



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Potentiele beregeningskaart 2012

Update landelijke potentiele beregeningskaart voor het NHI op basis van
landbouwmetingen 2010

Alterra-rapport 2382
ISSN 1566-7197

H.Th.L. Massop, C. Schuiling en A.A. Veldhuizen



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Potentiele berekeningkaart 2012

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van NHI 3.0
Projectcode 5240037-01

Potentiele beregeningskaart 2012

Update landelijke potentiele beregeningskaart voor het NHI op basis van
landbouwmetellingen 2010

H.Th.L. Massop, C. Schuiling en A.A. Veldhuizen

Alterra-rapport 2382

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013



Referaat

H.Th.L. Massop, C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. *Beregeningskaart 2012; Update landelijke beregeningskaart voor het NHI op basis van landbouwmetellingen 2010*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2382. 40 blz.; 17 fig.; 5 tab.; 13 ref.

De zoetwatervraag voor beregening wordt bepaald door gebruik te maken van hydrologische modelberekeningen. Voor deze berekeningen is informatie noodzakelijk over de grootte van het potentieel te beregenen areaal en de ruimtelijke ligging hiervan. Via de landbouwmetellingen is in het verleden al meerdere malen informatie ingewonnen over beregening in de landbouw. Het areaal dat wordt beregend neemt nog steeds toe. Bij de landbouwmetellingen 2010 is de meest recente landsdekkende informatie over het areaal beregening per landbouwbedrijf beschikbaar gekomen. Door deze gegevens te combineren met het BRP-percelenbestand, dat informatie over de ruimtelijke ligging van de percelen van de landbouwbedrijven bevat, is het mogelijk om op bedrijfsniveau beregening toe te kennen aan gebruikspcelen. De afgeleide kaart is op gemeenteniveau vergeleken met de voorgaande kaart. De landbouwmetellingen hebben alleen betrekking op het landbouwgebied, voor ontbrekende gebruiksvormen is de kaart aangevuld met informatie uit de TOP10-vector en LGN6. De vraag over de beregeningsbron was minder volledig beantwoord.

Trefwoorden: karteerbare kenmerken, bruinrot, kassen, NHI, BRP.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2382

Wageningen, Januari 2013

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Doel	11
1.2 Achtergrond	11
1.3 Aanleiding	11
1.4 Resultaten	12
1.5 Leeswijzer	12
2 Methode en methode	13
2.1 Materiaal	13
2.1.1 Landbouwmetellingen	13
2.1.2 Aanvulling op de landbouwmetelling	16
2.1.3 Karteerbare kenmerken	16
2.2 Methode	22
2.2.1 Beregeningskansenkaart	22
2.2.2 Toekenningprocedure bij samenstellen beregeningskaart op basis van landbouwmetellingen.	23
3 Resultaten	25
3.1.1 Beregeningskaart op basis landbouwmetellingen	25
3.1.2 Aangevulde beregeningskaart	26
3.1.3 Beregeningsbron	26
4 Plausibiliteit	33
5 Conclusies	35
Literatuur	37
Bijlage 1 Metellingen 2010 Vraag 8g t/m 8j Berekening	39

Woord vooraf

De auteurs willen de waterschappen Rijn en IJssel en Peel en Maasvallei bedanken voor de beschikbaarstelling van gegevens.

Verder wil ik Rob Smidt bedanken voor de informatie over de achtergrond van de landbouwmetellingen en Caroline van der Salm voor het becommentariëren van de tekst.

Samenvatting

Voor hydrologische modelberekeningen is informatie nodig over de ruimtelijke verspreiding van beregening, en de bron die voor beregening wordt gebruikt. De voorgaande versie van de landelijke beregeningskaart is gebaseerd op gemeentelijke enquêtegegevens van de landbouwmetellingen uit de periode 1995-1999. Sindsdien is het areaal beregening verder toegenomen.

In 2010 is via de landbouwmetellingen nieuwe informatie beschikbaar gekomen over het potentiële areaal dat kan worden beregend. De nieuwe informatie is in tegenstelling tot het verleden nu beschikbaar op bedrijfsniveau en heeft betrekking op twee gegevensbronnen. Naast het areaal beregend per bedrijf is via het zogenaamde 'BRP-percelen'-bestand bekend waar het bedrijf en de bijbehorende percelen ruimtelijk liggen.

De toekenning van beregening aan bedrijven zonder beregening of waarbij het gehele bedrijfsoppervlak wordt beregend is eenvoudig. Daarnaast zijn er bedrijven waarvan slechts een deel van het bedrijfsoppervlak wordt beregend. Voor de toekenning van beregening aan percelen is gebruik gemaakt van karteerbare eigenschappen, nl. de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone en capillaire nalevering uit de ondergrond. Via weging op basis van karteerbare kenmerken is vervolgens beregening toegekend aan bedrijfspercelen.

De vraag over de beregeningsbron is door 50% van alle respondenten ingevuld. Tweederde hiervan gebruikt grondwater en eenderde gebruikt oppervlaktewater, ook geeft 6% van de bedrijven aan over meerdere beregeningsbronnen te beschikken.

De ziekten bruinrot en ringrot kunnen worden verspreid via het oppervlaktewater. Voor gevoelige gewassen voor deze ziekte, o.a. aardappelen, is beregening vanuit het oppervlaktewater in bepaalde delen van het land verboden.

1 Inleiding

1.1 Doel

Het doel van het onderzoek is een herziening van de bestaande potentiële beregeningskaart voor Nederland op basis van informatie uit de landbouwmeitellingen 2010, aangevuld met andere bronnen. Deze kaart gaat de huidige kaart bij hydrologisch modelonderzoek, zoals het NHI en de meer regionale hydrologische modellen, vervangen, omdat deze kaart beter overeen komt met de werkelijkheid. Het is een potentiële beregeningskaart, dat wil zeggen of er daadwerkelijk wordt beregend is afhankelijk van weers- en economische omstandigheden.

1.2 Achtergrond

Beregening wordt toegepast om in droge perioden het vochttekort geheel of gedeeltelijk te compenseren. In het 'Verslag Congres watervoorziening voor de landbouw in Noord-Brabant' uit 1954 wordt al opgemerkt dat het beregenen van landbouwgewassen de laatste jaren hand over hand toeneemt. Vooral droge jaren zoals 1959 en 1976 hebben tot sterke uitbreiding van het aantal beregeningsinstallaties geleid. Door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding zijn voor de jaren 1973, 1976 en 1985 (De Wilde, 1976; De Wilde 1977; De Wilde 1978 en Van Boheemen, 1985) inventarisaties uitgevoerd naar beregening. In 1976 werd in Nederland 221.324 ha beregend, waarvan 42.162 ha akkerland, 151.444 ha grasland en 27.754 ha tuinbouwgrond. In een recente studie van het LEI (Hoogeveen et al., 2003) die is uitgevoerd voor de droogtestudie zijn ook beregeningsarealen afgeleid uit de landbouwmeitellingen uit 1995, 1997 en 1999. Deze gegevens zijn gebruikt voor het samenstellen van een landelijke beregeningskaart. Deze kaart is gebruikt voor de hydrologische parametrisatie voor STONE en het NHI. Sinds deze laatste inventarisatie is het areaal waarschijnlijk verder toegenomen.

Water voor beregening kan worden onttrokken aan zowel het grondwater als het oppervlaktewater. De beschikbaarheid van kwalitatief goed water voor beregening kan in droge periode onder druk komen te staan. Om de huidige en toekomstige watervoorziening te kunnen evalueren wordt gewerkt aan het Deltamodel. Het NHI maakt deel uit van het Deltamodel. Voor de landelijke analyse van de huidige zoetwatervoorziening is het nodig dat de berekende waterverdeling in het hoofdsysteem en de regionale vraag bij de in- en doorvoerpunten, in ruimte en tijd, niet te veel afwijken van de gemeten waarden. Daarvoor is het nodig te beschikken over goede informatie over waar beregening een rol speelt.

1.3 Aanleiding

Beregening van landbouwgewassen heeft invloed op de hydrologie van de onverzadigde zone en daarmee de landbouwopbrengst, de stijghoogten van het grondwater maar ook de waterbeweging in de waterlopen en daarmee de zoetwatervraag vanuit de landbouw. Voor hydrologische modelberekeningen met landelijke en regionale modellen, zoals NHI (Deltamodel), MIPWA, AMIGO, IBRAHYM etc. is het belangrijk dat beregening wordt meegenomen en qua locatie, tijdstip van beregening en beregeningsvraag overeenkomt met de werkelijkheid.

De beregeningskaart die momenteel wordt gebruikt bij modelonderzoek is gebaseerd op inventarisaties uit de jaren 1995 -1999. Sinds 2000 is het areaal beregening verder toegenomen. Dit bleek o.a. in de workshop waarin de resultaten van het NHL zijn besproken.

In 2010 is wederom bij de metellingen de vraag gesteld hoeveel ha per bedrijf kan worden beregend. De verwachting is verder dat, omdat de meeste formulieren nu via internet worden ingevuld, de beantwoording vrij compleet is. Naast gegevens over het beregende areaal kan nu ook gebruik worden gemaakt van het BRP-percelenbestand, waarmee per bedrijf bekend is waar de percelen van de verschillende bedrijven liggen. Dit geeft de mogelijkheid om beregening op bedrijfsniveau toe te kennen. Dit is een sterke verbetering vergeleken met de vorige kaart, waarvoor enquêtegegevens op gemeenteniveau beschikbaar waren en voor de toekenning gebruik is gemaakt van LGN4.

De verwachting dat het areaal beregening op de nu toegepaste beregeningskaart bij hydrologische modelberekeningen niet meer overeenkomt met de werkelijkheid en de beschikbaarheid van meer recente en meer ruimtelijk gedetailleerde informatie over beregening is de aanleiding om de bestaande beregeningskaart te herzien.

1.4 Resultaten

Het doel van het onderzoek is het samenstellen van een nieuwe potentiële beregeningskaart voor Nederland. Dit onderzoek beschrijft op welke wijze de nieuwe potentiële beregeningskaart is samengesteld.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de beschikbare gegevens besproken en wordt de methode beschreven waarmee beregening per bedrijf is toegekend aan percelen. In hoofdstuk 3 is de resulterende beregeningskaart weergegeven. In hoofdstuk 4 wordt de nieuwe beregeningskaart vergeleken met de voorgaande. Tot slot worden in hoofdstuk 5 enkele conclusies getrokken en aanbevelingen gegeven.

2 Methode en methode

De belangrijkste bron voor het samenstellen van de nieuwe beregeningskaart vormen de landbouwmetellingen van 2010 en het BRP-percelenbestand. Beide bronnen geven informatie over het landbouwkundig gebruikte deel van Nederland, daarnaast zijn er nog andere bodemgebruiksvormen waar berekening wordt toegepast. Bij de toewijzing van berekening aan percelen is gebruik gemaakt van karteerbare kenmerken zoals bodem, Gt en landgebruik.

2.1 Materiaal

Gegevens over berekening binnen de landbouw worden periodiek verzameld via de landbouwmetellingen. In de enquête van 2003 en 2010 is gevraagd naar het areaal berekening.

2.1.1 Landbouwmetellingen

Ieder jaar zijn agrarisch ondernemers verplicht om tussen 1 april en 15 mei de Gecombineerde opgave in te vullen. Dit is een geïntegreerde opgave voor Landbouwtelling, mestwetgeving en GLB Verzamel aanvraag (aanvraag bedrijfstoelage en subsidies). Deze opgave wordt in dit rapport verder aangeduid als 'landbouwmetelling'. Opgave voor de landbouwmetelling is wettelijk verplicht voor alle agrarische bedrijven. Onder agrarische bedrijven worden bedrijven gerekend die gewassen telen of dieren houden met als doel deze, of de producten die daaruit voortkomen, te verkopen. Tot de doelpopulatie behoren agrarische bedrijven met een economische omvang van 3000 SO of meer. SO staat voor standaardopbrengst en is een economische maat voor de omvang van een agrarisch bedrijf. SO is gebaseerd op de opbrengst die gemiddeld op jaarbasis per gewas of diercategorie wordt behaald en wordt uitgedrukt in euro. Bedrijven kleiner dan 3000 SO zijn zeer klein, gedacht moet worden aan bijvoorbeeld slechts één melkkoe of één are paprika. Tot en met 2009 werd als maat voor de omvang van een agrarisch bedrijf gebruik gemaakt van NGE (Nederlandse Grootte-eenheid); de drempelwaarde voor de Landbouwtelling bedroeg toen 3 NGE. De wijziging van de drempelwaarde heeft vrijwel geen invloed op de omvang van de populatie (www.cbs.nl).

Het responspercentage van de telling bedraagt ruim 96 procent. De statistische betrouwbaarheid is zodoende praktisch honderd procent. Omdat de gegevens worden gebruikt voor de uitvoering van diverse administratieve regelingen (subsidies, Meststoffenwet), is van meetfouten eigenlijk geen sprake. Het aantal landbouwbedrijven is sinds de jaren 50 van 400.000 afgenomen naar 97.389 in 2000 en 70.392 in 2011 (bron: CBS) en ligt inmiddels onder de 70.000. De sterke afname in het aantal landbouwbedrijven vinden we niet terug in het areaal landbouwgrond. Volgens het CBS is het areaal landbouwgrond afgenomen van 2.142.597 ha in 1970 tot 1.858.393 ha in 2011.

De Landbouwtelling als onderdeel van de Gecombineerde opgave is een jaarlijks terugkerende telling. Het doel van de telling is om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen binnen de Nederlandse land- en tuinbouw. De vragen in dit onderdeel gaan onder andere over de gegevens van het bedrijfshoofd en het aantal meewerkende personen, het aantal dieren, de huisvesting van een aantal diersoorten, de gewassen en biologische landbouw. Aan deze telling kunnen extra vragen worden toegevoegd. Zo zijn in 2010 vragen toegevoegd over berekening (bijlage 1) (www.cbs.nl).

Deze vragen hebben betrekking op:

- beregende oppervlakte,
- beregende gewassen en watergift,
- vorm van beregening,
- bron van beregening,
- capaciteit waterpompen.

De meeste aanvragen worden tegenwoordig per internet ingevuld. Voor subsidietoekenning is vaak informatie nodig over locatie percelen en geteelde gewassen. Bij de Gecombineerde opgave geeft de geënquêteerde daarom de gewaspercelen op die hij op 15 mei in Nederland in gebruik heeft. Deze percelen worden ingetekend op kaarten. Deze kaarten zijn ook digitaal beschikbaar, via de Basisregistratie Percelen (BRP). BRP - Gewaspercelen bestaat uit de locatie van landbouwpercelen met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. Dit bestand is een selectie van informatie uit de Basisregistratie Percelen (BRP) van Dienst Regelingen. De omgrenzingen van de landbouwpercelen zijn gebaseerd op de Top10-vector. De gebruiker van het perceel dient aan te geven welk gewas wordt geteeld op het betreffende perceel.

Door een koppeling te leggen tussen de bedrijfsgegevens en de bijbehorende percelenkaart is per bedrijf bekend:

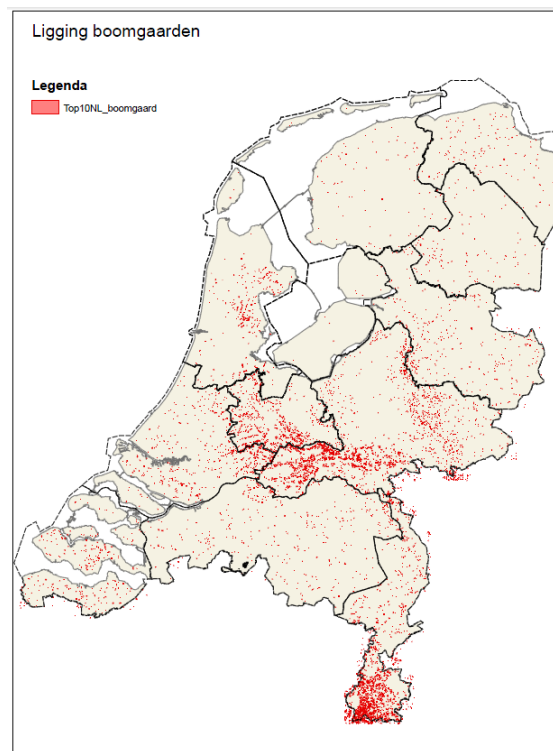
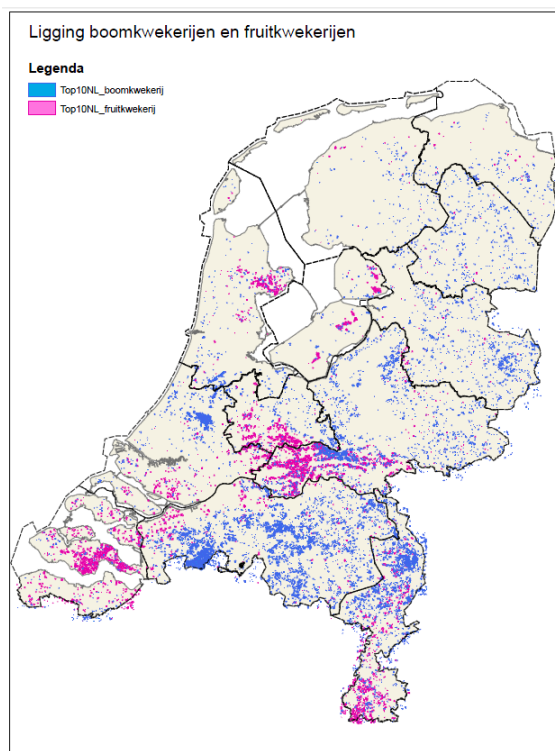
- ligging percelen,
- areaal beregend,
- bron beregening.

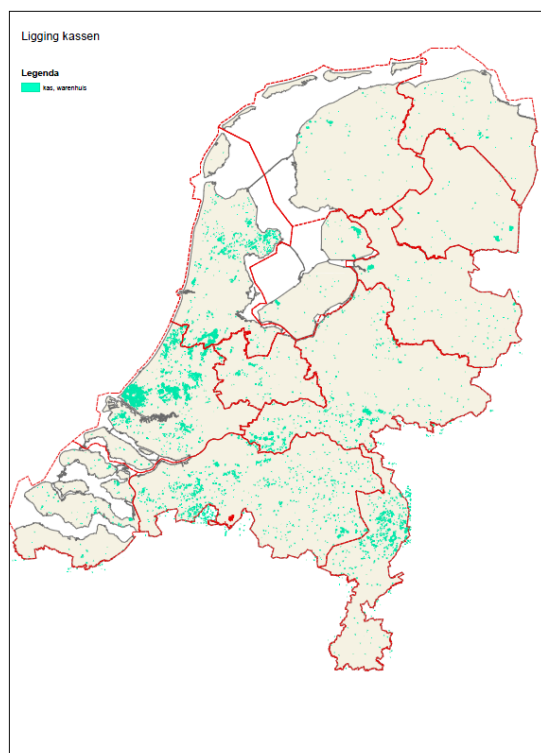
In figuur 1 is de dekking van het BRP-percelenbestand weergegeven. In de figuur zijn de grote natuurgebieden en de stedelijk gebieden herkenbaar. Ook is opvallend dat het Westland grotendeels als witte vlek is weergegeven.



Figuur 1

Dekking van Nederland met percelen waarvoor gegevens uit de landbouwmetellingen beschikbaar zijn.





Figuur 2

Landgebruiksvormen waarvan is aangenomen dat deze beregenen.

2.1.2 Aanvulling op de landbouwmeitelling

De landbouwmeitellingen geven alleen informatie over beregening op landbouwgronden voor bedrijven groter dan 3000 SO, kleine landbouwbedrijven (hobbyboeren) ontbreken daardoor. Naast landbouwbedrijven zijn er andere vormen van grondgebruik waar beregening plaatsvindt. Voor de volgende landgebruiksvormen is uitgegaan dat deze worden beregend, ook de ruimtelijke ligging en de herkomstbron van de gegevens is weergegeven in figuur 2:

- Boom- en fruitkwekerij
- Boomgaarden
- Golfterreinen
- Kassen
- Sportvelden

Percelen die zijn aangemerkt als boomkwekerij, fruitkwekerij en boomgaard behoren mogelijk toe aan bedrijven die ook zijn geënquêteerd voor de landbouwmeitellingen.

2.1.3 Karteerbare kenmerken

De gegevens uit de landbouwmeitellingen zijn beschikbaar op bedrijfsniveau, dus per landbouwbedrijf is het volgende bekend:

- Locatie percelen van het betreffende bedrijf.
- Areaal van het bedrijf dat kan worden beregend.

Omdat niet voor alle bedrijven het areaal berekend gelijk is aan 0 ha of aan de omvang van het bedrijf is een toekenningsprocedure noodzakelijk voor bedrijven waarvan slechts een deel van het areaal kan worden berekend (paragraaf 2.2). Voor de toekenning wordt gebruik gemaakt van karteerbare kenmerken. Of een boer besluit om te gaan beregenen is o.a. afhankelijk van:

- Beschikbare vochtvoorraad gewas,
- Economische waarde van het gewas.

De beschikbare vochtvoorraad voor een gewas is naast de neerslag afhankelijk van:

- Beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone,
- Capillaire nalevering.

Berekening vindt vooral plaats in het groeiseizoen, ook wordt berekening toegepast om schade door nachtvorst te bestrijden. De behoefte om te gaan beregenen wordt o.a. bepaald door het neerslagtekort, oftewel de neerslag minus de verdamping. In tabel 1 is het gemiddeld neerslagtekort in een 10% droog jaar voor het groeiseizoen weergegeven.

Tabel 1

Gemiddeld neerslagtekort (mm) vanaf 1 april in een groeiseizoen van 150 dagen in een 10% droog jaar (Buishand, 1980).

Periode	Neerslagtekort
1 april - 1 mei	20
1 april - 1 juni	65
1 april - 1 juli	115
1 april - 1 augustus	165
1 april - 1 september	200

Uit tabel 1 blijkt dat in een 10% droog jaar een neerslagtekort optreedt van 200 mm over de periode 1 april - 1 september.

Naast het neerslagtekort tussen begin en eindgroeiseizoen kan worden gekeken naar het maximale neerslagtekort binnen een bepaalde periode, in tabel 2 is het maximale neerslagtekort weergegeven voor de zomerperiode voor De Bilt.

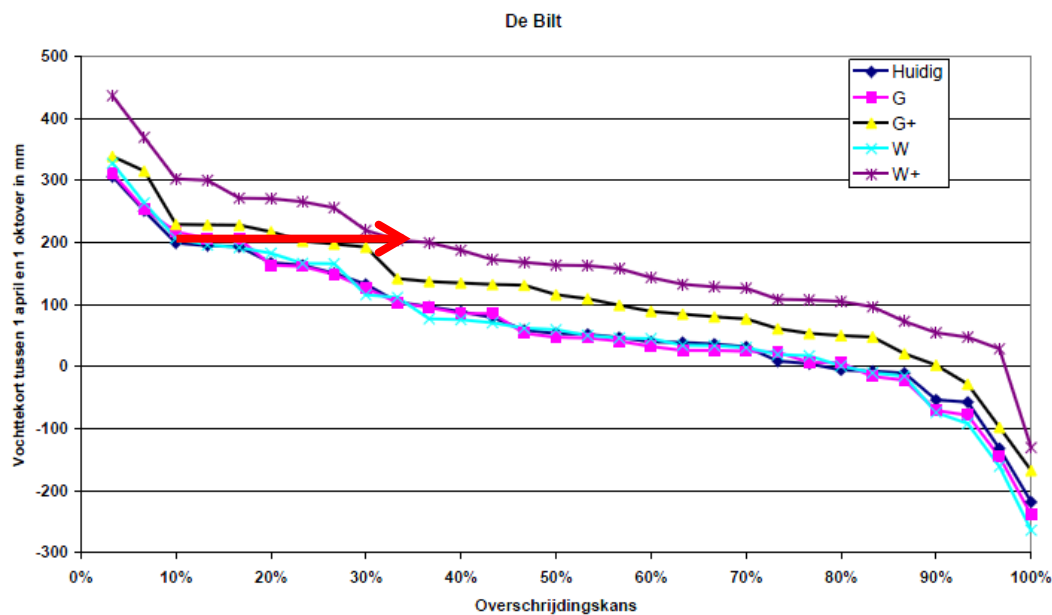
Tabel 2

Overschrijdingskans van het neerslagtekort tussen begin en eind van de periode 1 april - 1 oktober en het maximale tekort over deze periode voor De Bilt (Van der Gaast et al., 2009).

Overschrijdingskans	Neerslagtekort (mm)		
	Maximaal	1 april – 1 oktober	Verschil
10%	252	226	26
30%	192	126	66
50%	149	81	68
70%	135	41	94
90%	97	-32	129

Uit tabel 2 blijkt dat het maximale neerslagtekort groter is dan het neerslagtekort tussen het begin en het eind van de periode. Zelfs in een 90% droog jaar is er nog een periode waarin het neerslagtekort oploopt tot 97 mm.

Door klimaatverandering gaat het vochttekort toenemen. In figuur 3 is de overschrijdingskans van het vochttekort voor de periode 1 april tot 1 oktober weergegeven voor de huidige situatie (1971-2000) en voor de vier klimaatscenario's voor tijdshorizon 2050 (Van der Gaast et al., 2009).



Figuur 3

Overschrijdingsduur vochttekort tussen 1 april en 30 september in de huidige situatie en voor vier klimaatscenario's voor tijdshorizon 2050.

Uit figuur 3 is af te leiden dat afhankelijk van het gekozen klimaatscenario het vochttekort, en daarmee de watervraag, in meer (G+ en W+-scenario) of mindere (G en W-scenario) mate gaat toenemen. Een vochttekort, dat nu hoort bij een 10% droog jaar, heeft ingeval het W+-scenario werkelijkheid wordt een overschrijdingskans van ca. 35%.

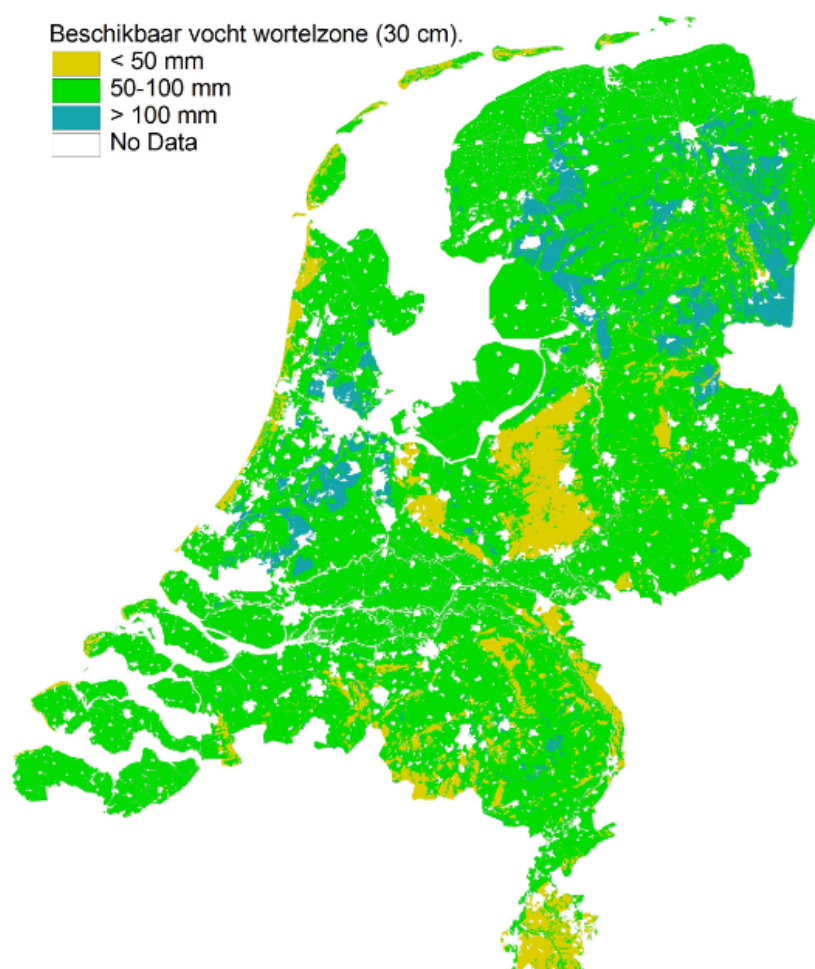
2.1.3.1 Vochtvoorraad in de wortelzone

De beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone is afhankelijk van de volgende factoren :

- Dikte van de wortelzone,
- GVG,
- Bodemfysische eigenschappen van de wortelzone.

De dikte van de wortelzone wordt bepaald door het gewas en de bodemeigenschappen. Voor gras is de dikte van de wortelzone veelal in de orde van 30 cm, terwijl voor andere gewassen veelal afwijkende dikten gelden, bijvoorbeeld granen veelal 60 cm. Dit betekent dat er voor granen meer vocht via de wortelzone beschikbaar is dan voor gras. Bodemeigenschappen kunnen beperkingen opleggen aan de bewortelbare diepte, bijv. door de aanwezigheid van storende/moeilijk doordringbare lagen.

Aan de wortelzone kan door de plant vocht onttrokken worden tussen pF 2,0 en pF 4,2 (verwelkingspunt). De pF is $10 \log(-h \text{ cm})$ van de vochtspanning. Er wordt meestal vanuit gegaan dat aan het begin in het groeiseizoen de vochtspanning in de wortelzone gelijk is aan pF 2,0 ($h = -100 \text{ cm}$). Bij erg natte gronden zal de pF aan het begin van het groeiseizoen kleiner zijn dan pF 2,0, terwijl bij erg diepe grondwaterstanden de pF aan het begin van het groeiseizoen groter kan zijn dan 2,0. Hierdoor is de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone groter of kleiner dan op basis van het verschil tussen pF 2,0 en 4,2. Om de beschikbare vochtvoorraad in kaart te brengen is gebruik gemaakt van gegevens uit de studie 'BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland' (Wösten. et al.; 2012). Op basis van deze bodemschematisatie is voor het gewas gras met een wortelzone van 30 cm de beschikbare hoeveelheid vocht in de wortelzone weergegeven in figuur 4.



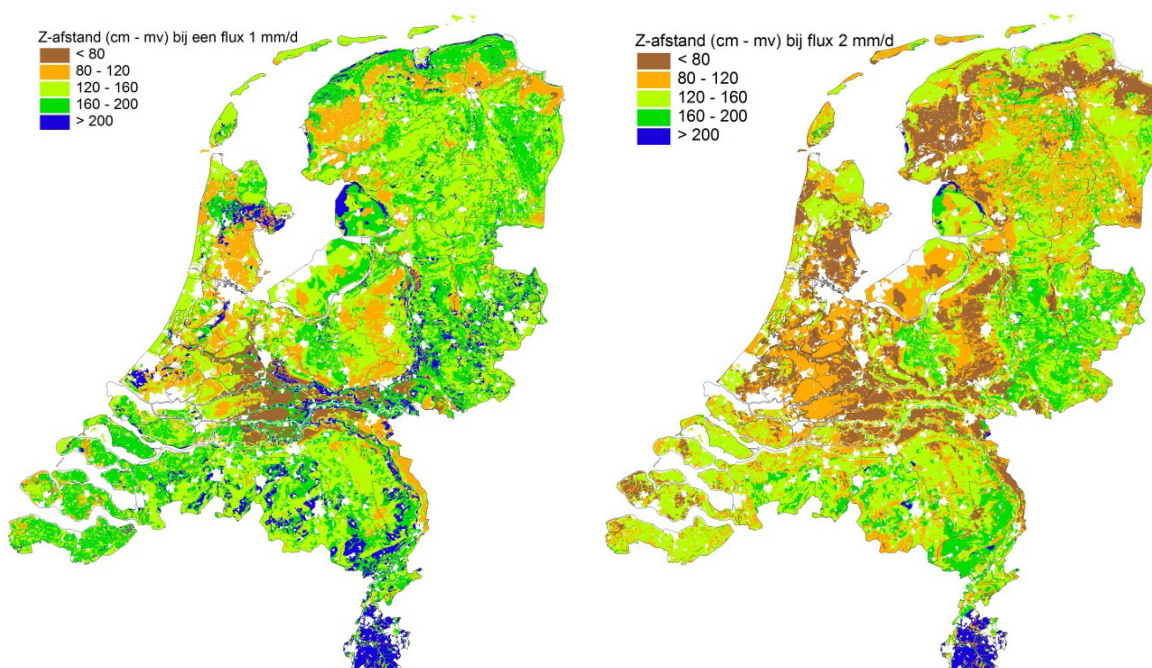
Figuur 4

Beschikbare hoeveelheid vocht in wortelzone.

De meeste gronden kunnen via de wortelzone ca. 50-100 mm water leveren aan de plant. In de veengebieden zelfs meer dan 100 mm. Vooral de hogere gronden kunnen, zoals stuwwallen en duinen kunnen slechts weinig water leveren vanuit de wortelzone. Opvallend is dat volgens figuur 4 ook het lössgebied in Zuid-Limburg slechts weinig water kan leveren vanuit de wortelzone terwijl deze gronden bekend staan om hun vocht leverend vermogen.

2.1.3.2 Capillaire nalevering

Naast de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone kan door capillaire nalevering water uit de ondergrond aan de wortelzone worden geleverd. De hoeveelheid is afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand t.o.v. de wortelzone en de bodemfysische eigenschappen van de bodemlagen tussen grondwaterniveau en onderkant wortelzone. Een belangrijke maat hierbij is de zogenaamde kritieke z-afstand. Als de grondwaterstand niet dieper uitzakt dan de kritieke z-afstand, dan is een minimale waterflux naar de wortelzone mogelijk van 2 mm/d. Dit betekent in de praktijk dat er nauwelijks sprake is van droogteschade. Als de grondwaterstand dieper uitzakt dan de kritieke z-afstand dan is het voor de waterlevering aan de wortelzone belangrijk of de capillaire flux snel of langzaam afneemt bij toenemende diepte van de grondwaterstand, daarom is ook de diepte bepaald van waaruit nog een waterflux van 1 mm/d geleverd kan worden aan de wortelzone. In figuur 5 staan de afgeleide kaarten op basis van gegevens uit 'BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland (Wösten, et al., 2012), weergegeven.



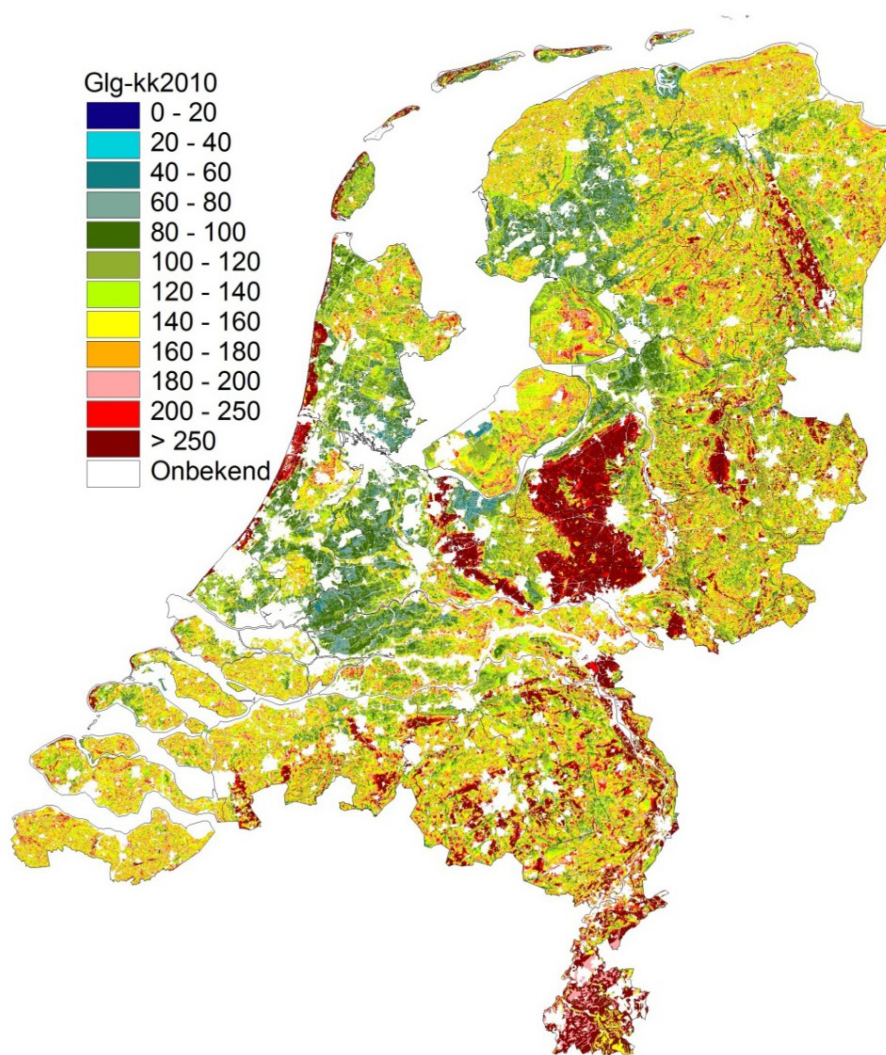
Figuur 5

Diepte grondwaterstand t.o.v. mv van waaruit nog een waterflux van 1 mm/d (links) of 2 mm/d (rechts) de onderkant van de wortelzone op 30 cm - mv kan bereiken.

Uit figuur 5 blijkt dat de komgronden in het rivierkleigebied de slechtste eigenschappen hebben voor capillaire nalevering en het lössgebied in Zuid-Limburg de beste eigenschappen.

2.1.3.3 Grondwaterstanden

Om te kunnen bepalen op de kritieke z-afstand wordt overschreden is informatie nodig over de diepte van de grondwaterstand en bij voorkeur de GLG. In de studie 'Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken' (Van der Gaast et al., 2010) zijn landsdekkende 25 m-gridkaarten gemaakt van de GxG (<http://www.stowa.nl/extranet/Downloads.aspx?Groep=9d68cb3e-d148-4520-8500-a7944f010ad3>). De GLG-kaart uit deze studie is gebruikt (figuur 6).



Figuur 6
Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG).

De diepste grondwaterstanden worden o.a. gevonden op de stuwwallen, de duinen en in Zuid-Limburg.

2.1.3.4 Economisch waarde gewas

Aan de toepassing van beregening zijn kosten verbonden, naast investeringskosten zijn er exploitatiekosten waarvan de energiekosten een belangrijk onderdeel vormen. De keuze om wel of niet te beregenen hangt af van de kosten en het rendement van het gewas. Hoog renderende gewassen worden dus eerder beregend dan laag renderende gewassen. De boer roteert met zijn gewassen. Het grondgebruik in het ene jaar zegt dus weinig over het grondgebruik in de volgende jaren, tenzij het grondgebruik grasland is. Bij de toekenning van beregening is aan hoogwaardige gewassen een hogere prioriteit toegekend.

2.2 Methode

2.2.1 Beregeningskansenkaart

In paragraaf 2.1 zijn een aantal karteerbare kenmerken besproken, nl:

- Vochtvoorraad in de wortelzone.
- Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG).
- Diepte grondwaterstand bij maximale flux van 2 mm/d tot onderkant wortelzone.
- Diepte grondwaterstand bij maximale flux van 2 mm/d tot onderkant wortelzone.

Deze gegevens zijn samengevoegd in een wegingstabel om percelen binnen een bedrijf te wegen op voorkeursvolgorde bij de toekenning van beregening. Voor de vochtvoorziening in de wortelzone is een grens gelegd bij 100 en 50 mm. In 90% van de jaren is het maximale neerslagtekort in de periode 1 april - 1 oktober groter dan 100 mm (tabel 2) en kan in die jaren leiden tot vochttekort en daarmee opbrengstderving als dit tekort niet uit een andere bron, bijv. capillaire nalevering wordt aangevuld. Als de grondwaterstand niet te diep uitzakt kan door capillaire nalevering de vochtvoorraad in de wortelzone worden aangevuld. Als de GLG de kritieke z-afstand niet overschrijdt, dan kan er gemiddeld nog 2 mm/d uit het grondwater worden geleverd aan de wortelzone, in die situatie is er nauwelijks sprake van opbrengstdepressies. In extremere jaren waarin de grondwaterstand dieper wegzakt dan de GLG kan er wel opbrengstdepressie optreden.

Afhankelijk van de vorm van de pF-curve kan bij een dieper uitzakkende grondwaterstand de waterflux naar de wortelzone snel of langzaam afnemen. Gronden waarbij de waterflux langzaam afneemt bij een uitzakkende grondwaterstand hebben minder opbrengstderving dan gronden waarbij de waterflux snel afneemt. Om hiermee rekening te houden is de GLG vergeleken met de diepte van de grondwaterstand waarbij nog een flux naar de onderkant van de wortelzone mogelijk is van respectievelijk 1 en 2 mm/d. Voor de capillaire nalevering en de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone is een wegingstabel opgesteld (tabel 3). Gronden met een geringe beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone en diepe grondwaterstanden waardoor capillaire nalevering gering is (hangwaterprofielen) zullen eerder worden beregend dan gronden met een grote beschikbare vochtvoorraad en ondiepe grondwaterstand (grondwaterprofielen). De ruimtelijke toepassing van tabel 3 staat weergegeven in figuur 7. Deze kaart is vervolgens gebruikt om per gebruikspersceel de factor te bepalen op basis van majority.

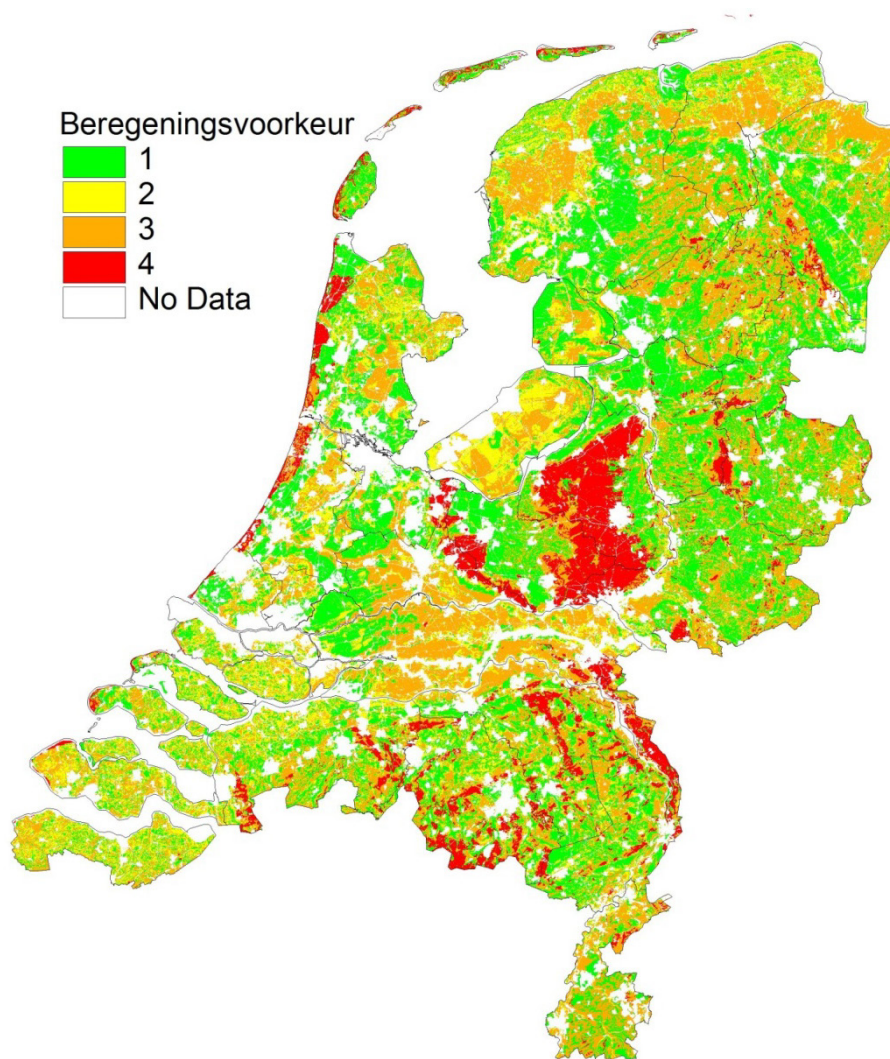
Tabel 3

Wegingstabel voor de hydrologische factoren vochtvoorraad in de wortelzone en capillaire nalevering.

	V<50	50<V<100	V>100
GLG<w+zk2 ¹	1	1	1
w+zk2<GLG<w+zk1 ²	3	2	1
GLG>w+zk1	4	3	1

¹ w+zk2 is de som van de dikte van de wortelzone en de kritieke z-afstand bij een flux van 2 mm/d.

² w+zk1 is de som van de dikte van de wortelzone en z-afstand bij een flux van 1 mm/d.



Figuur 7

Voorkeur beregening op basis van bodemfysische en hydrologische eigenschappen.

Uit figuur 7 blijkt dat vooral de hogere gronden, zoals o.a. de stuwwallen, stuifzandruggen en de duinen een grote beregeningsbehoefte hebben.

2.2.2 Toekenningprocedure bij samenstellen beregeningskaart op basis van landbouwmetellingen.

Bij de toekenning van beregening zijn bedrijven opgesplitst in drie groepen:

1. Bedrijven met 0 ha beregening.
2. Bedrijven met 100% beregening.
3. Bedrijven waarvoor het beregend areaal kleiner is dan het totale bedrijfsareaal.

Ad. 1 Aan alle percelen die behoren aan bedrijven uit deze groep is geen beregening toegekend.

Ad. 2 Aan alle percelen die behoren aan bedrijven uit deze groep is beregening toegekend.

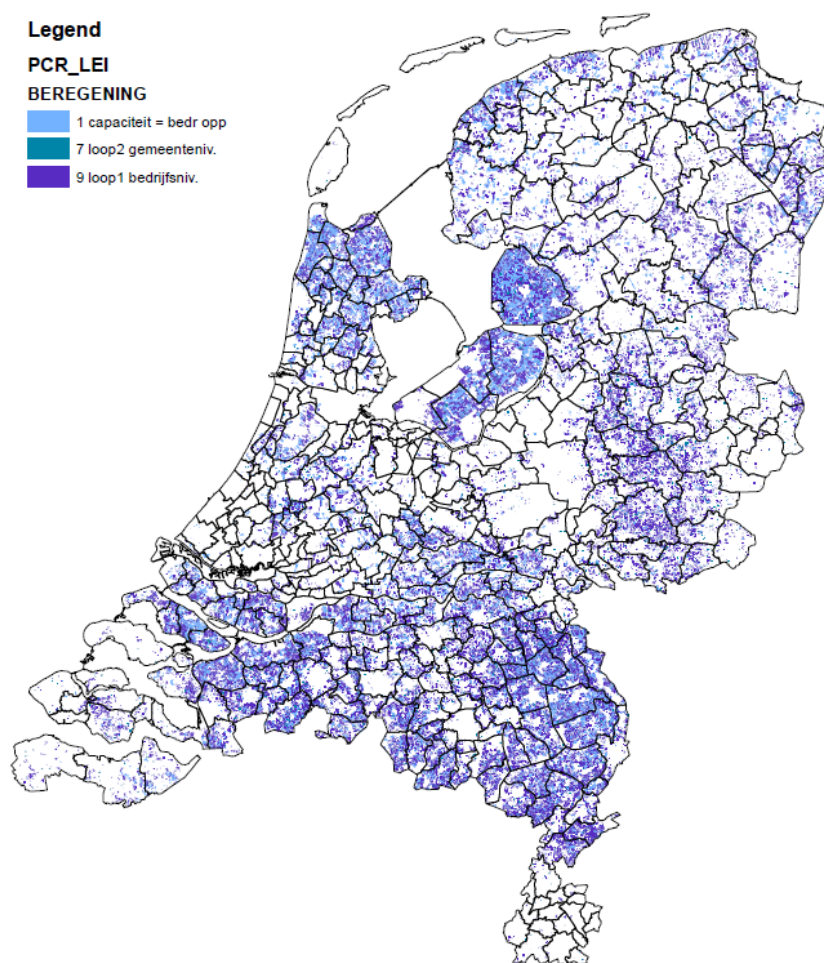
Ad. 3 Voor de bedrijven uit deze groep is per bedrijf aan een beperkt aantal percelen beregening toegekend.

Vooraf is aan elk perceel een aantal karteerbare kenmerken toegekend, zoals gewichtsklasse berekening op basis van bodemfysische en hydrologische eigenschappen (tabel 3), en type gewas gras, akkerbouw en akkerbouwmatige tuinbouw. Op basis van de kenmerken/gewichten zijn de percelen gesorteerd. Aan percelen met het hoogste gewicht is berekening toegekend. Omdat bij de toekenning het toegekende areaal berekend niet overeen hoeft te komen met het opgegeven areaal in de landbouwmetellingen, is met de toekenning gestopt zodra de toevoeging van nog een extra perceel het toegekende areaal groter dreigt te worden dan het areaal in de landbouwmetellingen. De arealen die resteren zijn per gemeente gesommeerd. Als laatste stap is per gemeente het resterende areaal berekening toegekend. Hiervoor zijn die percelen geselecteerd binnen de gemeente waaraan bij toekenningsprocedure onder 3 geen berekening is toegekend. Op dezelfde wijze als voor een bedrijf is aan deze set percelen vervolgens berekening toegekend.

3 Resultaten

3.1.1 Beregeningskaart op basis landbouwmetellingen

De resultaten van de toekenningsprocedure met gegevens uit de landbouwmetellingen zijn weergegeven in figuur 8.



Figuur 8

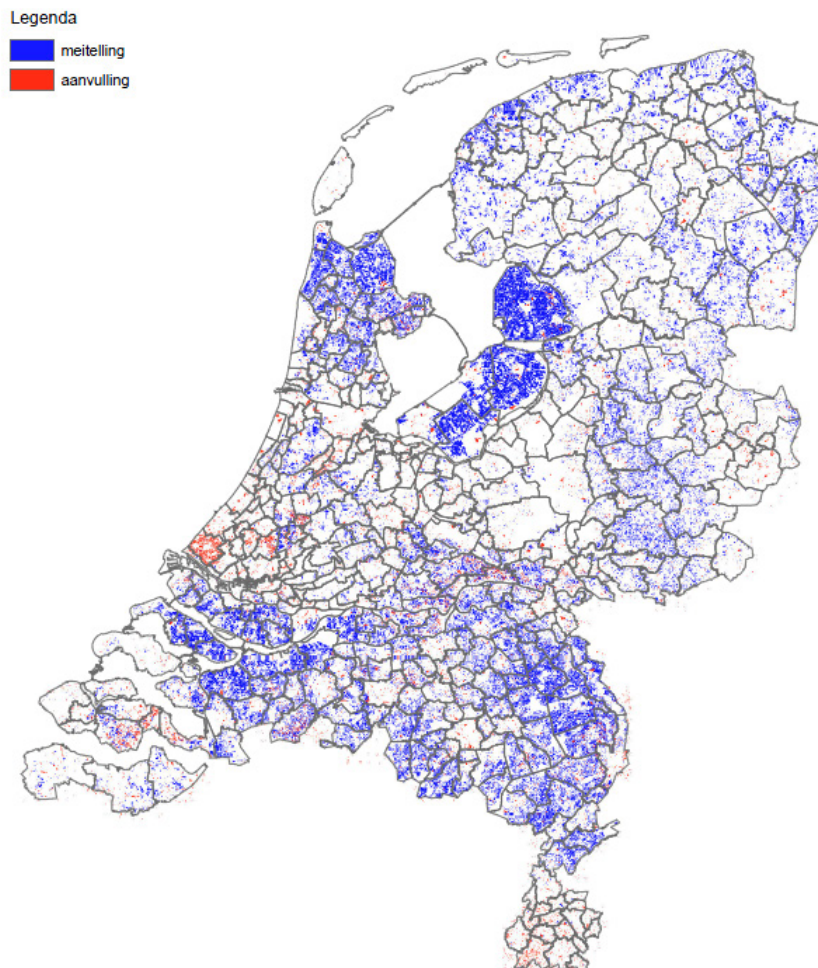
Beregening volgens de landbouwmetellingen na toepassing van de toekenningsprocedure.

In figuur 8 worden drie typen percelen onderscheiden nl.:

- 1 Op het bedrijf wordt 100% van het areaal beregend.
- 9 Percelen waaraan beregening is toegekend na onderlinge weging binnen een bedrijf.
- 7 Percelen waaraan beregening is toegekend na onderlinge weging binnen een gemeente om het restant areaal in rekening te brengen.

3.1.2 Aangevulde beregeningskaart

Omdat niet alleen binnen de landbouw wordt beregend en omdat bijvoorbeeld kassen ontbreken zijn in paragraaf 2.1.2 aanvullingen op de landbouwmetellingen besproken die naar alle waarschijnlijkheid worden beregend. Deze specifieke gebruiksvormen kunnen gedeeltelijke overlappen met de landbouwmetellingen. Samenvoeging van kaart 8 met de specifieke landgebruiksvormen (figuur 2), waarbij overlappings zijn verwijderd geeft figuur 9.



Figuur 9

Berekening op basis van de landbouwmetellingen en aanvullingen daarop.

3.1.3 Beregeningsbron

De belangrijkste bronnen van waaruit kan worden beregend zijn:

- grondwater,
- oppervlaktewater en
- leidingwater.

Grondwater is niet overal in voldoende mate en van voldoende kwaliteit aanwezig. Vooral in het Holocene deel van Nederland liggen gebieden met ondiep brak en zout grondwater, in deze gebieden is oppervlaktewater,

mits van goede kwaliteit, de enige bron. Er zijn echter een aantal gebieden waar geen zoet oppervlaktewater wordt aangevoerd, zoals de Waddeneilanden en delen van Zeeland. In Zeeland levert drinkwaterbedrijf Evides industriewater aan de landbouw, omdat zoet oppervlaktewater en grondwater slechts beperkt beschikbaar dan wel winbaar is. Dit industriewater is voorbezonden oppervlaktewater uit de Biesbosch, dat via een speciale pijpleiding wordt geleverd aan de landbouw in Midden-Zeeland (figuur 10).



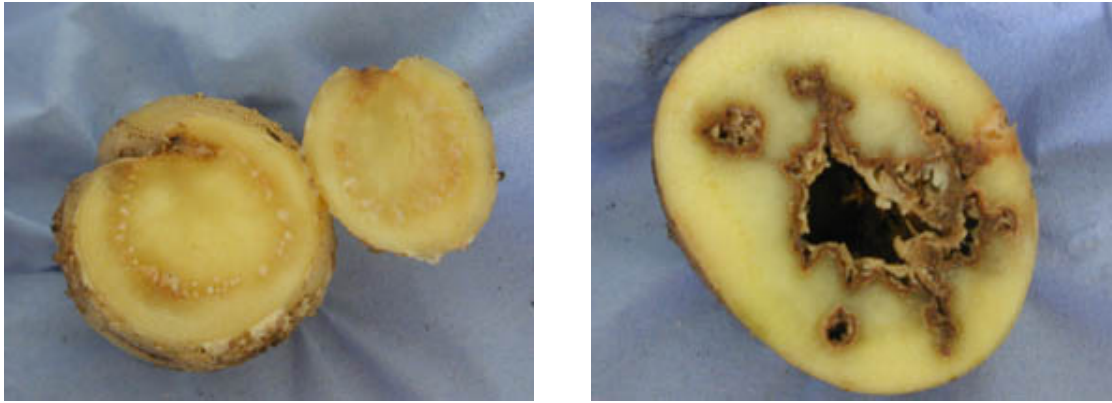
Figuur 10

Het watertransportsysteem van de Biesbosch waarmee o.a. de landbouw van water wordt voorzien.

In het pleistocene deel van Nederland is niet overal wateraanvoer van oppervlaktewater mogelijk, bijv. Achterhoek, zodat in deze gebieden alleen beregening vanuit het grondwater mogelijk is. Ook zijn er enkele gebieden in hoog Nederland waar nauwelijks water aan de bodem kan worden onttrokken door het ontbreken van watervoerende pakketten van enige omvang, bijv. omgeving van Winterswijk.

Bij beregening met oppervlaktewater moet rekening worden gehouden met bruinrot, dit is een bacterieziekte (*Ralstonia solanacearum* bacterie) die de aardappelen aantast, maar ook ringrot, een ziekte veroorzaakt door de bacterie *Clavibacter michiganensis* subsp. *Sepedonicus* (figuur 11).

Als aardappelplanten worden beregend met slootwater waarin bruinrotbacteriën voorkomen, dan is de oogst als verloren te beschouwen. Sinds 2005 mogen akkerbouwers in Nederland aardappelplanten niet meer beregenen met oppervlaktewater omdat daar de bacterie in kan zitten.



Figuur 11

Voorbeeld van bruinrot (links) en ringrot (rechts) bij aardappelen (ilvo.vlaanderen.be).

In de Regeling bruin- en ringrot 2000 wordt het verbod verder uitgewerkt. Het verbod voor beregening vanuit oppervlaktewater geldt voor de volgende gewassen

(http://wetten.overheid.nl/BWBR0011741/tekst_bevat_bruinrot/geldigheidsdatum_17-01-2012):

- Pootaardappelen;
- Overige aardappelen;
- Tomaat (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karst. Ex Farw);
- Aubergine (*Solanum melongena* L.);
- Raketbladige nachtschade (*Solanum sisymbriifolium* Lam.);
- Geranium, behorend tot de soort *Pelargonium zonale* (L.) L'Hérit. Ex Ait.;
- Postelein (*Postulaca oleracea* L.).

In figuur 12 is weergegeven voor welke gebieden het beregeningsverbod geldt.



Figuur 12

Verbodsgebieden volgens bijlage 2 van de Regeling bruin- en ringrot 2000. Overzichtskaart 2008.

In tabel 4 is het aantal bedrijven weergegeven dat berekening toepast, dit bedraagt ca. 25% van het totale aantal bedrijven.

Tabel 4

Berekening op landbouwbedrijven.

Bedrijven	Aantal	Percentage
Geen berekening	61595	75.1%
Berekening	20427	24.9%
Totaal	82022	

De vraag over de berekeningsbron is door slechts 50% van alle respondenten, die opgeven dat ze berekenen, ingevuld. Van deze 50% geeft 28,2% grondwater, 14% oppervlaktewater buiten het bedrijf, 1,9 % oppervlaktewater op het bedrijf en 0,1% drinkwater als de berekeningsbron, de overige 6% van de bedrijven geeft op

meerdere beregeningsbronnen te gebruiken. De gemiddelde oppervlakte die wordt beregend, voor de bedrijven waar berekening wordt toegepast, is 24 ha. In tabel 5 is de verdeling van de bedrijven naar beregeningsbron weergegeven.

Tabel 5

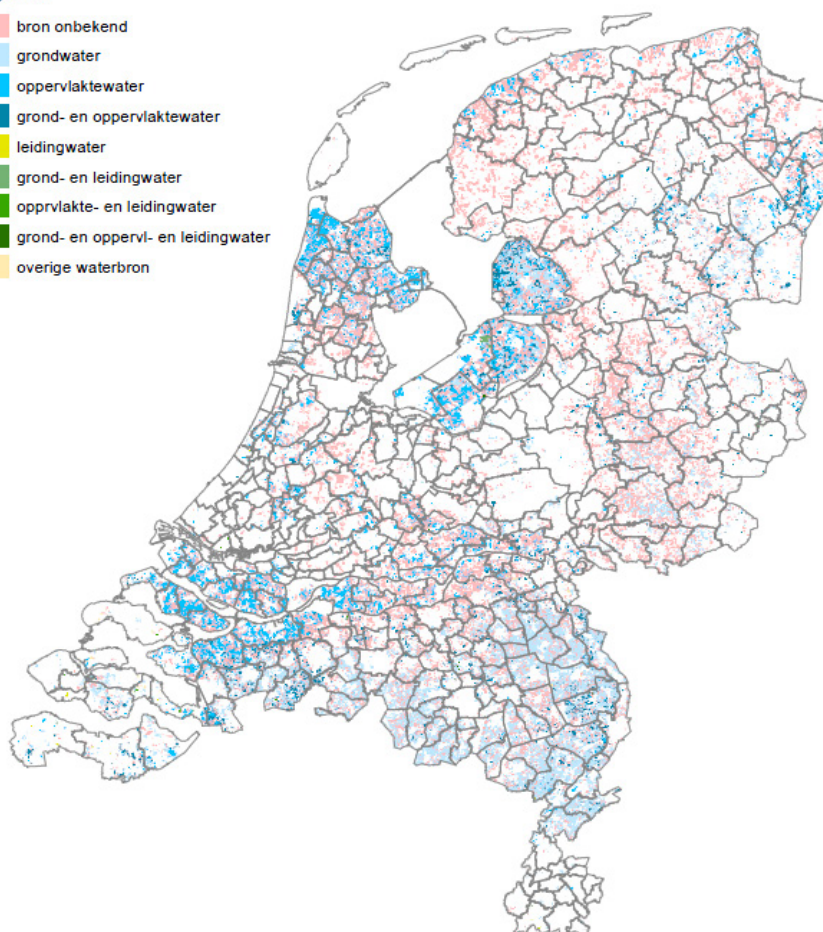
Verdeling bedrijven naar beregeningsbron.

Beregeningsbron	Aantal bedrijven	Oppervlak in ha	Gemiddeld bedrijfsoppervlak in ha.
Grondwater	6803	156652	23
Oppervlaktewater op bedrijf	887	14000	16
Oppervlaktewater buiten bedrijf	3721	122822	33
Drinkwater	75	1137	15
	11486		

In figuur 13 is de ruimtelijke verdeling van de beregeningsbronnen weergegeven.

Legend

- bron onbekend
- grondwater
- oppervlaktewater
- grond- en oppervlaktewater
- leidingwater
- grond- en leidingwater
- oppervlakte- en leidingwater
- grond- en oppervl- en leidingwater
- overige waterbron



Figuur 13

Beregeningsbron.

Uit figuur 13 blijkt dat vooral in oost- en noord-Nederland respondenten de vraag over de beregeningsbron niet hebben ingevuld. Door de oogbaren is te zien dat in laag-Nederland het oppervlaktewater de belangrijkste bron is, terwijl in het zandgebied overwegend grondwater als bron wordt gebruikt. Omdat veel boeren de vraag niet hebben ingevuld zijn geen duidelijke conclusies te trekken en dit heeft niet geleid tot aanpassing van de bestaande kaart met beregeningsbron. Voor twee waterschappen zijn bestanden beschikbaar voor beregeningsputten (figuur 14). Uit deze figuur blijkt dat in Limburg en Oost Gelderland een grote dichtheid aan beregeningsputten voorkomt, in deze gebieden is grondwater meestal de belangrijkste bron. Verder valt op dat in de omgeving van Winterswijk en de Liemers minder beregeningsputten worden aangetroffen.

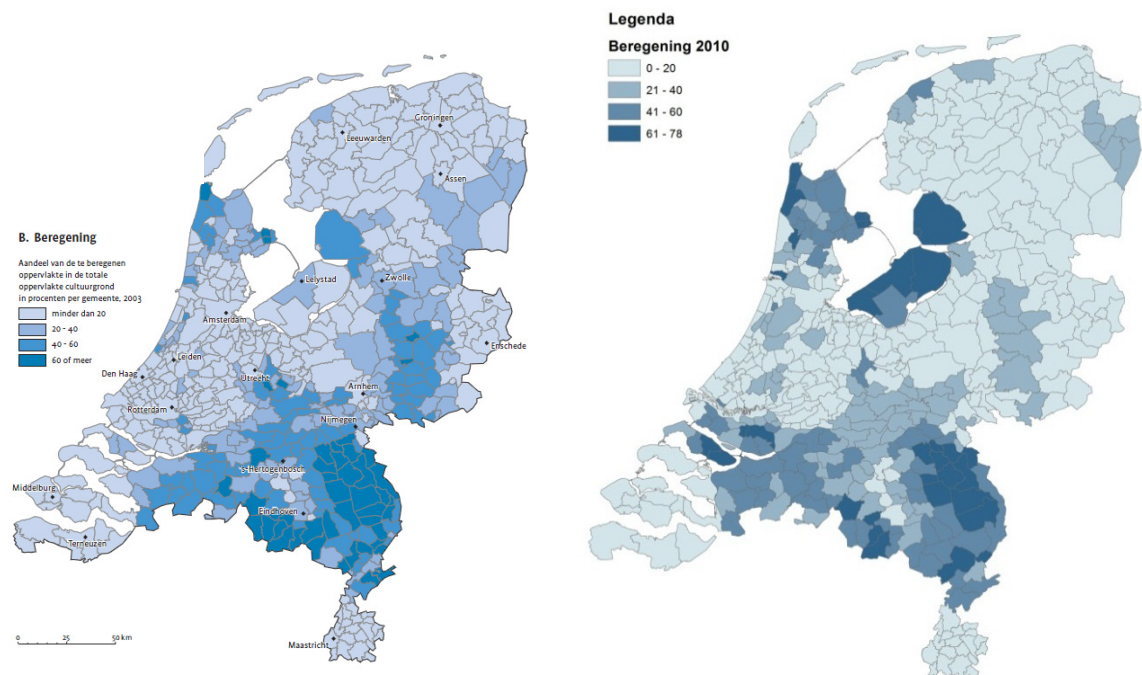


Figuur 14

Beregeningsputten gelegen in waterschap Peel en Maasvallei en waterschap Rijn en IJssel.

4 Plausibiliteit

Door het LEI is op basis van landbouwmetingen uit 1995, 1997 en 1999 de berekening op gemeenteniveau afgeleid als percentage van de totale oppervlakte cultuurgrond (Hoogeveen et al., 2003). Voor de nieuwe beregeningskaart is eveneens het percentage berekening van het totale landbouwareaal volgens de landbouwmetingen bepaald en weergegeven in figuur 15.

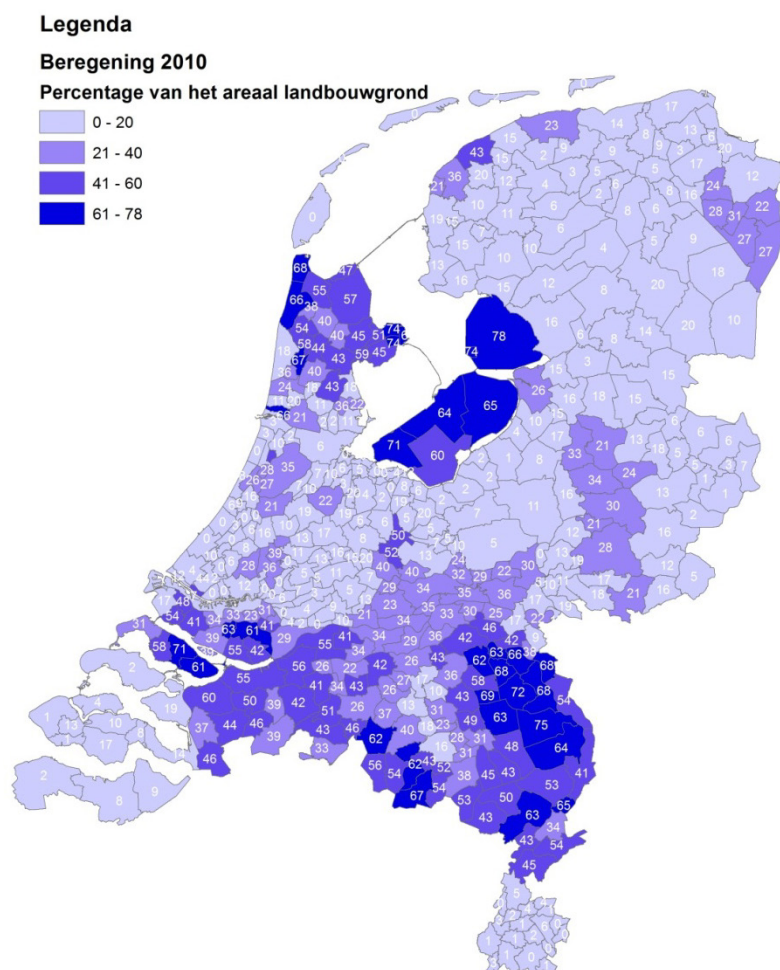


Figuur 15

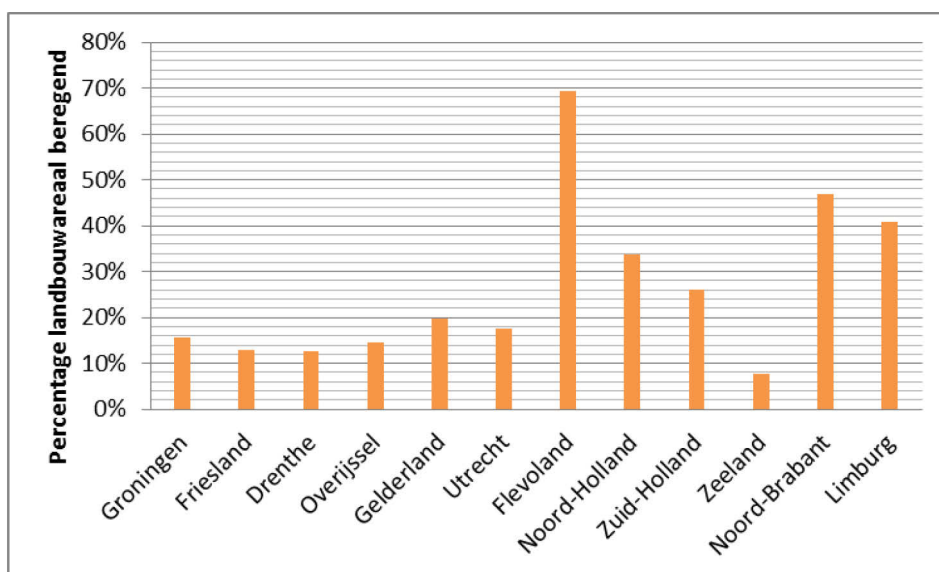
Percentage van het totale areaal cultuurgrond dat wordt beregend in 2003 (links) en 2010 (rechts).

Uit figuur 15 blijkt dat de kaarten in grote lijnen overeenkomen, wel is een sterke toename in berekening te zien in de IJsselmeerpolders, Kop van Noord-Holland en de Zuid-Hollandse Eilanden en de Hoekse Waard. In andere gebieden lijkt er een afname zoals IJsselvallei, delen van Drenthe en Overijssel. Deze verschillen worden gedeeltelijk veroorzaakt door gemeentelijke herindeling en mogelijk door de methodiek. Als de percelen van een boer in meerdere gemeenten liggen kan het toegekende areaal dat wordt beregend ook over meerdere gemeenten worden verdeeld. In figuur 16 is het percentage beregend landbouwareaal weergegeven.

In figuur 17 is het percentage van het landbouwareaal dat wordt beregend per provincie weergegeven. De provincie Flevoland heeft het hoogste areaal beregend (69%). Ook Noord-Brabant en Limburg hebben hoge percentages beregend, resp. 47% en 40%.



Figuur 16
 Percentage landbouwareaal berekend in 2010.



Figuur 17
 Percentage landbouwareaal berekend per provincie.

5 Conclusies

Het totaal potentieel beregende areaal op basis van de landbouwmetellingen bedraagt 490.000 ha.

De nieuwe beregeningskaart op basis van de landbouwmetellingen laat in een aantal gebieden een toename zien in beregening. Er is vooral een sterke toename in beregening in de IJsselmeerpolders, de Kop van Noord-Holland en de Zuid-Hollandse Eilanden en de Hoekse Waard.

Voor een aantal gebieden valt het percentage beregening lager uit dan bij voorgaande onderzoeken, nl. IJsselvallei, delen van Drenthe en Overijssel.

De vraag over de beregeningsbron is slechts door 50% van de respondenten die aangeven dat ze beregenen ingevuld. De belangrijkste bronnen zijn het grondwater (2/3) en het oppervlaktewater (1/3). Bij een toekomstige enquête moet aandacht aan deze vraag worden besteed om een betere respons te verkrijgen.

Op basis van de landbouwmetellingen zou er weinig beregend worden in Delfland. Door toevoeging van enkele landgebruiksvormen, o.a. kassen, die niet voorkomen in de landbouwmetelling, is het areaal beregend uitgebreid.

Sinds 2005 mogen akkerbouwers in Nederland aardappelplanten niet meer beregenen met oppervlaktewater vanwege de kans op besmetting met bruinrot.

Literatuur

Boheemen P.J.M. van., 1985. Ontwikkeling in de toepassing van beregening en bevoeiing tot 1983. Wageningen, ICW-nota 1629.

De Wilde J.G.S., 1976. Onderzoek beregenings c.q. bevoeiingsinstallaties 1973. Wageningen, ICW-nota 901.

De Wilde J.G.S. en Th. J. Linthorst, 1977. Beregening en bevoeiing in Nederland in 1976. Wageningen, ICW-nota 973.

De Wilde J.G.S., 1978. Aanvullende resultaten beregenings/bevoeiingsenquête 1976. Wageningen, ICW-nota 1039.

Gaast J.W.J. van der, H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop, 2010. Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken. Amersfoort, STOWA-rapport 41.

Hoogeveen M.W., K.H.M. van Bommel en G. Cotteleer, 2003. Beregening in land- en tuinbouw. Rapport voor de Droogtestudie Nederland. Rapport 3.03.02. LEI, Den Haag.

Provinciaal bestuur Noord-Brabant, 1954. Verslag van het congres inzake de watervoorziening voor de landbouw in Noord-Brabant.

Veldhuizen A.A. en P.J.T. van Bakel, 2008. Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI. Deelrapport beregening. (http://www.nhi.nu/documenten/DR10/NHI2008DR10_v2_Beregening.pdf)

Wösten J.H.M., T. Hoogland, H. Th. L. Massop, F. de Vries, H.R.J. Vroon en J.G. Wesseling, 2012. BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra-rapport 2387.

<http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/landbouw/methoden/dataverzameling/korte-onderzoeksbeschrijvingen/landbouwtelling-ob.htm>

<http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/landbouw/methoden/dataverzameling/vragenlijst-landbouwtelling/default.htm>

http://wetten.overheid.nl/BWBR0011741/tekst_bevat_bruinrot/geldigheidsdatum_17-01-2012

<http://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/Onderzoek/Gewasbescherming/Ziektenenplagen/Ecologieringrotenbruinrot/tabid/218/Default.aspx>

Bijlage 1

Meitellingen 2010 Vraag 8g t/m 8j Berekening

8g Berekening: oppervlakte

Kijk in de toelichting: hoofdstuk 3.2

	ha	are	
Welke oppervlakte landbouwgrond kunt u berekenen met de hulpmiddelen die u tot uw beschikking heeft?			812
Welke oppervlakte heeft een functionerende drainage?			816
Welke oppervlakte heeft u tenminste eenmaal berekend in de periode van april 2007 tot en met maart 2008			813
april 2008 tot en met maart 2009			814
april 2009 tot en met maart 2010			815
Heeft u afgelopen jaar berekend? (bij vraag 815 een oppervlakte ingevuld)			
Nee	>	Ga verder met vraag 8k	
Ja	>	Ga verder met vraag 8h	

8h Berekening per gewas

Kijk in de toelichting: hoofdstuk 3.2

Welke oppervlakte heeft u in de periode van april 2009 tot en met maart 2010 berekend?
Geef ook de watergift in millimeters op.

	ha	are	watergift in mm	
Granen (inclusief zaaizaad, exclusief mals)				817 747
Mals (corn cob mix, korrel-, snij- en energiemals)				748 749
Peulvruchten (droog geoogst, inclusief zaaizaad)				750 751
Aardappelen (inclusief primeurs en pootaardappelen)				752 753
Suikerbieten (exclusief zaaizaad)				754 755
Kool- en raapzaad				756 757
Zonnebloemen				758 759
Vezelgewassen (waaronder hennep en vlas)				760 761
Verse groenten, meloenen en aardbeien (open grond)				833 834
Grasland, tijdelijk en blijvend				835 836
Boomgaarden en kleinfruit				837 838
Wijngaarden				839 840
Overige gewassen open grond				841 842
> Ga verder met vraag 8i				

8i Vorm van beregening

Kijk in de toelichting: hoofdstuk 3.2

Welke vorm van beregening heeft u toegepast in de periode van april 2009 tot en met maart 2010? (meerdere antwoorden mogelijk)

☐ Oppervlakte-irrigatie (overstroming, vorendrainage) 710

☐ Sproeien, spuiten of gieten 711

☐ Druppelbevloeïing 712

Welke waterbron gebruikt u voor beregening? (meerdere antwoorden mogelijk)

☐ Grondwater 713

☐ Oppervlaktewater op uw bedrijf (vijvers, bekkens, reservoirs) 714

☐ Oppervlaktewater buiten uw bedrijf (meren, rivieren, sloten) 715

☐ Water van een gemeenschappelijke voorziening (drinkwaterleiding) 716

☐ Overig (bijvoorbeeld ontzilt water, gezuiverd afvalwater) 717

> Ga verder met vraag 8j

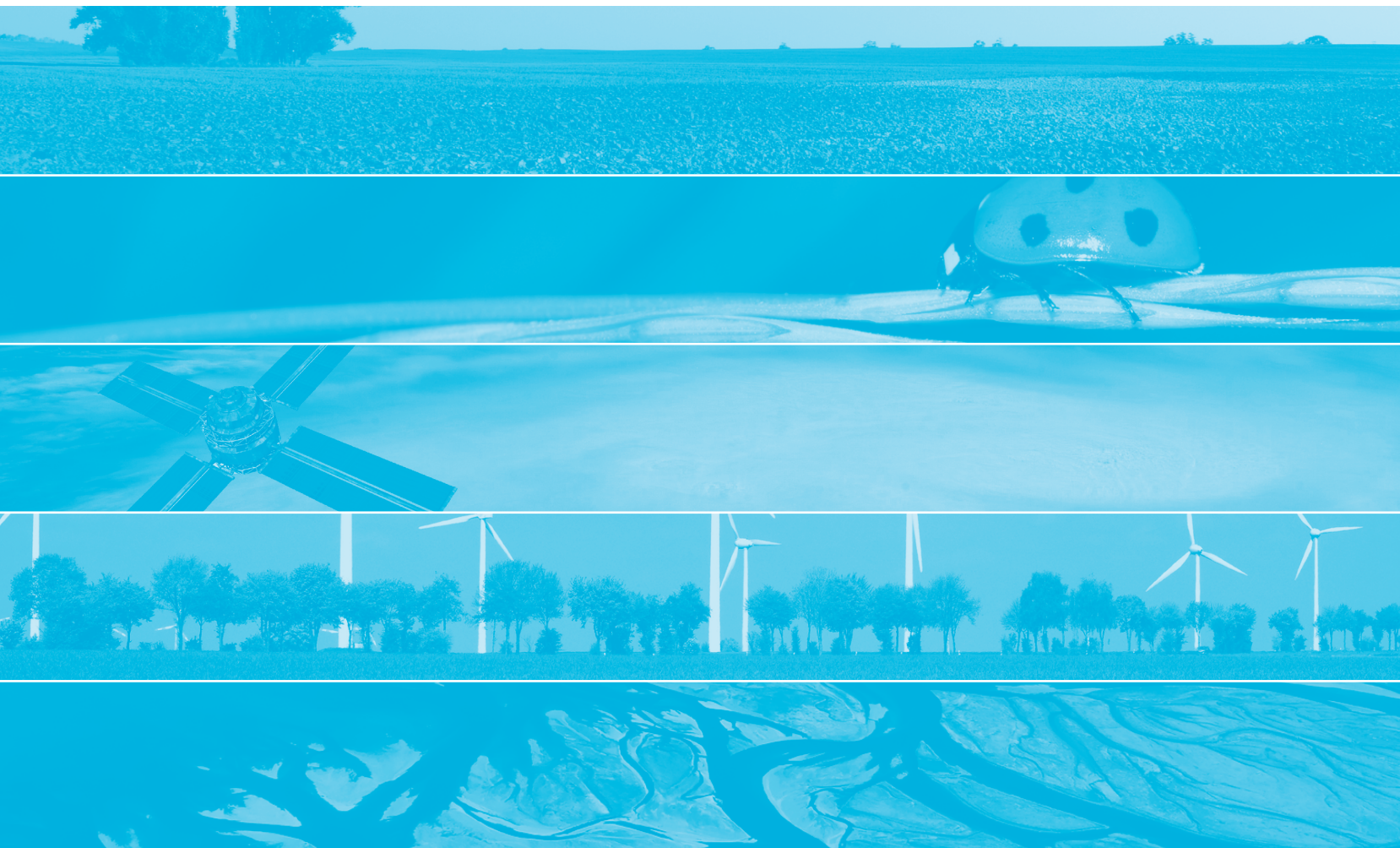
8j Capaciteit waterpompen

Kijk in de toelichting: hoofdstuk 3.2

Wat is de capaciteit en het aantal draaiuren van de waterpompen die u gebruikt voor beregening in de periode van april 2009 tot en met maart 2010? (Heeft u meer dan 3 waterpompen? Vermeld dan de gegevens van de 3 grootste pompen.)

	capaciteit (m ³ /uur)		aantal draaiuren	
pomp 1		718		719
pomp 2		720		721
pomp 3		722		723

> Ga verder met vraag 8k



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl