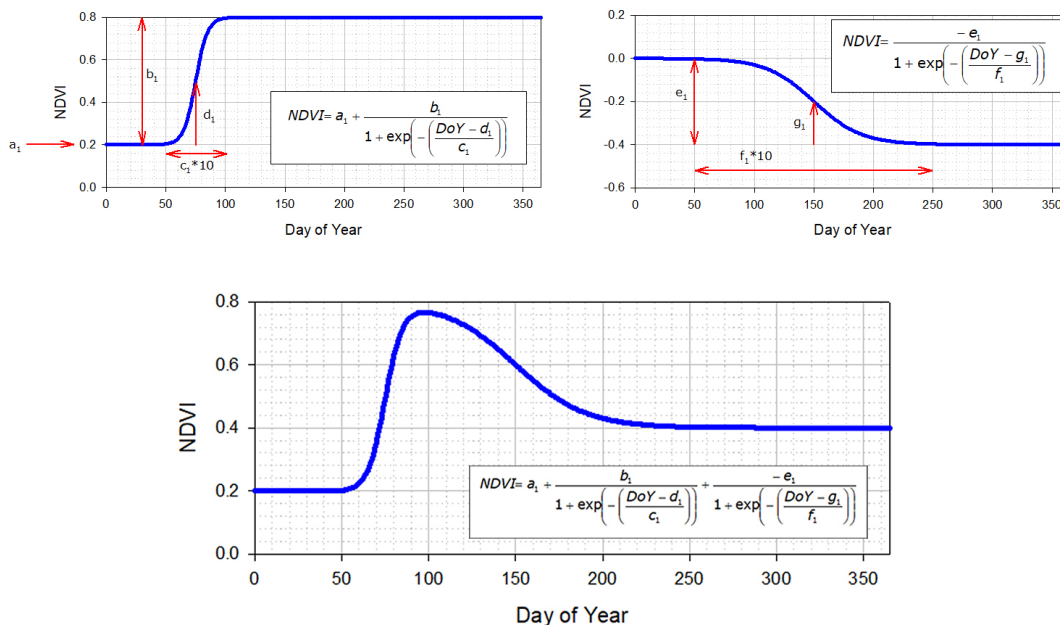
$$K_c = K_{c,ini} (K_{c,mid,klimaat} - K_{c,ini}) NDVI_{norm} \quad \text{Form. 1}$$

Om de actuele K_c te bepalen dient de NDVI genormaliseerd te worden aan de hand van de minimum en maximum NDVI waardes gedurende het groeiseizoen. Aangezien niet elk gebied uniform wordt gedekt door satellietobservaties worden deze minima en maxima per gewas type afgeleid. Daarnaast wordt de $K_{c,mid}$ afgeleid voor gebieden met een gemiddelde windsnelheid (\bar{u}_c) van 2 m/s op 2 m hoogte en een minimum luchtvochtigheid (RH_{min}) van 45%. Om de $K_{c,mid}$ uit de FAO56 tabel te vertalen naar de Nederlandse situatie dient Formule 2 toegepast te worden (Allen et al., 1998).

$$K_{c,mid,klimaat} = K_{c,mid} + (0.04(\bar{u}_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)) \left(\frac{h_{max}}{3}\right)^{0.3} \quad \text{Form. 2}$$

Voor het berekenen van de NDVI maken wij gebruik van Sentinel-2 observaties. Sentinel-2 bestaat uit twee identieke satellieten die om de 5 dagen een observatie van hetzelfde landoppervlak maken met een resolutie van 10 m (ESA, 2012). Echter, vanwege de relatief hoge breedtegraad van Nederland komt het in sommige delen van het land voor dat deze observatiefrequentie hoger is doordat er overlap tussen verschillende satellietbanen optreedt. Desondanks, is door een hoge mate van bewolking een aanzienlijk deel van deze observaties niet bruikbaar. Om eventuele gaten in de NDVI tijdserie te vullen wordt gebruik gemaakt van een versimpeld gewasgroeimodel, namelijk de Fisher curve (Fischer, 1994) due to 1.1 km resolution, pixels are mixtures of agricultural crop fields. However, crops with similar phenology behave radiatively as optically homogeneous canopies. In such cases, a logistic function using five parameters describes the annual time profile of the NDVI. Two of the five parameters are the ascending and descending inflection points, which convey important information about the development of the crop. Over a region like Beauce (approximately 10,000 km². Deze curve is opgebouwd uit twee delen, zoals te zien in Figuur 4.

FIGUUR 4 OVERZICHT VAN DE FISHER CURVE WAARMEE DE GEWASGROEI GEMODELLEERD KAN WORDEN. ALLE PARAMETERS DIENEN GEFIT TE WORDEN AAN DE HAND VAN BESCHIKBARE NDVI OBSERVATIES

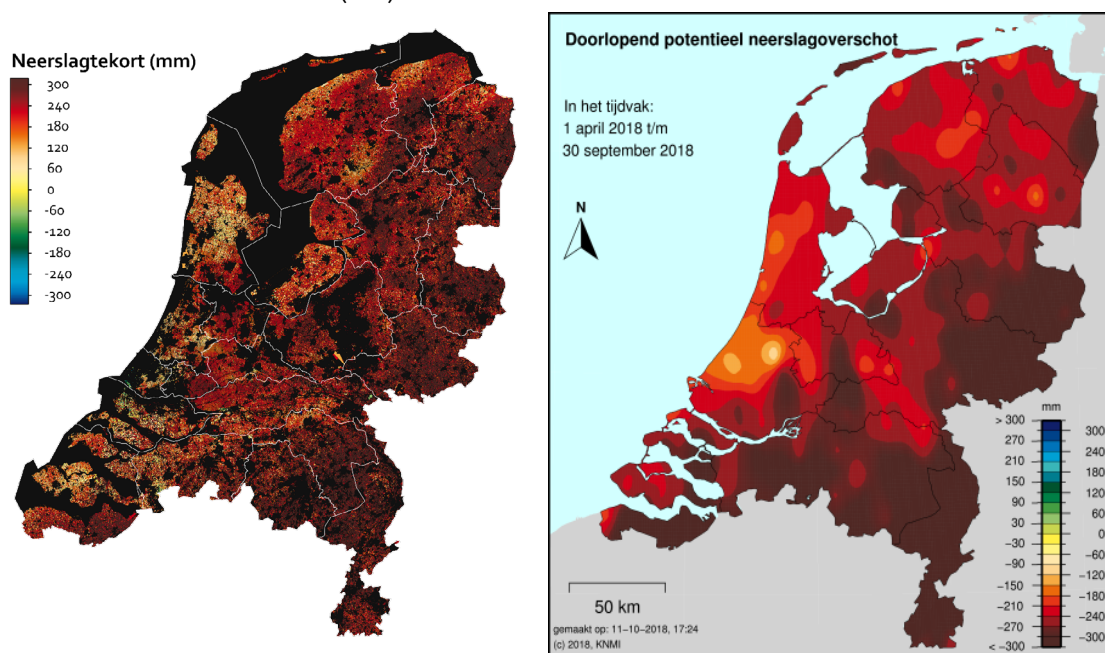


De eerste functie van de Fisher curve benadert, aan de hand van de minimum en maximum NDVI en het tijdsverschil tussen de twee, de ontwikkelingsfase van het gewas. De tweede functie benadert de afname van de NDVI aan het eind van de ontwikkelingsfase. Per gewas type wordt deze curve gefit aan de hand van de gewastype gemiddelde NDVI gedurende het groeiseizoen. Dit is een eerste grove benadering. Om per veld een meer accurate inschat-

ting van deze curve te verkrijgen wordt de initiële gewas specifieke Fisher curve verder gefit door middel van de beschikbare NDVI observaties voor het betreffende veld. Hierdoor wordt ondanks de aanwezigheid van bewolking een betrouwbare NDVI dataset gegenereerd.

Wanneer de K_c is gemodelleerd kan de actuele verdamping (ET_{act}) worden berekend door ET_0 te vermenigvuldigen met de K_c . Om het neerslagtekort te berekenen wordt de weekgemiddelde ET_{act} van de wekelijkse neerslagsom afgetrokken en de cumulatieve som berekend. Deze som wordt vervolgens geaggregeerd tot een maandelijks neerslagtekort. De neerslagdata is afkomstig van met regenmeters gecorrigeerde radarobservaties van het KNMI. Figuur 5 geeft een voorbeeld van het neerslagtekort vergeleken met het doorlopend potentieel neerslagoverschot van het KNMI berekend voor het groeiseizoen van 2018.

FIGUUR 5 VERGELIJKING TUSSEN HET DOORLOPEND POTENTIEEL NEERSLAGOVERSCHOT VAN HET KNMI (RECHTS) EN HET NEERSLAGTEKORT BEREKEND AAN DE HAND VAN ONZE METHODE (LINKS) VOOR HET GROEISEIZOEN VAN 2018



Figuur 5 laat zien dat beide producten vergelijkbare patronen tonen, met een hoog neerslagtekort in het (zuid)oosten en een relatief laag neerslagtekort in het westen van het land. Echter, doordat het neerslagtekort op veldniveau wordt berekend kunnen er ook betere lokale inschattingen worden gemaakt en speelt de gewastoeestand een nadrukkelijke rol, vergeleken tot de kaart van het KNMI.

Per bodemtype (zand, leem, klei, moer en veen) wordt vervolgens een inschatting van de gevoeligheid voor droogte gemaakt. Deze gevoeligheid wordt vertaald naar een kritiek neerslagtekort per bodemtype. Zandgronden zijn het meest gevoelig voor droogte terwijl een kleibodem beter water vast kan houden. Een droog jaar wordt gedefinieerd als een jaar waar het neerslagtekort tot het eind van het groeiseizoen 200 mm overtreft (ten Cate, van Holst, Kleijer, & Stolp, 1995). Tabel 1 geeft het kritieke neerslagtekort per bodemtype weer.

TABEL 1 KRITIEK NEERSLAGTEKORT AFGELEID VAN TEN CATE ET AL. (1995) EN GECORRIGEERD PER BODEM TYPE

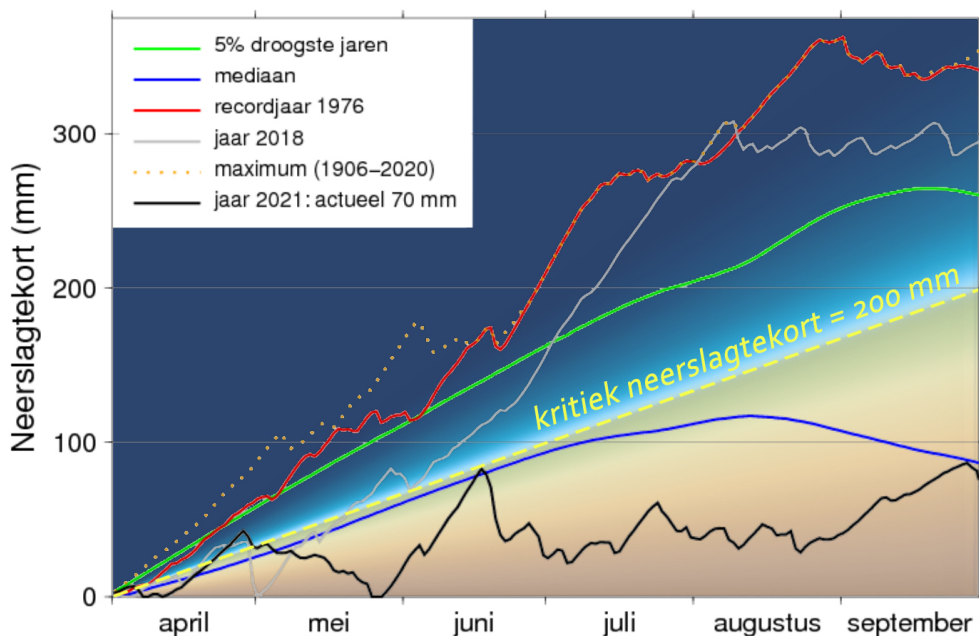
	Zand	Leem	Klei	Moer	Veen
Kritiek Neerslagtekort	180 mm	200 mm	220 mm	230 mm	400 mm

Het maandelijkse gecorrigeerde neerslagtekort ($P_{def,corr}$) wordt vervolgens uitgedrukt zoals beschreven in Formule 3. Het kritieke neerslagtekort ($P_{def,kritiek}$) wordt omgezet naar een maandelijks kritiek neerslagtekort aan de hand van het maandnummer (april = 1, september = 6) (m) en het totaal aantal maanden (m_{tot}). Het neerslagtekort wordt vervolgens omgezet naar mm/dag door het geheel te delen door het totaal aantal dagen van de betreffende maand (d). Wanneer het actuele neerslagtekort lager is dan het kritieke neerslagtekort is er geen kans op beregning vanwege droogte. Voor alle velden waar het gecorrigeerde neerslagtekort positief is wordt vervolgens met behulp van overige bronnen correcties (c) op het neerslagtekort toegepast om zo uiteindelijk tot het gecorrigeerde neerslagtekort en een beregeningskans te komen.

$$P_{def,corr} = \frac{P_{def} - \frac{P_{def,kritiek} \cdot m}{m_{tot}}}{d} \cdot c \quad \text{Form. 3}$$

Figuur 6 geeft een schematische weergave van de invloed van het neerslagtekort op de beregeningskans. Dit voorbeeld laat zien dat een kritiek neerslagtekort van 200 mm tijdens een mediaan jaar resulteert in een lage beregeningskans. Echter, omdat het neerslagtekort voor de landelijke beregeningskaart per veld wordt berekend is ook in een mediaan jaar voor sommige velden het neerslagtekort dat groter is dan 200 mm. Daarnaast schalen de correcties (c) het neerslagtekort naar boven of beneden bij wanneer externe factoren, die verder staan beschreven in Hoofdstuk 2.2.2, invloed hebben op de beregeningskans.

FIGUUR 6 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE INVLOED VAN EEN KRITIEK NEERSLAGTEKORT VAN 200 MM (GELE STIPPELLIJN) OP DE BEREGENINGSKANS, VERGELEKEN MET DE NEERSLAGTEKORTGRAFIEK VAN HET KNMI ([HTTPS://WWW.KNMI.NL/NEDERLAND-NU/KLIMATOLOGIE/GEOGRAFISCHE-OVERZICHTEN/NEERSLAGTEKORT_DROOGTE](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte)). HOE GROTER HET VERSCHIL TUSSEN HET ACTUELE EN HET KRITIEKE NEERSLAGTEKORT, HOE GROTER DE KANS OP BEREGENING



2.2.2 INTEGRATIE MET OVERIGE BRONNEN

Figuur 1 laat zien dat naast het neerslagtekort diverse bronnen worden geraadpleegd om de beregeningskans te kunnen modelleren. HydroLogic levert vanuit het OWASIS model zowel grondwaterniveau als bodemvocht data. In combinatie met de NDVI, het gewastype en de

Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK) wordt de bewortelingsdiepte en het bodemvochtgehalte in de wortelzone berekend. Voor verschillende bodemvochtclassen wordt een correctie geformuleerd. Deze correcties staan gedefinieerd in Tabel 2.

TABEL 2 CORRECTIES VOOR HET NEERSLAGTEKORT VANWEGE VARIATIE IN HET VOCHTLEVEREND VERMOGEN VAN EEN BODEM AAN DE HAND VAN HET ACTUELE BODEMVOCHT, AFGELEID MET BEHULP VAN TEN CATE ET AL. (1995)

	Zeer gering	Vrij gering	Matig	Vrij groot	Zeer groot
Vochtleverend vermogen	0 - 50 mm	50 - 100 mm	100 - 150 mm	150 - 200 mm	> 200 mm
Correctie	0%	-10%	-20%	-30%	-40%

Ook wordt er voor bepaalde gewassen een inschatting gemaakt welke een grotere voorkeur hebben om berekend te worden. Dit kan zijn doordat droogte leidt tot gewasschade en hoge opbrengstverliezen. Echter, gewassen met een goed ontwikkelde wortelstructuur, zoals fruitbomen en coniferen worden minder kwetsbaar voor droogte geacht. Voor de beregeningskaart hebben wij vier verschillende klassen gedefinieerd ieder met een bijbehorende correctie. Deze klassen staan beschreven in Tabel 3.

TABEL 3 CORRECTIES VOOR HET NEERSLAGTEKORT VANWEGE GEWAS SPECIFIEKE RISICO'S/FACTOREN

	Hoge prioriteit	Lage prioriteit	Compensatie	Overige
Gewastypen	Aardappels, bonen en peulvruchten, wortels en knollen, erwten, uien	Drasland, raaigras, klavergras, weiland, voeder, gazon	Coniferen, appels, kersen, peren en overige fruitbomen, steenvruchten	
Correctie	+10%	-10%	-40%	0%

In sommige gebieden wordt er niet alleen berekend om gewassterfte te voorkomen, maar ook om zoutwater infiltratie tegen te gaan tijdens droge periodes. Daarom wordt er in de beregeningskaart ook rekening gehouden met de zoutconcentraties in het grondwater. De dataset die hiervoor gebruikt wordt is afkomstig van het NHI. Tabel 4 laat de invloed van het zoutgehalte op de beregeningskans zien.

TABEL 4 CORRECTIES VOOR HET NEERSLAGTEKORT VANWEGE VERHOOGDE ZOUTCONCENTRATIES IN HET GRONDWATER

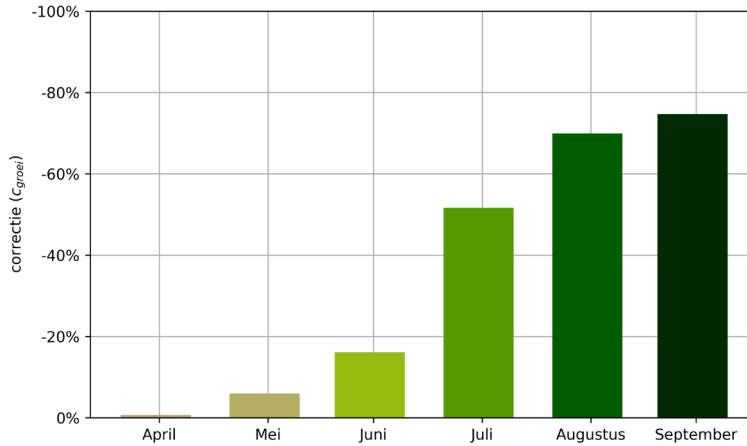
	Geen risico (zoet)	Middel risico (brak)	Hoog risico (zout)
Zoutgehalte	0 - 150 mg/L	150 - 1.000 mg/L	> 1.000 mg/L
Correctie	0%	+12,5%	+25%

Als laatst wordt ook een inschatting gemaakt wanneer in het groeiseizoen beregening waarschijnlijk wel en niet wordt toegepast. De meeste gewassen hebben profijt bij beregening in het ontwikkelingsstadium. Vlak voor het moment dat er geoogst wordt en na de oogst zal er waarschijnlijk geen beregening meer worden toegepast. Aan de hand van de eerder afgeleide Fisher curve wordt het seizoen opgedeeld in een groeistadium en het naseizoen. Echter, na het groeiseizoen kan ook ter voorbereiding van een volgend gewas beregening worden toegepast. Dit stadium wordt gedefinieerd door een negatieve hellingshoek van de Fisher curve in combinatie met NDVI waarden groter dan 0,7 en kleiner dan 0,3. Om de groeistadia te vertalen naar een correctie op het neerslagtekort wordt per week de hellingshoek van de Fisher curve afgeleid en het betreffende stadium gedefinieerd. Aan de hand van de definitie van het naseizoen (hellingshoek < 0 & 0,7 > NDVI < 0,3) wordt de maandelijkse correctie als volgt berekend:

$$C_{groei} = - \frac{\sum N_{\theta < 0 \& 0,7 > NDVI < 0,3}}{N} * 100\% \quad \text{Form. 4}$$

Met $N_{<0 \leq 0,7 > NDVI < 0,3}$ als het aantal observaties dat voldoen aan de definitie van het naseizoen en met N als het totaal aantal wekelijkse observaties per maand. Figuur 7 geeft een voorbeeld weer van een landsgemiddelde correctie factor per maand berekend aan de hand van Formule 4.

FIGUUR 7 VOORBEELD VAN LANDSGEMIDDELDE CORRECTIEFACTOR BEREKEND AAN DE HAND VAN HET GROEISTADIUM VAN HET GEWAS. HOE GROENER DE KLEUR IN DE GRAFIEK, HOE GEVORDERDER HET GROEISTADIUM VAN HET GEWAS



Door al deze rekenregels te combineren kan het maandelijkse gecorrigeerde neerslagtekort worden berekend. Dit gecorrigeerde neerslagtekort wordt uitgedrukt in mm/dag. Formule 5 toont hoe de correctie factor (c) wordt berekend. Wanneer de correctie factor negatief wordt aangenomen dat de beregeningskans 0% is.

$$c = \frac{100\% + c_{vocht} + c_{gewas} + c_{zout} + c_{groei}}{100\%} \quad \text{Form. 5}$$

Het gemiddelde gecorrigeerde maandelijkse neerslagtekort wordt gebruikt als basis van de beregeningskans. Wanneer het seizoengemiddelde hoger ligt dan 3 mm/dag gaan we ervan uit dat de beregeningskans 100% is. Een gemiddelde waarde van 1,5 mm/dag correspondeert dus met een beregeningskans van 50%, enzovoorts. Daarnaast kunnen de het maximale gecorrigeerde maandelijkse neerslagtekort en de duur van het neerslagtekort als bonus dienen voor de beregeningskans. Als het maximale gecorrigeerde maandelijkse neerslagtekort groter is dan 4 mm/dag wordt er een bonus bij de beregeningskans opgeteld. Deze bonus is genormaliseerd tussen 4 en 15 mm/dag. Dit houdt in dat wanneer een maximaal neerslagtekort van 15 mm/dag wordt geobserveerd, het gecorrigeerde neerslagtekort met 1 mm/dag wordt verhoogd. De duur van het neerslagtekort draagt ook bij aan het verhogen van de beregeningskans. Wanneer er tijdens alle maanden van het groeiseizoen een neerslagtekort optreedt, wordt ook 1 mm/dag opgeteld bij het neerslagtekort. Het hierboven beschreven model kan worden geïnterpreteerd als Formule 6.

$$\text{beregeningkans} = \frac{\overline{P_{def,corr}} + \frac{\max(P_{def,corr}) - 4}{15 - 4} + \Delta t_{P_{def,corr}}}{3} \quad \text{Form. 6}$$

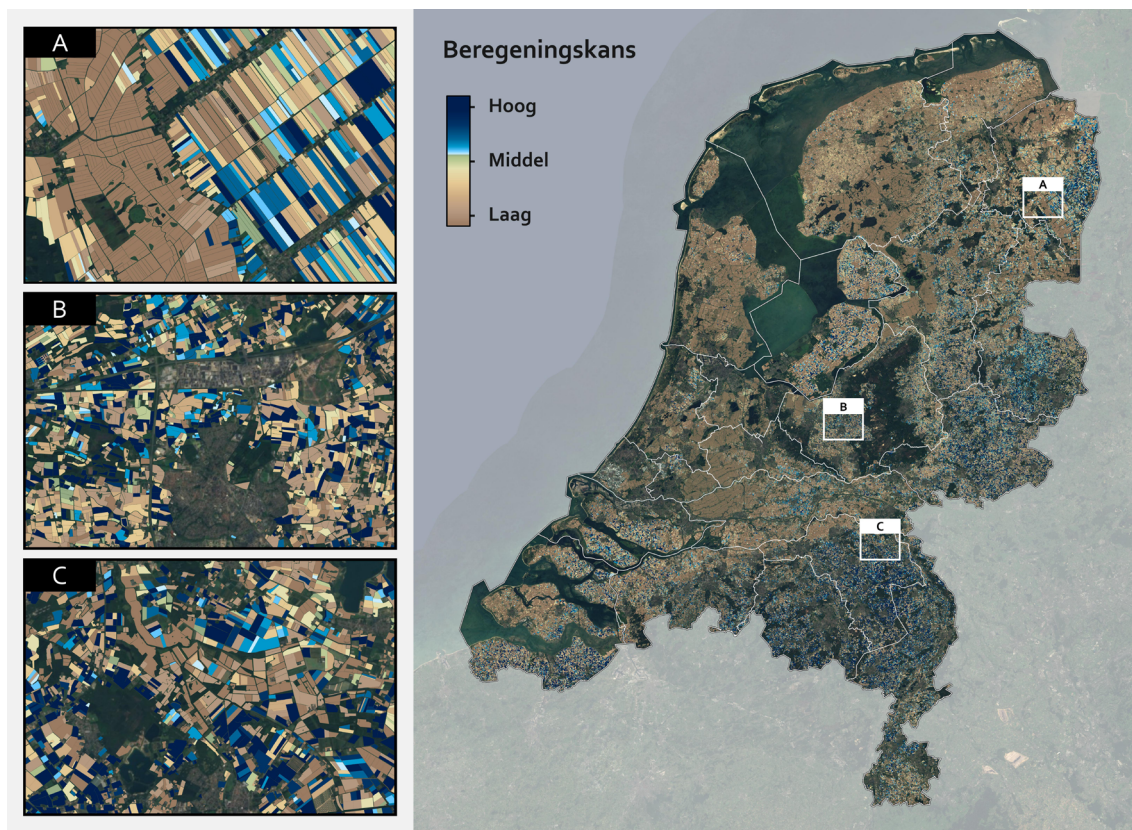
Als voorbeeld, een perceel ervaart een gemiddeld neerslagtekort ($\overline{P_{def}}$) van 0.8 mm/dag gedurende het groeiseizoen, het maximum maandelijks neerslagtekort (P_{def}) bedraagt 8 mm/dag en de duur van het neerslagtekort ($\Delta t_{P_{def}}$) is 3 maanden. Hierdoor resulteert de uiteindelijke beregeningskans op 55%. Dit percentage dient als indicator en zegt iets over de mate van

zekerheid dat ergens beregening heeft plaatsgevonden. Er kan ook geen koppeling worden gemaakt aan de intensiteit of daadwerkelijke timing van de beregening. Een veld met een beregeningskans van 10% heeft daarnaast ook te maken gehad met een extreem neerslagtekort, waardoor bij velden met een lage beregeningskans beregening niet direct uit te sluiten is. Alleen voor velden waar de beregeningskans 0% is zijn er sterkere indicaties dat er geen beregening is toegepast om droogteschade te voorkomen. We hebben gekozen om niet deze percentages op de beregeningskaart weer te geven, maar om de beregeningskans aan te duiden met de schalen “laag”, “middel” en “hoog”.

2.3 RESULTATEN

Aan de hand van de beschreven methoden is voor het groeiseizoen van 2018 de landelijke beregeningskaart gegenereerd. Figuur 8 toont de eerste resultaten.

FIGUUR 8 DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART VOOR HET GROEISEIZOEN VAN 2018. EEN UITVERGROOTTE VERSIE VAN DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART IS TE ZIEN IN BIJLAGE A



De landelijke beregeningskaart toont op zowel regionale schaal als op lokale schaal grote variatie in de beregeningskans. Tijdens de extreem droge zomer van 2018 werden er door verschillende waterschappen beregeningsverboden ingesteld. Voornamelijk het zuiden en oosten van Nederland werden getroffen. Figuur 8 laat zien dat juist in deze gebieden de beregeningskans hoog is, wat in de lijn der verwachtingen ligt. Dit wordt veroorzaakt door het hoge neerslagtekort (Figuur 5) in combinatie met een laag kritiek neerslagtekort (Tabel 1), een laag bodemvochtgehalte en lage grondwaterstanden. In het westen is de beregeningskans relatief laag, mede vanwege het lagere neerslagtekort (Figuur 5). Daarnaast speelt ook mee dat in de polders de grondwaterstand en het bodemvochtgehalte relatief hoog zijn, waardoor inten-

sieve berekening minder aannemelijk wordt. Hetzelfde geldt voor Wetterskip Fryslân. In de Betuwe en langs de Kromme Rijn laten voornamelijk velden met fruitbomen een verhoogde beregeningskans zien, ondanks de correctie die is toegepast (Tabel 3). In de veengebieden is de beregeningskans voornamelijk laag, wat wordt veroorzaakt door het hoge kritieke neerslagtekort (Tabel 1).

Voor het groeiseizoen van 2018 is in totaal is 24,7% van het landbouwooppervlak aangemerkt met een beregeningskans van 0%. De overige 75,3% van het oppervlak is aangemerkt als potentieel beregend, waarvan voor 59,8% de beregeningskans laag (0-33%) is, voor 19,9% de beregeningskans middel (33%-66%) is en voor 20,3% de beregeningskans hoog (66-100%) is. Op 52,4% van de velden met een potentiële beregeningskans wordt voeder verbouwd. Veld maïs, weiland, aardappelen, winter tarwe en bieten nemen respectievelijk 14,5%, 10,3%, 5,6%, 3,3% en 2,8% voor hun rekening. 11,2% van de potentieel beregende velden zijn beplant met overige gewassen. Wanneer alleen naar velden met een hoge beregeningskans wordt gekeken heeft veld maïs het grootste aandeel (52,1%), gevolgd door voeder (11,1%), winter tarwe (10,0%), bieten (5,5%) en aardappelen (4,7%). Tabel 5 geeft voor de 8 meest voorkomende gewassoorten het percentage van het areaal dat binnen de verschillende beregeningsklassen valt.

TABEL 5

PERCENTAGE VAN HET AREAAL DAT BINNEN DE 4 BEREGENINGSKANS KLASSEN VALT VOOR DE 8 MEEST VOORKOMENDE GEWASSOORTEN

Beregeningskans	Afwezig (0%)	Laag (0-33%)	Middel (33-66%)	Hoog (66-100%)
voeder	29,5%	58,1%	9,9%	2,5%
weiland	44,6%	50,1%	5,3%	-
veld maïs	12,2%	14,0%	18,9%	54,9%
aardappelen	14,5%	47,2%	26,6%	11,6%
winter tarwe	2,3%	16,2%	27,7%	53,8%
bieten	20,1%	26,7%	27,1%	26,1%
wortels en knollen	36,2%	63,8%	-	-
uien	15,1%	84,9%	-	-

Tabel 5 laat zien dat voornamelijk veld maïs en winter tarwe over het algemeen de hoogste beregeningskans hebben. Weilanden wordt het minst waarschijnlijk beregend. Wortels, knollen en uien hebben over het algemeen een lage beregeningskans, maar berekening kan in 63,8% van de gevallen niet worden uitgesloten. Bij bieten wordt iedere klasse grofweg evenredig vertegenwoordigd.

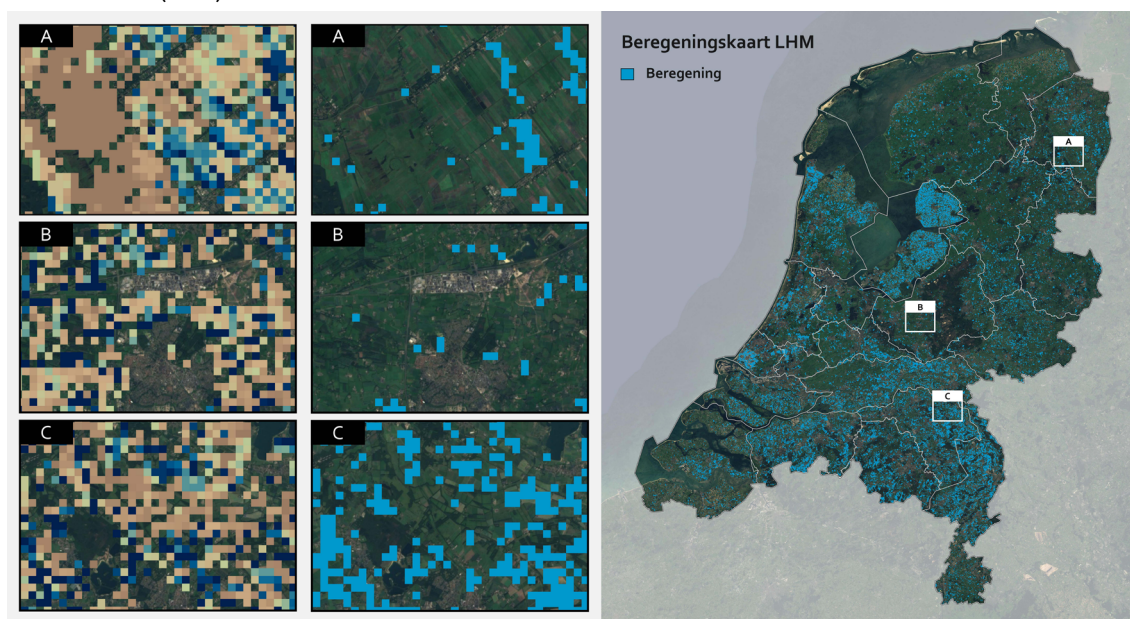
3

VALIDATIE

3.1 VERGELIJKING MET LHM-KAART

In 2012 is door Alterra een potentiële beregeningskaart gegenereerd aan de hand van landbouwmeetings uit 2010 (Massop et al., 2012). Naast de gebruikelijke informatie die boeren verplicht zijn door te geven tijdens de meetingen is er destijds ook een sectie toegevoegd over beregening. Hierdoor is het inzichtelijk geworden hoeveel areaal en met welke intensiteit een boer heeft beregend. Deze kaart wordt tot vandaag de dag gebruikt in het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Figuur 9 vergelijkt voor de drie focusgebieden in Waterschap Hunze en Aa's (A), Waterschap Vallei en Veluwe (B) en Waterschap Aa en Maas (C) de potentiële beregeningskaart van 2012 met de landelijke beregeningskaart van 2018. Om de resultaten beter te kunnen vergelijken is de landelijke beregeningskaart omgezet van vector naar raster data en is de resolutie verlaagd naar 250 m.

F FIGUUR 9: VERGELIJKING TUSSEN DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART (LINKS) EN DE POTENTIËLE BEREGENINGSKAART ZOALS GEBRUIKT IN HET LHM (RECHTS)



Figuur 9 laat duidelijke verschillen zien tussen de potentiële beregeningskaart en de landelijke beregeningskaart. Een aantal van deze verschillen zijn te verklaren aan de hand van de periode voor wanneer deze twee kaarten zijn gemaakt. De landelijke beregeningskaart laat bijvoorbeeld een verhoogde beregeningskans in het oosten van het land zien, terwijl de potentiële beregeningskaart toont dat relatief weinig boeren in dit gebied beregeningsinstallaties tot hun beschikking hebben. Omdat de potentiële beregeningskaart observaties van 2010 gebruikt is de kans aanzienlijk dat boeren in de tussentijd meer beregeningsinstallaties hebben aangeschaft vanwege de toenemende risico's op droogte vanwege klimaatverandering. Daarbij komt dat 2018 een van de droogste zomers ooit was (Figuur 6), terwijl in 2010

het maximale neerslagtekort eerder vergelijkbaar was met een mediaan jaar (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief-neerslagoverschot>). Het ligt dus in de lijn der verwachtingen dat in het oosten de beregeningskans relatief hoog is.

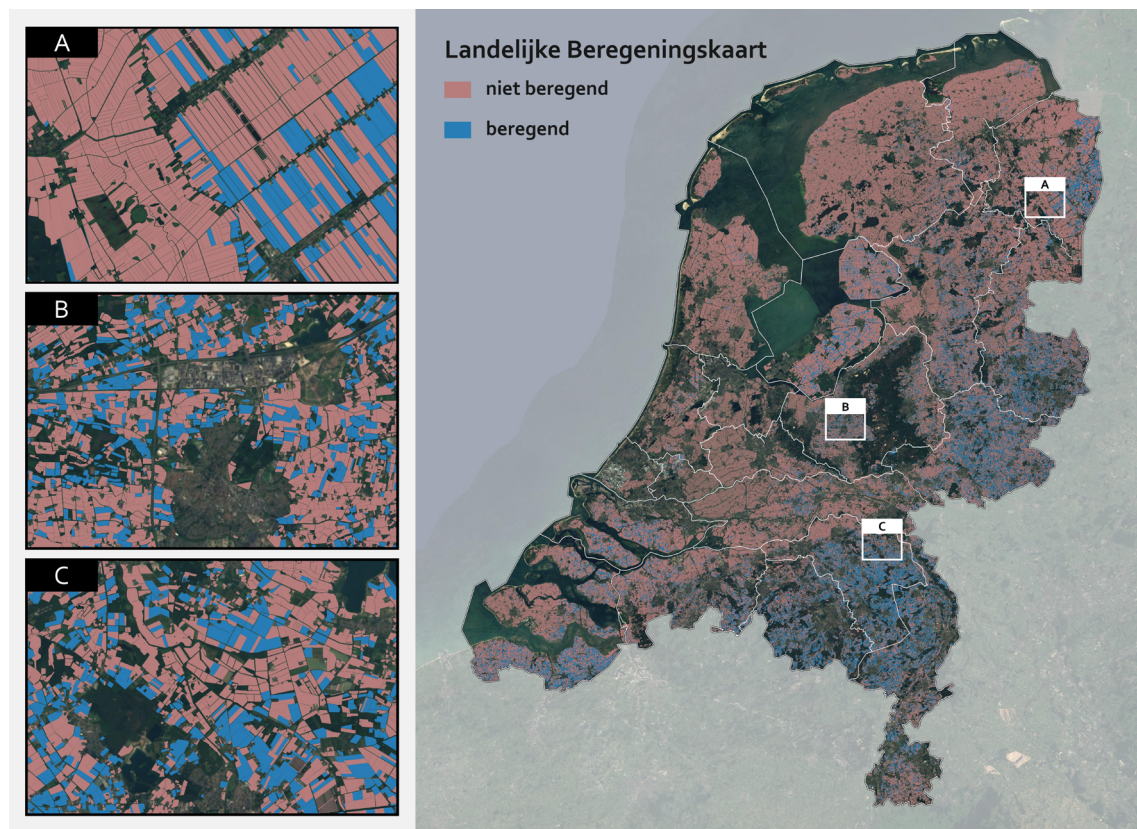
Voor Waterschap Zuiderzeeland laten de twee kaarten ook verschillen zien. De potentiële beregeningskaart toont dat veel boeren beschikking hebben tot beregeningsinstallaties, maar de landelijke beregeningskaart laat juist gemiddelde activiteit in 2018 zien. Een mogelijk verklaring is dat ondanks de extreme omstandigheden de watervoorziening in Flevoland goed op orde is (Waterschap Zuiderzeeland, 2018). In het huidige model wordt ervan uitgegaan dat hoge grondwaterstanden en kleiige bodems de beregeningskans verlagen. Echter, omdat water zo goed beschikbaar is wordt beregening systematisch toegepast om gewasopbrengsten te vergroten, ook in minder droge jaren. Flevoland is dus in mindere mate kwetsbaar voor droogte in vergelijking tot andere regio's, maar er wordt wel veel beregend omdat er ook veel water beschikbaar is. Omdat deze vorm van beregening niet direct gekoppeld kan worden aan het neerslagtekort is de huidige versie van de landelijke beregeningskaart in dit soort gebieden minder nauwkeurig.

3.2 VERGELIJKING MET BEREGENINGCIJFERS 2018

Het Wageningen Economic Research (WEcR) heeft aangetoond dat in 2018 44% van het beregende areaal (minstens één maal beregend) bestond uit akkerbouw en 46% uit veehouderij (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl001414-watergebruik-landbouw>). Wanneer gewenst is om de beregeningskans om te zetten naar een binaire kaart voor het gebruik in een hydrologisch model moet een grenswaarde van beregeningskans worden bepaald. Aan de hand van de verhouding van het WEcR kan een poging gedaan worden om deze grenswaarde te bepalen. Tabel 5 laat zien dat weilanden en voeder (veehouderijen) voornamelijk een lage beregeningskans laten zien, terwijl akkerbouw domineert in het aandeel van percelen met een hoge beregeningskans. Wanneer de verhouding tussen akkerbouw en veehouderij wordt berekend voor alle klassen (laag, middel en hoog) komen wij op een verhouding van 37/63 in het voordeel van veehouderij. Wanneer we alleen naar percelen met een hoge beregeningskans kijken komen we op een verhouding van 11/89 in het voordeel van akkerbouw. De grenswaarde ligt dus op een beregeningskans tussen de 0 en 100%. Analyse van de beregeningskaart laat zien dat deze 50/50 verdeling tussen akkerbouw en veehouderij overeenkomt met een grenswaarde van 16% beregeningskans.

Wanneer een grenswaarde van 16% wordt gebruikt laat de landelijke beregeningskaart zien dat 904.057 ha wordt aangemerkt als beregend, wat 50% van het totale landbouw areaal is. Het WEcR heeft geconcludeerd dat in 2018 296.856 ha aan landbouwgrond minimaal éénmaal is beregend (van der Meer, 2018). De grenswaarde van 16% is dus niet representatief voor het creëren van een binaire kaart. Er zal meer validatie data nodig zijn om tot een accurate binaire kaart te kunnen komen. Figuur 10 geeft een voorbeeld van de landelijke beregeningskaart wanneer het oppervlak zoals aangetoond door het WEcR wordt benaderd, wat het geval is als een grenswaarde van 63% wordt gebruikt.

FIGUUR 10 DE BINAIRE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART WANNEER EEN GRENSSWAARDE VAN 63% WORDT TOEGEPAST OP DE BEREGENINGSKANS OM EEN BEREGEND AREAAL VAN 296.856 HA TE BENADEREN

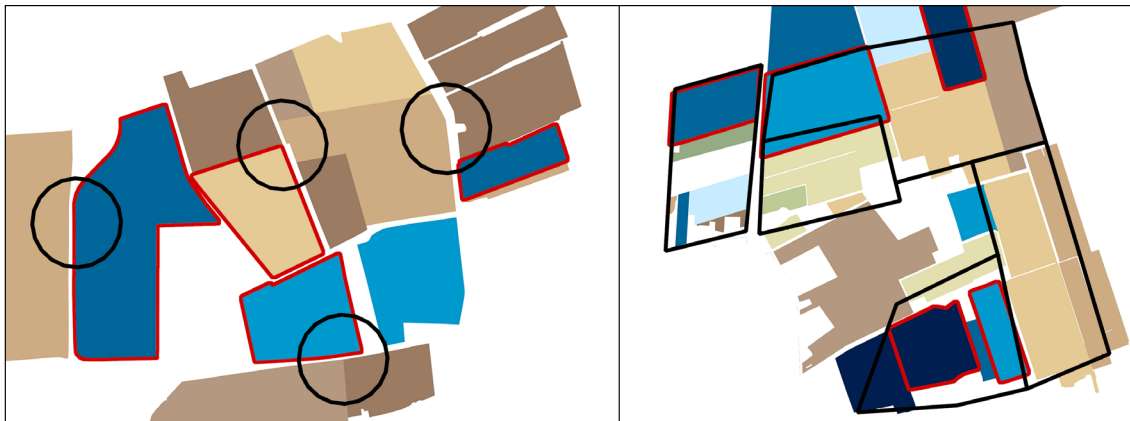


3.3 VELDOBSERVATIES

Om de landelijke beregeningskaart te kunnen valideren is aan de betrokken waterschappen een uitvraag voor validatiedata gedaan. Gezien de privacy-gevoeligheid van de betreffende informatie kunnen veel waterschappen niet aan deze aanvraag voldoen. Daarnaast wordt er tot op heden relatief weinig actief gemonitord waar en wanneer beregening plaatsvindt. Waterschap Hunze en Aa's kon wel aan deze aanvraag voldoen en heeft data gedeeld voor het groeiseizoen van 2018. De data betroffen observaties van actieve beregening gemaakt door veldmedewerkers en de locaties van grondwaterputten. Daarnaast is ook data van de WUR-PPO proefbedrijf Kooijenburg te Marwijksoord gedeeld waar per veld de beregeningsgiften bekend zijn.

Omdat een veldobservatie is ingetekend door veldmedewerkers en deze niet altijd overeenkomt met de percelen zoals die gedefinieerd zijn in het BRP vallen er vaak meerdere BRP percelen in één veldobservatie. Daarom is per veldobservatie het perceel met de hoogste beregeningskans gekozen als de indicator voor de validatie. Bijvoorbeeld, als er binnen één veldobservatie drie BRP percelen liggen, waarvan de percelen een beregeningskans van respectievelijk 0%, 50% en 100% hebben, wordt het perceel met de beregeningskans van 100% gebruikt als indicator. Om de grondwaterputdata te gebruiken als validatie is een buffer van 100 m rondom de put ingetekend. Binnen deze buffer wordt ook het veld met de hoogste beregeningskans gebruikt als indicator voor de validatie. Een visualisatie van deze methode is beschreven in Figuur 11.

FIGUUR 11 VOORBEELD VAN DE VERGELIJKING TUSSEN VELDOBSERVATIES (RECHTS) EN GRONDWATERPUTTEN (LINKS) EN DE BEREGENINGSKANS. BINNEN EEN VELDOBSERVATIE OF BUFFER VAN 100 M RONDOM DE GRONDWATERPUTTEN (ZWARTE POLYGONEN) WORDT HET VELD MET DE HOOGSTE BEREGENINGSKANS GEBRUIKT ALS INDICATOR (RODE POLYGONEN)

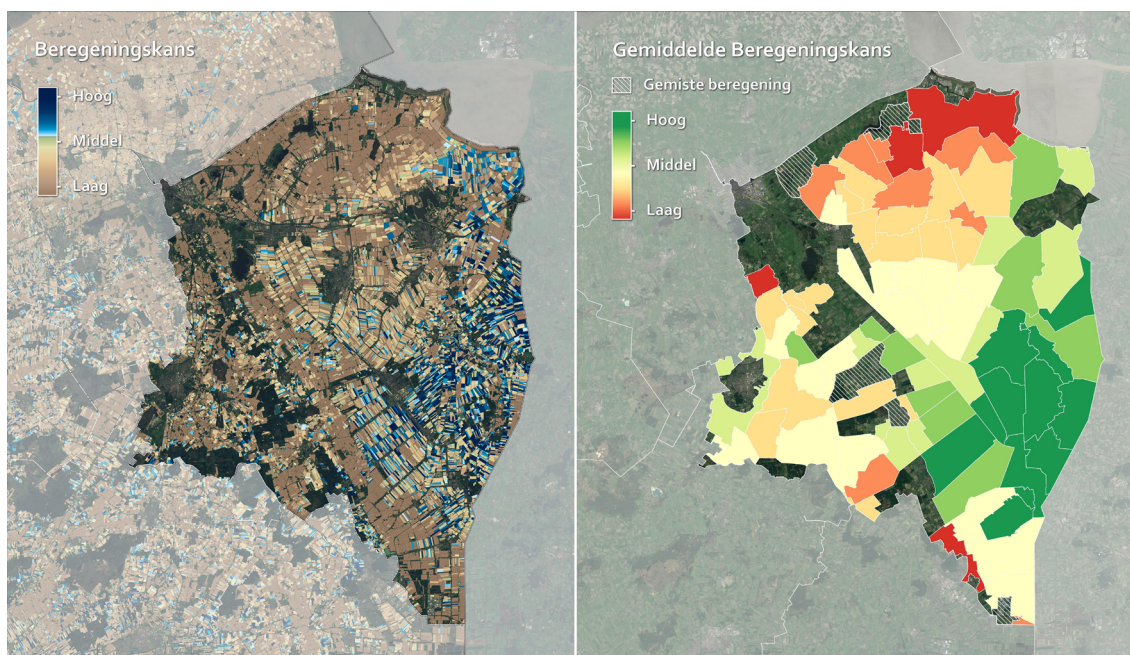


Omwille van privacy redenen wordt de validatiedata naar wijkniveau geaggregeerd door de beregeningskans per validatiepunt te middelen. Deze “gemiddelde beregeningskans” is dus een indicator die laat zien of een hoge beregeningskans overeenkomt met veldobservaties of grondwaterputdata. Wanneer de gemiddelde beregeningskans laag is wordt op wijkniveau de geobserveerde beregening niet goed gesimuleerd. Bij een hoge gemiddelde beregeningskans is er een betere overeenkomst tussen de validatiedata en de beregeningskans van de landelijke beregeningskaart. Echter, zoals Figuur 11 laat zien, wordt volgens de hierboven beschreven methode niet altijd de meest realistische keuze gemaakt welk perceel als indicator voor de veldobservaties wordt gekozen. Hoewel deze vorm van validatie te indirect is om sterke conclusies te kunnen trekken over de kwaliteit van de beregeningskaart, helpt het wel met inzichtelijk maken wat de ruimtelijke verschillen zijn van de nauwkeurigheid van de beregeningskans.

Figuur 12 toont deze ruimtelijke verschillen in de accuraatheid van de beregeningskans in het Waterschap Hunze en Aa's. In het noorden van het waterschap laat de landelijke beregeningskaart over het algemeen een lage beregeningskans zien voor velden die door het waterschap zijn aangemerkt als beregend. Voor de grondwaterputten, die voornamelijk in het oostelijke deel van het waterschap op de hoge zandgronden te vinden zijn, is de beregeningskans over het algemeen middel. In het westen is de gemiddelde beregeningskans hoger, waardoor het aannemelijker is dat de beregeningskans in dit gedeelte van het waterschap accurater is weergegeven. In totaal zijn er 5 wijken waar voor alle veldobservaties of grondwaterputten de beregeningskans 0% was, wat aangeeft dat de landelijke beregeningskaart geen beregening heeft gedetecteerd terwijl er wel beregening heeft plaatsgevonden.

FIGUUR 12

VERGELIJKING TUSSEN DE BEREGENINGSKANS EN DE VELDOBSERVATIES EN GRONDWATERPUTDATA OP WIJKNIVEAU. EEN HOGE GEMIDDELDE BEREGENINGSKANS GELDT ALS INDICATOR DAT OP WIJKNIVEAU BINNEN EEN GROEP VAN VELDOBSERVATIES OF IN DE BUURT (100 M) VAN DE GRONDWATERPUTTEN ÉÉN OF MEERDERE BRP PERCELEN EEN HOGE BEREGENINGSKANS HEBBEN. WIT DOORSTREEPTE WIJKEN GEVEN WEER DAT DE GEMIDDELDE BEREGENINGSKANS VAN DE VELDOBSERVATIES OF GRONDWATERPUTTEN 0% IS, WAT AANGEeft DAT DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART GEEN BEREGENING HEEFT GEDETECTEERD TERWIJL ER WEL BEREGENING HEEFT PLAATSGEVONDEN

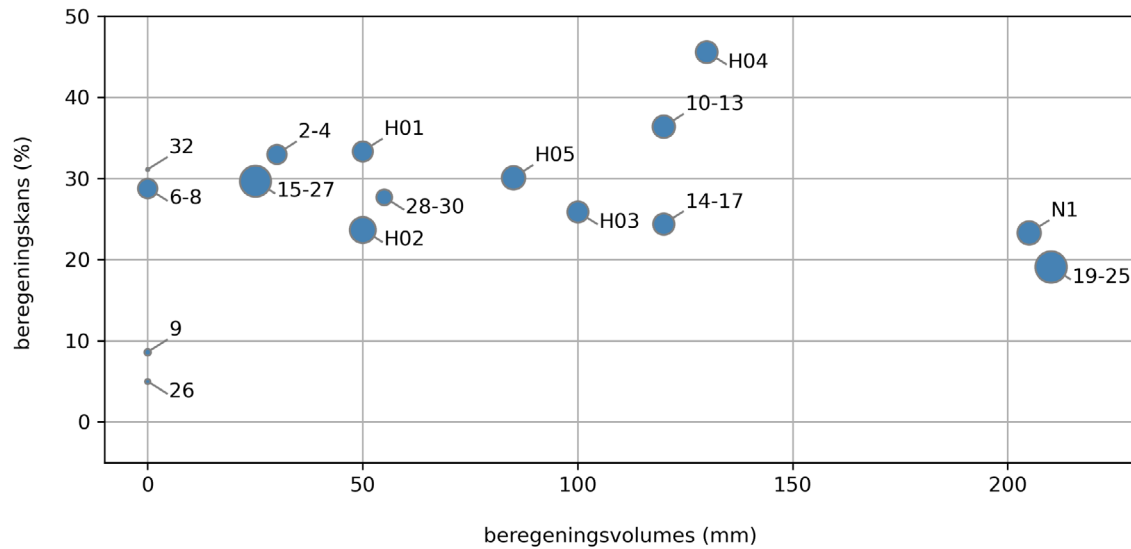


Waterschap Hunze en Aa's heeft ook zelf naar de data van de landelijke beregeningskaart gekeken. Ze hebben specifiek ingezoomd op de veenkoloniën en de WUR-PPO proefboerderij. In de veenkoloniën hebben zij steekproefsgewijs bij mensen die naast percelen met een "hoge beregeningskans" wonen en waarvan hun velden niet door de peilbeheerders als beregend zijn gemarkeerd nagevraagd of er tijdens het seizoen van 2018 is beregend. Vaak bleek dat de indicatie van de landelijke beregeningskaart niet overeen kwam met de werkelijkheid. In de veenkoloniën is er echter sprake van een grondwatergestuurd peilbeheer met zomerpeilen die na april soms wel 50 cm hoger zijn dan in de winter. Hierdoor zakten de grondwaterstanden na april soms nauwelijks uit in percelen die niet al te hoog ten opzichte van het zomerpeil liggen, waardoor de meeste percelen over het algemeen goed bevochtigt zijn en beregening overbodig is in tijden van droogte. De landelijke beregeningskaart maakt gebruik van grondwaterstand en bodemvocht data uit het OWASIS model om de beregeningskans in zulk soort gebieden naar boven of beneden bij te stellen. De validatie van Waterschap Hunze en Aa's laat zien dat deze koppeling nog niet toereikend is waar in het vervolg meer onderzoek naar gedaan zal worden.

De WUR-PPO proefboerderij ligt in het oosten van het waterschap op de hoge zandgronden. Per veld zijn de beregeningsvolumes bekend en vergeleken met de beregeningskans van de landelijke beregeningskaart. Figuur 13 geeft een overzicht van deze vergelijking. Hieruit blijkt dat er geen duidelijke correlatie tussen volumes en de beregeningskans bestaat. De landelijke beregeningskaart kan dus niet worden gebruikt om beregeningsvolumes te schatten. Daarnaast valt op dat voor de meeste velden de beregeningskans tussen de 20 en 40% is, ondanks de substantiële beregeningsvolumes. Een reden hiervoor kan zijn dat de beregening pas laat in het seizoen is ingezet, namelijk vanaf begin juli. Het gewas bevindt zich dan in een vergevorderd groeistadium en hierdoor wordt de beregeningskans naar beneden gecorrigeerd (Figuur 7). Twee van de vier velden waar niet is beregend laten een lagere beregenings-

kans zien (< 10%), maar de overige twee velden tonen een beregeningskans gelijk aan die van velden die veel beregening hebben ontvangen.

FIGUUR 13 VERGELIJKING TUSSEN BEREGENINGSVOLUMES VAN DE WUR-PPO PROEFBOERDERIJ EN DE BEREGENINGSKANS VAN DE LANDELIJKE BEREGENINGSKAART. HET FORMAAT VAN DE PUNTEN IS EEN INDICATOR VAN HET OPPERVLAK VAN DE PERCELEN



Aan de hand van deze resultaten is Waterschap Hunze en Aa's tot de conclusie gekomen dat de hier gepresenteerde versie van de landelijke beregeningskaart niet toereikend is voor hun doel; het ondersteunen van handhavers zodat ze gericht langs boeren kunnen gaan ten tijde van droogte. Om dit doel te kunnen dienen zal de landelijke beregeningskaart dus moeten worden verbeterd.

4

CONCLUSIES EN VERVOLG

4.1 CONCLUSIES

Omdat berekening van landbouwpercelen tijdens het groeiseizoen een substantiële onttrekking van oppervlakte- en grondwater kan vormen, hebben Nederlandse waterbeheerders behoefte aan informatie over waar en wanneer er is en wordt beregend en met welke hoeveelheden. De onttrokken hoeveelheden en de locatie van de berekening worden in Nederland niet structureel geregistreerd. Daarom wordt gezocht naar methodieken om op basis van (andere) waarnemingen beregeningslocaties en hoeveelheden te kunnen schatten.

Satellietwaarnemingen zijn in deze context een veelbeproeft bron van informatie. Voor het buitenland zijn effectieve methodes ontwikkeld en geïmplementeerd, waarmee actuele irrigatiehoeveelheden kunnen worden geschat en vergeleken met de vergunde hoeveelheden per veld. Toepassing van deze methodiek voor de Nederlandse situatie (gematigd klimaat, kleinschalige inrichting) vergt aanpassing en verfijning. Als eerste stap in dit proces hebben eLEAF en HydroLogic in opdracht van STOWA en ESA een beregeningskaart opgesteld voor het jaar 2018.

De in dit project geproduceerde landelijke beregeningskaart 2018 geeft op veldniveau inzicht met welke waarschijnlijkheid beregening heeft plaatsgevonden. De kaart is gebaseerd op (satelliet-)waarnemingen van een aantal hydrologische en meteorologische parameters, die zijn gecombineerd met kenmerken van het agrarisch areaal, zoals gewastype en bodemopbouw. Het verband tussen waarnemingen en kenmerken zijn gebaseerd op relaties uit de literatuur, zoals beschreven in Hoofdstuk 2. Hiermee wordt een doorlopend actueel neerslagtekort berekend, waarmee een beregeningskans per perceel wordt afgeleid.

Binnen de scope van dit project is het resultaat vergeleken met de bestaande beregeningskaart van het LHM (Massop et al., 2012), met CBS beregeningscijfers 2018 en met veldwaarnemingen in het gebied van Waterschap Hunze en Aa's. Deze vergelijkingen laten wisselende resultaten zien voor verschillende delen van Nederland. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de methodiek plausibele resultaten kan leveren, maar dat kalibratie van de algoritmes gewenst is om landsdekkend de resultaten te verbeteren. Met name in het verfijnen van de relatie tussen neerslagtekort en beregeningskans, voor verschillende bodemsoorten, gebieden en momenten gedurende het seizoen, zit veel potentie voor verbetering.

Een ander aspect dat naar voren komt in de validatie is dat niet alle berekening in de praktijk één-op-één te koppelen is aan een neerslagtekort. Mogelijk wordt in sommige gebieden, met een goede watervoorziening en kapitaalintensieve gewassen zoals in Flevoland, ook 'uit voorzorg' beregend om de gewasopbrengst te optimaliseren.

Een belangrijke kanttekening bij de validatie van de beregeningskaart met bestaande beregeningsinformatie betreft de vergelijkbaarheid van het type informatie van de verschillende

bronnen. Geen van de gebruikte bronnen geeft, zoals de landelijke beregeningskaart, een kans weer. De veldobservaties geven aan of er in 2018 daadwerkelijk is beregend. Gezien de extreme droogte van 2018 kan er vanuit worden gegaan dat er dat jaar, overal waar dat mogelijk en nuttig was, is beregend. In andere, minder extreem droge jaren, kan dit anders zijn. De LHM beregeningskaart betreft weliswaar ook een potentiële beregeningskaart, maar koppelt aan deze potentie geen kans (immers, het LHM bepaalt gedurende de berekening of een *potentieel* beregend perceel ook *daadwerkelijk* beregend wordt). Bovendien is deze kaart gebaseerd op gegevens uit 2010 en is het aannemelijk dat het aantal beregeningsinstallaties sindsdien is toegenomen, waardoor deze bron een onderschatting geeft van de potentiële beregeningslocaties.

4.2 AANBEVELINGEN VOOR VERVOLG

Deze landelijke beregeningskaart 2018 legt een fundament voor verdere ontwikkeling van beregeningsinformatie voor verschillende toepassingen in het Nederlandse waterbeheer. Om de ontwikkelde methodiek te kalibreren en valideren, is het in de eerste plaats noodzakelijk meer veldobservaties en registraties beschikbaar te maken voor kalibratie en validatie. De in het kader van het project Droogte Zandgronden Nederland bijeengebrachte gegevens biedt hiervoor een waardevolle dataset. Een gehomogeniseerde dataset van beregeningslocaties en -hoeveelheden over verschillende jaren maakt een onafhankelijke vergelijking mogelijk en biedt tegelijk een basis voor verdere verfijning van de methode.

Informatie over beregening in Nederland is tot nu toe een statische kaart van potentiële beregeningslocaties. Het is wenselijk de kaart regelmatig te actualiseren en toe te werken naar een 'near real time' informatieproduct, waarmee waterbeheerders een kwantitatieve schatting kunnen maken van de watervraag in hun gebied, of delen daarvan. De in dit project ontwikkelde methodiek maakt het regelmatig actualiseren ook mogelijk, omdat het kaartbeeld gebaseerd is op actuele satellietwaarnemingen en modeldata. Hieronder wordt een aantal vervolgstappen beschreven, die de huidige landelijke beregeningskaart voor 2018 verder brengen naar een operationeel product.

Een eerste stap is de ontwikkelde methodiek voor de beregeningskaart toe te passen op meerdere jaren. Wanneer de beregeningskaart voor meerdere jaren beschikbaar is, geeft dit de mogelijkheid om ruimtelijke en temporale patronen verder te onderzoeken. Dit kan gebruikt worden om de methodiek en de parameters verder te verbeteren en gebruikt worden als aanvulling op de huidige beperkt beschikbare validatie en kalibratiedata. Tegelijkertijd wordt de beregeningskaart verder geactualiseerd en kan de potentie voor de verschillende toepassingen van een jaarlijkse beregeningskaart verder worden uitgewerkt. Een voorbeeld hiervan is het maken van een potentiële beregeningskaart op basis van meerdere jaren aan actuele beregeningskaart, die als input gebruikt kan worden in het LHM.

Wanneer de beregeningskaarten op jaarlijkse basis zijn geproduceerd en gevalideerd, kan er in vervolgstappen gekeken worden het produceren van een beregeningskaart met een hogere temporale schaal, om zo ook tijdens het seizoen inzicht te geven in de beregeningskans. Daarnaast zal er gekeken worden naar het kwantificeren van de beregeningshoeveelheden. De methodiek die hiervoor is ontwikkeld wordt al operationeel gebruikt in het buitenland, maar is nog niet getest voor de Nederlandse situatie. Hierbij wordt aan de hand van het verschil tussen de actuele verdamping van beregende en niet beregende gewassen een inschatting gemaakt van hoeveel water er daadwerkelijk gebruikt is voor beregening.

5

REFERENTIES

- Allen, R. G., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56, 26–40.
- ESA. (2012). Sentinel-2 ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *ESA Special Publication, SP-1322/2*, 1–70.
- Fischer, A. (1994). A model for the seasonal variations of vegetation indices in coarse resolution data and its inversion to extract crop parameters. *Remote Sensing of Environment*, 48(2), 220–230. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90143-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90143-0)
- Hunink, J. E., Eekhout, J. P. C., de Vente, J., Contreras, S., Droogers, P., & Baille, A. (2017). Hydrological Modelling using Satellite-Based Crop Coefficients: A Comparison of Methods at the Basin Scale. *Remote Sensing*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/rs9020174>
- KNMI. (2021). Achtergrondinformatie Maandoverzicht Neerslag en Verdamping in Nederland (MONV). Retrieved November 9, 2021, from Kennis- & datacentrum website: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/achtergrondinformatie-maandoverzicht-neerslag-en-verdamping-in-nederland-monv>
- Massop, H. T. L., Schuiling, C., & Veldhuizen, A. A. (2012). Potentiele beregeningskaart 2012. *Alterra Rapport 2382*, 43. Retrieved from http://nhi.nu/nl/files/4914/4119/1378/beregening_2012_247188.pdf
- Projectteam Droogte Zandgronden Nederland (2021) Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland, eindrapport.
- ten Cate, J. A. M., van Holst, A. F., Kleijer, H., & Stolp, J. (1995). Handleiding Bodemgeografisch Onderzoek. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. In *Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D*.
- van der Meer, R. W. (2018). *Watergebruik in de land- en tuinbouw, 2017 en 2018*.
- Waterschap Zuiderzeeland. (2018). *Jaarstukken 2018*.

BIJLAGE A

LANDELIJKE BEREGENINGSKAART

