



Agrarische bedrijfswaterplannen Dwingelerstroom en Wapserveense Aa

Pilotstudie naar de potentie en effectiviteit van maatregelen bij agrarische bedrijven die bijdragen aan verbetering van de waterhuishouding

P.N.M. Schipper, P. Groenendijk, I. Hoving, R. Michels, M. Arts, H. Staarink en J. van Bakel

Agrarische bedrijfswaterplannen Dwingelerstroom en Wapserveense Aa

Pilotstudie naar de potentie en effectiviteit van maatregelen bij agrarische bedrijven die bijdragen aan verbetering van de waterhuishouding

P.N.M. Schipper¹, P. Groenendijk¹, I. Hoving¹, R. Michels¹, M. Arts², H. Staarink² en J. van Bakel³

1 Wageningen University & Research (Wageningen Environmental Research, Wageningen Plant Research, Wageningen Economic Research)

2 Aequator

3 Bakelse Stroom

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research (onderdelen Wageningen Environmental Research, Wageningen Plant Research, Wageningen Economic Research), Aequator en Bakelse Stroom, in opdracht van het waterschap Drents Overijsselse Delta.

Wageningen Environmental Research (voorheen Alterra)
Wageningen, augustus 2016

Rapport 2735
ISSN 1566-7197

Schipper, P.N.M., P. Groenendijk, I. Hoving, R. Michels, M. Arts, H. Staarink en J. van Bakel, 2016. *Agrarische bedrijfswaterplannen Dwingelerstroom en Wapserveense Aa; Pilotstudie naar de potentie en effectiviteit van maatregelen bij agrarische bedrijven die bijdragen aan verbetering van de waterhuishouding*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2735. 68 blz.; 5 fig.; 8 tab.; 14 ref.

In dit onderzoek zijn 9 agrarische melkveebedrijven in Drenthe bezocht en is samen met de betrokken agrariërs besproken en geanalyseerd in hoeverre de situatie op het erf en de percelen verbeterd kan worden ten aanzien van bodem en water. Vanuit gesignaleerde knelpunten zijn maatregelen aangedragen die bij kunnen dragen aan verbetering van het bedrijfsresultaat en het watersysteem. Samen met het waterschap zijn een 6-tal type maatregelen geselecteerd waarvan de effectiviteit is berekend. Hierbij is gebruik gemaakt van modellen die op perceelsniveau de vocht- en nutriënte huishouding, gewasopbrengst en nutriënte huishouding simuleren. Voor ieder bedrijf zijn de resultaten van het veldbezoek, analyse en berekening van effecten opgenomen in een bedrijfswaterplan, welke voor feedback is voorgelegd aan de betreffende agrariër. Het voorliggende rapport vat de resultaten van de 9 bedrijfswaterplannen samen en geeft op hoofdlijnen aan wat de potenties zijn van maatregelen op regionaal niveau.

Trefwoorden: bedrijfswaterplan, melkveehouderij, gras, mais, erf, bodemconditie, gewasopbrengsten, veen, onderwater drainage, regelbare drainage, stuwen, bodemoverschot, agrarische waterbeheer, kringlooplandbouw

Dit rapport is gratis te downloaden van <http://dx.doi.org/10.18174/388501> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2016 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- 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.

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

Wageningen Environmental Research Rapport 2735 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Henk Lomulder

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Projectdoelstelling en -resultaat	9
	1.3 Aanpak	9
	1.4 Leeswijzer	10
2	Analyse bedrijven	11
	2.1 Gebiedsbeschrijving	11
	2.2 Karakterisering bedrijven en geadviseerde maatregelen	14
	2.3 Voorkomende knelpunten en kansen	15
	2.4 Opvallende kenmerken	17
	2.5 Geadviseerde maatregelen	17
	2.6 Voorkeur agrariërs voor maatregelen	18
3	Effectiviteit maatregelen	19
	3.1 Doorgerekende maatregelen	19
	3.2 Effecten maatregelen (synthese)	20
	3.3 Baten van maatregelen door hogere gewasopbrengsten	24
	3.4 Kosten investeringen	25
	3.5 Samenvatting kosteneffectiviteit	27
	3.6 Discussie	27
	3.7 Handelingsperspectieven voor implementatie	29
	3.8 Kansrijke gebieden voor opschaling maatregelen	31
4	Conclusies en aanbevelingen	33
	4.1 Conclusies	33
	4.2 Aanbevelingen	35
	Literatuur	36
	Bijlage 1 Berekening effecten maatregelen	37
	Bijlage 2 Berekening baten extra gewasopbrengsten	62
	Bijlage 3 Kansrijke gebieden onderwater drainage en peilopzet	64

Woord vooraf

Voor het Deltaprogramma Zoetwater en Zoetwatervoorziening Oost-Nederland (ZON) is behoefte aan kennis welke maatregelen voor agrarisch waterbeheer waar mogelijk zijn en wat dat voor het watersysteem oplevert. Waterschap Drents Overijsselse Delta wil graag de droogteproblematiek binnen het beheergebied meer gedetailleerd in beeld brengen door het inzoomen op een concreet projectgebied. Het inzoomen op een concreet gebied en toepassen van maatregelen op perceelsniveau biedt ook kansen om naar waterkwaliteitsaspecten te kijken. Dit zou moeten leiden tot een basis voor het selecteren van gebieden waar op een effectieve en efficiënte wijze maatregelen getroffen kunnen worden om droogteproblemen te voorkomen en om een positieve bijdrage leveren aan de waterkwaliteit. In dit kader is voor 9 agrarische bedrijven (allen melkveehouderijen) nabij de Dwingelerstroom en de Wapserveensche Aa onderzocht welke maatregelen zij kunnen nemen die bijdragen aan verbetering van de waterhuishouding op het bedrijf en het watersysteem. Hierbij wordt voortgebouwd op de initiatieven en opgedane ervaring van het project Landbouw op Peil.

Het onderzoek is uitgevoerd door de WUR, Aequator en Bakelse Stroom. De resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in 9 aparte Bedrijfswaterplannen en het voorliggende hoofdrapport.

Samenvatting

Waterschap Reest en Wieden (thans Drents Overijsselse Delta) wil in een concreet gebied verkennen hoe maatregelen bij agrariërs (op perceel en bedrijfsniveau) kunnen bijdragen aan het verbeteren van het watersysteem, zowel kwantiteit (droogte, wateroverlast, piekafvoeren) als waterkwaliteit (afname diffuse belasting landbouw). Daartoe zijn in een gebied van de Oude Vaart (nabij Dwingeloo wordt de naam Dwingelerstroom gebruikt voor de Oude Vaart) en de Wasperveense Aa agrarische bedrijven benaderd om deel te nemen aan een pilot om bedrijfswaterplannen op te stellen. In die plannen worden de bedrijven door landbouw- en bodemexperts bezocht, probleemplekken geïdentificeerd, mogelijke maatregelen om deze problemen op te lossen in het veld besproken en een indicatie gegeven van de effectiviteit van maatregelen. In totaal hebben 9 agrarische bedrijven, allen melkveehouderijen, aan deze pilot deelgenomen. De bedrijven zijn in de nazomer en het najaar van 2015 bezocht.

Tijdens de veldbezoeken en aansluitende analyse zijn diverse knelpunten naar voren gekomen: te natte niet optimaal gedraineerde (delen van) percelen op beekdalgronden, droogtegevoelige percelen op essen en flanken van het beekdal, en percelen in overgangsgebieden waar de buisdrainage niet goed is afgestemd met de aanwezige keileem in de ondiepe ondergrond. Er is weinig contact tussen de agrariërs en het waterschap over het peilbeheer. Op basis van indirecte aanwijzingen zoals ondiepe beworteling, verkitten bodemlaagjes en zichtbare rijsporen in grasland wijzen uit dat bodemverdichting een probleem is. Verder wordt weinig aandacht besteed aan de inrichting en het schoonhouden van de erven. De veenlaag in de ondiepe bodem is vaak dikker dan op de veendiktekaart is aangegeven en de grondwaterstanden lijken vaak ondieper dan is aangegeven op de grondwatertrappenkaart die het Waterschap hanteert. De deelnemers vinden de kwaliteit van het slootwater geen zorgpunt (de koeien kunnen ervan drinken). Het huidige mestbeleid wordt als lastig en streng ervaren.

Voor ieder van de deelnemende bedrijven is een bedrijfswaterplan opgesteld. Hierin zijn voor de gesignaleerde knelpunten diverse kansrijke maatregelen aangedragen die de deelnemer kan uitvoeren om de problemen te verhelpen. Bij navraag van de concept plannen kwam naar voren dat de deelnemers zich goed herkennen in de problemen en oplossingen zoals die zijn opgenomen in de plannen. Ook de veldbezoeken en gesprekken werden als zeer waardevol beoordeeld. Wel willen zijn graag een nadere uitwerking van de voorgestelde maatregelen ("een advies op maat") en willen graag in het gesprek treden met het Waterschap over de uitvoering en volgordelijkheid van de maatregelen.

Voor een 6-tal type maatregelen zijn specifieke berekeningen uitgevoerd om een goede indicatie te verkrijgen van de effectiviteit. Dit betreft verhoging van het organisch stofgehalte, het verbeteren van de bodemconditie, aanleg van onderwaterdrainage, boerenstuwjes, aanpassing (verruiming) van slootprofielen, betere timing van bemesting en efficiënter mineralenmanagement. Bij het analyseren is de effectiviteit beoordeeld op belangen voor de agrariër (gewasopbrengst, berijdbaarheid percelen), belangen van het Waterschap (piekafvoeren sloten en waterkwaliteit) en wederzijdse belangen (waterconserving, bodemconditie, grondwaterstanden).

Resumerend kan gesteld worden dat voor de kwantiteit vooral uitgekende drainage (peilgestuurd en/of onderwater drainage) gunstig is voor de agrariër en positieve effecten heeft voor het watersysteem. Maatregelen die ertoe bijdragen dat minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt en daarmee ook minder piekafvoeren naar de sloot, zullen ook een gunstig effect hebben op de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten en bestrijdingsmiddelen. Als de waterhuishouding niet wordt aangepast naar meer gunstige omstandigheden, hebben maatregelen zoals bodemverbetering of aangepaste uitrijtjdstippen van bemesting relatief weinig effect op de waterkwaliteit en gewasopbrengsten. Deze maatregelen hebben meer effect bij een meer optimale landbouwwaterhuishouding. Aandachtspunt is een goede uitvoering en uitgekend peilbeheer van maatregelen voor ontwatering, omdat deze anders tot negatieve effecten op het watersysteem kunnen leiden (ontstaan van natschade of meer uitspoeling zoals ook in de berekeningen is gebleken). Voor de kwaliteit is naast drainage ook efficiënter mineralen

management positief. Hoewel het moeilijk te kwantificeren is, zal ook een verbetering van de situatie van het erf zeker bijdragen aan een betere waterkwaliteit.

Indien de voorgestelde maatregelen optimaal worden uitgevoerd is de kosteneffectiviteit positief. Dit vergt echter meer van de agrariër dan alleen de aanleg van de maatregel maar ook actief beheer voor een lange periode (integratie in de dagelijkse bedrijfsvoering). Alleen voor onderwaterdrains wordt ingeschat dat kosten hoger kunnen uitvallen dan de baten, vooral door de hoge kosten die gerekend zijn voor het onderhoud. Bedacht moet worden dat de baten en kosten indicatief zijn berekend en ingeschat. Om een optimaal maatregelenpakket samen te stellen en de kosten en baten op bedrijfsniveau voldoende betrouwbaar inzichtelijk te maken, dienen de maatregelen in combinatie voor de algehele bedrijfsvoering te worden doorgerekend.

De situatie in het gebied lijkt op veel plaatsen geschikt voor onderwaterdrainage en op diverse delen van de flank van de beeklopen is peilaanpassing (verhoging met name) mogelijk. Met uitgekiend mineralen management kunnen de stikstof bodemoverschotten sterk afnemen. Dit levert een significante afname van de stikstofemissies naar de beken waardoor de waterkwaliteit zal verbeteren.

Aanbevolen wordt om als Waterschap nadere gesprekken te voeren met de deelnemende bedrijven. Dit om te verkennen of zij naar aanleiding van het gedane onderzoek aan de slag willen met maatregelen en zo ja, wat voor wensen en randvoorwaarden zij nodig hebben om maatregelen ook daadwerkelijk uit te voeren. Eventueel kunnen de deelnemende bedrijven een voorbeeldfunctie vervullen voor de rest van het gebied. Om een optimaal maatregelen pakket samen te stellen en de baten op bedrijfsniveau inzichtelijk te maken, dienen de maatregelen in combinatie voor de algehele bedrijfsvoering door een bedrijfsadviseur te worden doorgerekend. Ook wordt op basis van de studie aanbevolen om de praktijksituatie ten aanzien van de detailontwatering en bodemconditie nader te inventariseren en daarbij vooral na te gaan wat de oorzaak van de 'gevoelde' problemen zijn (bodemverdichting, drainage of drooglegging). Een dergelijke inventarisatie kan ook bijdragen aan een verdere bewustwording van de problematiek.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de eerste jaren van het Deltaprogramma Zoetwater en Zoetwatervoorziening Oost-Nederland (ZON) is veel kennis verzameld over knelpunten die kunnen ontstaan als gevolg van de droge kant van klimaatverandering. Zonder maatregelen ontstaat in de landbouw veel droogteschade, treedt verdere verdroging van natuur op, vallen meer beken droog en neemt de waterkwaliteit af. In het programma ZON is een strategie ontwikkeld met daaraan gekoppeld een uitvoeringsprogramma. Dit uitvoeringsprogramma is een programma op hoofdlijnen. Hierin is niet nauwkeurig bepaald waar welke maatregel getroffen moet of kan worden en wat dat oplevert. In het project Landbouw op Peil is voor een aantal concrete maatregelen op perceel niveau ervaring opgedaan met de werking van de maatregelen in de praktijk.

Waterschap Reest en Wieden wil graag de droogteproblematiek binnen het beheergebied meer gedetailleerd in beeld brengen door het inzoomen op een concreet projectgebied. Het inzoomen op een concreet gebied en toepassen van maatregelen op perceel niveau biedt ook kansen om naar waterkwaliteitsaspecten te kijken. Dit zou moeten leiden tot een basis voor het selecteren van gebieden waar op een effectieve en efficiënte wijze maatregelen getroffen kunnen worden om droogteproblemen te voorkomen en om een positieve bijdrage leveren aan de waterkwaliteit.

In dit kader heeft waterschap Reest en Wieden aan Alterra opdracht gegeven om voor agrarische bedrijven nabij de Dwingelerstroom en de Wapserveensche Aa te analyseren welke maatregelen zij kunnen nemen die bijdragen aan verbetering van de waterhuishouding op het bedrijf en het watersysteem. Hierbij wordt voortgebouwd op de initiatieven en opgedane ervaring van het project Landbouw op Peil.

1.2 Projectdoelstelling en -resultaat

Doel van het project is om voor een flink aantal agrarische bedrijven die meedoen in de pilot integrale bedrijfswaterplannen op te stellen. Deze plannen dienen inzicht te geven in de knelpunten en kansen voor verbetering van het watersysteem en een lijst met concrete maatregelen die de agrariër of waterbeheerder kan nemen met daarbij een indicatie voor de kosten en baten voor het agrarische bedrijf en waterschap. Het voornemen is om in een vervolgfase te kwantificeren wat de effecten van de maatregelen zijn op het regionale watersysteem.

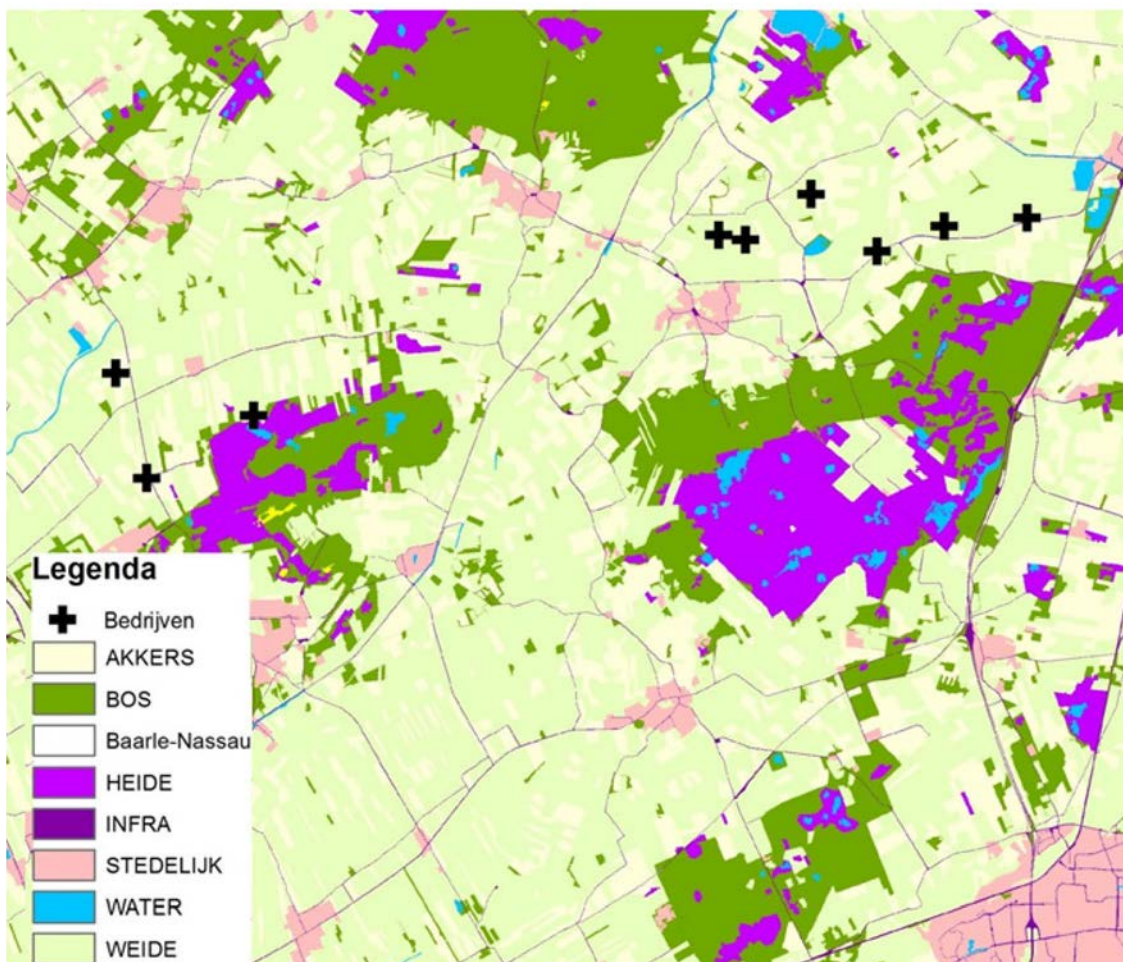
1.3 Aanpak

Het project is uitgevoerd door de WUR (Alterra en Livestock Research), Aequator Groen & Ruimte en de Bakelse Stroom. De coördinatie en projectleiding is verzorgd door Alterra. Het project is gefaseerd uitgevoerd waarbij de volgende stappen zijn doorlopen:

Stap 1: Analyse bedrijfssituatie en omgeving : Door het Waterschap zijn 9 bedrijven aangedragen die aan het project willen meewerken (zie Figuur 1.1). Voor deze bedrijven is GIS informatie verzameld over de ligging van de waterlopen, streefpeilen oppervlaktewater, maaiveldhoogten, bodemopbouw (bodemtype, dikte / diepteligging keileem), grondwatertrappen, kwel/wegzijging. Vanuit de Basis Registratie Percelen bestanden is informatie ontleend over de percelen en perceelgrenzen die in eigendom of beheer zijn van het betreffende bedrijf. In voorbereiding van de 'keukentafel' gesprekken is een te behandelen vragenlijst opgesteld. Deze zijn als leidraad benut bij de bedrijfsbezoeken.

Stap 2: Alle 9 bedrijven zijn bezocht. Omdat het veelal grote bedrijven met veel percelen zijn, is hieraan vaak een hele dag besteed. Tijdens de bezoeken is eerst de vragenlijst doorlopen. Vervolgens is de situatie op het erf bekeken en op basis van het gesprek zijn diverse probleemplekken die zich op de percelen van de bedrijven voordoen samen met de agrariër bezocht. Op diverse plaatsen zijn daarbij ondiepe boringen gedaan om het bodemprofiel boven de grondwaterstand globaal te karakteriseren. Van ieder bedrijfsbezoek is een bedrijfswaterplan opgesteld. De concepten daarvan zijn voor feedback gestuurd naar de bedrijven.

Stap 3: Voor 6 type maatregelen zijn specifieke berekeningen uitgevoerd om de effecten daarvan op het watersysteem en gewasopbrengst te kwantificeren. Bij de keuze voor deze berekeningen is rekening gehouden met een regionale spreiding en de mogelijkheid om de potentie van een brede implementatie van de maatregelen voor het watersysteem kwantitatief te kunnen verkennen. Ook zijn van die maatregelen globaal de kosten bepaald. De resultaten van de afzonderlijke bedrijfswaterplannen en gedane berekeningen zijn gebundeld en opgenomen in onderliggende rapportage.



Figuur 1.1 Ligging van de bezochte agrarische bedrijven. Voor ieder van deze bedrijven is in dit onderzoek een apart bedrijfswaterplan opgesteld.

1.4 Leeswijzer

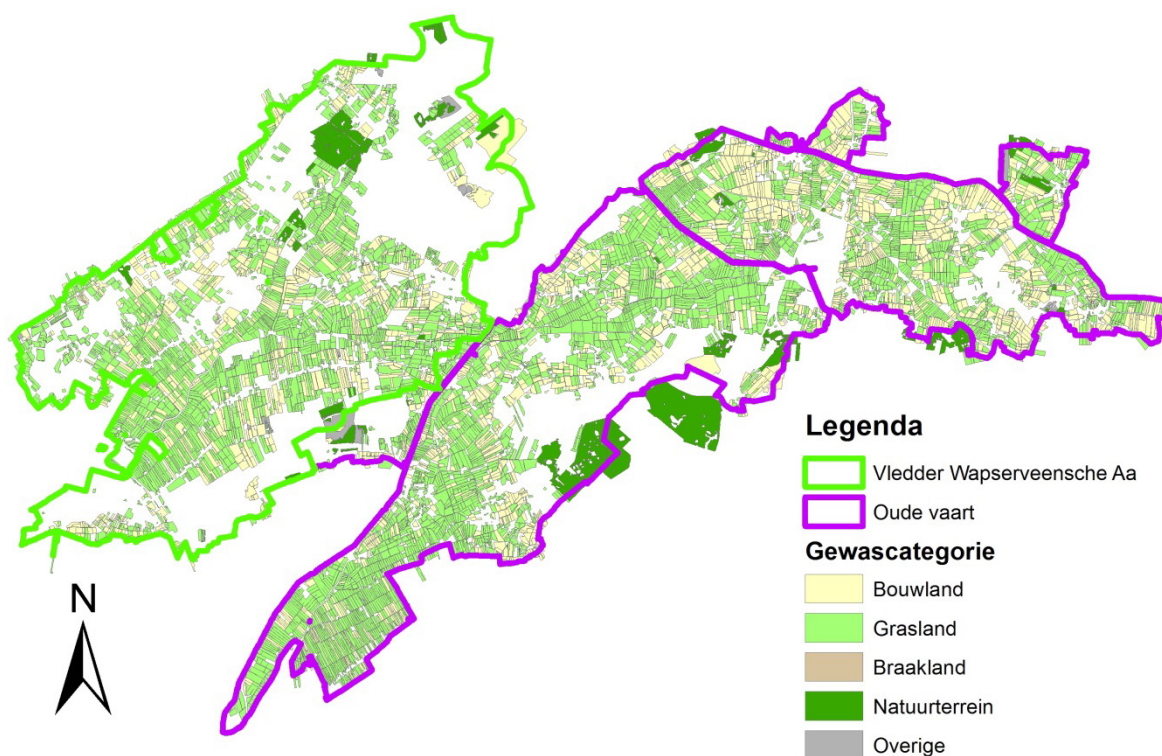
Hoofdstuk 2 geeft een korte gebiedsbeschrijving en behandelt de resultaten van de bedrijfsbezoeken en aansluitende analyse van knelpunten en kansrijke maatregelen. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effectiviteit van geselecteerde maatregelen. De conclusies en aanbevelingen zijn geformuleerd in hoofdstuk 4.

2 Analyse bedrijven

2.1 Gebiedsbeschrijving

De bedrijven liggen in het stroomgebied van de Oude Vaart en Wapserveense Aa. De ligging van deze waterlopen zijn aangegeven in Figuur 2.1. Het grootste deel van beide stroomgebieden bestaat uit agrarisch gebied met een groot aandeel grasland en mais.

Nabij Dwingeloo wordt de naam Dwingelerstroom gebruikt voor de Oude Vaart. Beide Beken (Oude Vaart/Dwingelerstroom en Wapserveense Aa) zijn wateren die voor de implementatie van de Kaderrichtlijn water (KRW) als waterlichamen in het stroomgebied beheersplan zijn aangewezen. Beide beken zijn van oorsprong langzaam stromende meanderende beken. De Oude Vaart ontspringt in het beekdal direct grenzend aan het Oranjekanaal en stroomt aan de noordzijde van Meppel uit in het Meppelerdiep. De Wapserveense Aa ontspringt in het gebied Kalterbroeken en stroomt in Overijssel uit in de Overijsselse boezem. Ongeveer halverwege de beek, ten zuiden van Vledder, watert de Vledder Aa af op de Wapserveense Aa.



Figuur 2.1 Ligging van de Wapserveense Aa en Oude Vaart. Het grondgebruik is afgeleid van het Basis Registratie Percelen bestand van 201.

De van oorsprong langzaam stromende meanderende Oude Vaart en Wapserveense Aa hebben in de loop van de laatste eeuwen veel wijzigingen ondergaan. Dit betreft onder meer de aanleg van scheepvaartkanalen die delen van de hoofdstroom afleiden en nu met behulp van gemalen afwateren op het kanaalsysteem (Drentse Hoofdvaart, Beilervaart, Oranjekanaal, Smilde), het normaliseren van de beek, het plaatsen van stuwen en realisatie van diverse bemalingen.

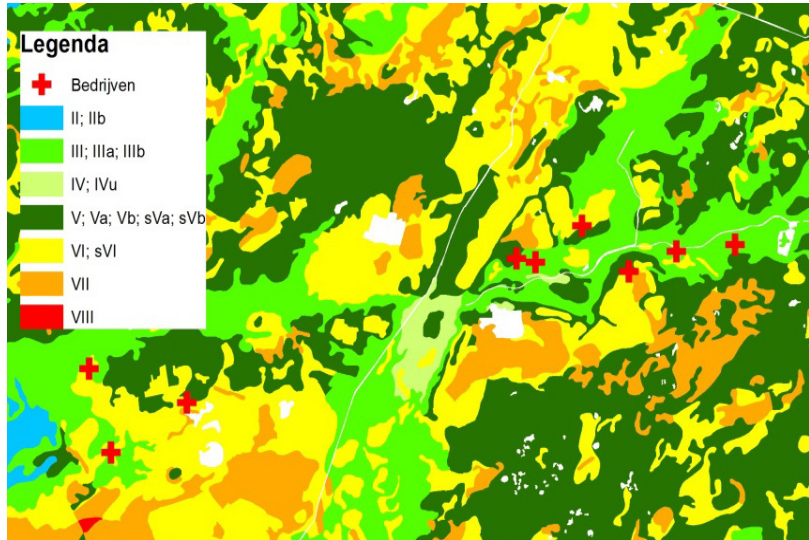
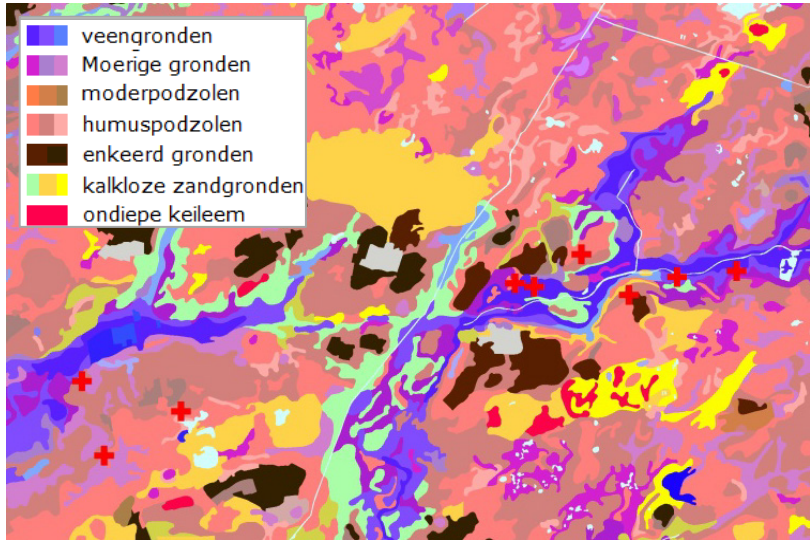
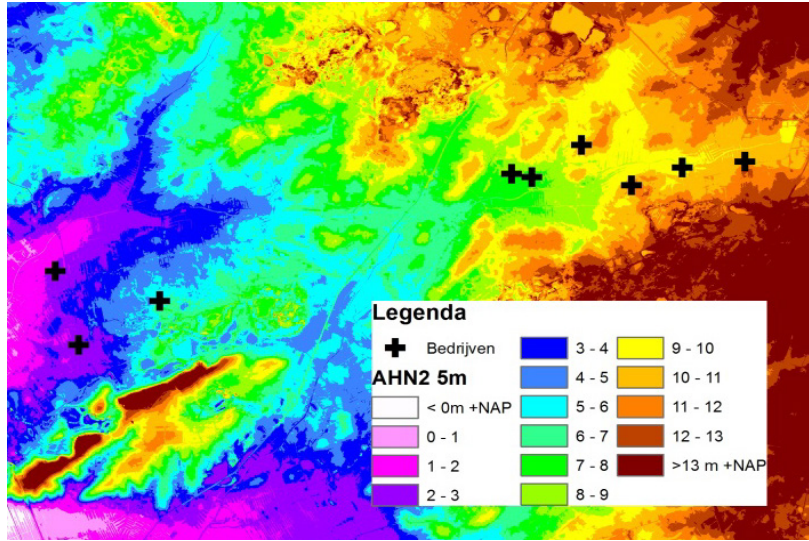
Het Waterschap hanteert dynamische stuwpeilen die gericht zijn op de af- en aanvoer situatie. In delen van het gebied is wateraanvoer mogelijk via de Dwingelerstroom. De drooglegging varieert in het gebied sterk doordat er redelijk wat hoogteverschillen zijn en percelen met veen te maken hebben met ongelijke maaiveldaling door de afbraak van het veen.

In Figuur 2.2 is de ligging van de bedrijven weergegeven. De hoogteligging, bodemtypen en grondwatertrappen zijn weergegeven in Figuur 2.2-2.4. De 9 deelnemende bedrijven hebben zowel percelen in het beekdal als op de flanken. Daarmee hebben zij ook een grote variatie aan perceelskenmerken, venige percelen die nat zijn, zandige percelen die vrij droog zijn en percelen met vrij ondiep vaak keileem op overgangsgebieden.

Ten opzichte van de beschikbare kaarten is vanuit de veldbezoeken en daar gedane boringen gebleken dat de grondwaterstanden op meerdere van de bezochte plekken wat natter zijn dan op de grondwatertrappen kaart is aangegeven. En dat het veenpakket vaak minder veraard is dan op de veenkaart is aangegeven en het veenpakket ook op diverse percelen dikker is dan de veendikte kaart.

De waterhuishouding is met de huidige inrichting en het gevoerde peilbeheer afgestemd op de landbouwkundige functie van het gebied. De beek heeft echter ook een ecologische functie en voor deze functie zijn enkele knelpunten. Het water wordt belast met nutriënten vanuit landbouw en op Oude Vaart loost ook de rwzi van Meppel. Er is te weinig stroming om migrerende en stromingsminnende soorten aan te trekken. Een groot deel van de (onderwater)oevers is stijl en biedt geen geschikt habitat voor natuurontwikkeling. Normalisatie van de beek, overdimensionering, drainage en wateraanvoer in droge situaties ten behoeve van de landbouw en stuwen die niet vispasseerbaar zijn vormen de belangrijkste problemen. Maatregelen die hiervoor zijn afgesproken in het Stroomgebiedsbeheersplan zijn de aanleg van natuurvriendelijke oevers, stuwen vispasseerbaar maken, hermeandering en meer natuurvriendelijk beheer van de watergangen.

Conform de systematiek van de KRW scoort de fysische waterkwaliteit van beide beken goed, alhoewel door aanscherping van de norm voor fosfor (0,11 mgP/l ipv 0,14) de concentraties in de Wapserveensche Aa nu boven deze norm liggen. Deze toetsing wordt gedaan op basis van meetpunten in de grote uitstroompunten van de beken en niet in de haarvaten (kleine wateren). De Provincie en het Waterschap zullen in de komende jaren (2016 – 2017) ook voor deze kleinere wateren doelen voor de waterkwaliteit vaststellen.



Figuur 2.2 Ligging deelnemende bedrijven, linksboven de percelen geprojecteerd op de topografische kaart, rechtsboven de hoogtekaart, linksonder de bodemkaart en rechtsonder de grondwatertrappen.

2.2 Karakterisering bedrijven en geadviseerde maatregelen

In totaal zijn 9 bedrijven bezocht in de periode tussen juni 2015 en eind november 2015. De locaties zijn weergegeven in Figuur 2.1. Voor ieder bedrijf is een bedrijfswaterplan opgesteld. Hierin is een beschrijving opgenomen van het bedrijf, de huidige situatie van bodem en grondwater, knelpunten ten aanzien van de bodem en lokale waterhuishouding die naar voren zijn gekomen en een advies waarin oplossingen worden aangedragen om voorkomende problemen te verhelpen of te verminderen. Ook zijn in de bedrijfswaterplannen kaarten opgenomen met de ligging van de percelen, de waterlopen en bijbehorende streefpeilen, bodemopbouw (type, diepte keileem, veendikte), maaiveldhoogte, grondwaterstanden, kwel/wegzijing en een kaart met de locaties van de gesignaleerde knelpunten.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van enkele karakteristieken van de bezochte bedrijven. Het zijn opvallend grote bedrijven, allen melkveehouderijen waarvan 1 in combinatie met varkenshouderij. De melkproductie per hectare ligt verschilt sterk per bedrijf. Het merendeel is zelfvoorzienend in ruwvoer en mest. De koeien blijven op stal (geen beweiding). Berekening wordt niet toegepast. De percelen liggen soms vrij ver uit elkaar. De omvang van de bedrijven brengt met zich mee dat de focus ligt op gedane schaalvergroting, optimalisatie van de bedrijfsvoering (kosten) en daarbij het gebruik van zware machines en inhuur van loonwerkers. Er is weinig aandacht voor het schoon maken/houden van het erf.

Tabel 2.1

Overzicht karakteristieken van de deelnemende bedrijven.

	Type, veestapel, melkproductie	areaal (in gebruik)	Bedrijfsvoering
1	Melkveehouder 358 melkkoeien 250 jongvee 17.500 l/ha	115 ha grasland 60 ha mais 8 ha voederbieten	Geen beweiding Grondruil omliggende akkerbouwers voor mestzet en terugkopen mais. Daarmee zelfvoorzienend in ruwvoer en mest geen berekening 1x per 15 jaar graslandvernieuwing
2	Melkveehouder 140 melkkoeien 100 kleinvee 10.000 l/ha	100 ha grasland 45 ha extensief granen	Biologisch Grotendeels zelfvoorzienend Geen berekening 10% graslandverbetering (Zweeds mengsel)
3	Melkveehouder 60 melkkoeien 40 kleinvee 12.000 l/ha	34 ha grasland 4,5 ha mais	Beweiding 4,5 ha v/d 38,5 wordt gehuurd maisteelt in rotatie met grasland Zelfvoorzienend in ruwvoer en mest geen berekening 1x per 5 jaar graslandvernieuwing
4	Melkveehouder 141 melkkoeien 110 jongvee 17.000 l/ha	72,5 ha gras ?? 4,5 ha mais	Geen beweiding 11 ha erfpacht, rest eigendom Jaarlijks aankoop 22 ha mais, daarmee zelfvoorzienend in ruwvoer en mest Op zandgronden maisteelt in rotatie met gras geen berekening 1x per 5 jaar graslandvernieuwing
5	Melkveehouder 100 melkkoeien 80 jongvee 11.650 l/ha	60 ha gras 13 ha mais	Geen Beweiding Zelfvoorzienend in ruwvoer en mest geen berekening 1x per 10 à 12 jaar graslandvernieuwing
6	Melkveehouder 150 melkkoeien 98 jongvee 20.000 l/ha	55 ha grasland 10 ha mais	Geen beweiding Niet zelfvoorzienend in ruwvoer, in 2014 12 ha mais bijgekocht. Geen berekening 1x per 10 jaar graslandvernieuwing

	Type, veestapel, melkproductie	areaal (in gebruik)	Bedrijfsvoering
7	Melkveehouder 155 melkkoeien 90 jongvee 16.000 l/ha	63 ha grasland 17 ha mais	Geen beweiding zelfvoorzienend in ruwvoer en mest geen berekening 1x per 15 jaar graslandvernieuwing
8	Melkveehouder 140 melkkoeien 100 jongvee 10.000 l/ha Ook varkens	77 ha gras 17 ha mais 6 a 10 ha verhuur voor lelieteelt	Geen beweiding zelfvoorzienend in ruwvoer en mest, maar in droge jaren aankoop nodig geen berekening 1x per 6 à 7 jaar graslandvernieuwing
9	Melkveehouderij 140 melkkoeien 100 kleinvee 15.500 l/ha	83 ha grasland 20 ha mais	Geen Beweiding Geheel zelfvoorzienend, jaarlijks verkoop van gras Geen berekening Graslandverbetering dmv pleksgewijs door te zaaien. 5 jaar niet meer geploegd. Maisteelt continue

2.3 Voorkomende knelpunten en kansen

In deze paragraaf worden de knelpunten en kansen die naar boven zijn gekomen tijdens de veldbezoeken en aansluitende analyse op hoofdlijnen beschreven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de percelen die liggen op natte beekdalgronden, percelen die liggen op de droge delen (podzolen), en percelen die op de overgangsgebieden liggen. Daarnaast wordt ook specifiek ingegaan op de situatie van het erf van de boerderijen, de toestand van het veen en de bodemconditie.

➤ **De natte delen:**

Veelal beekdalgronden met een paar decimeter teelaarde (hoog organisch stofgehalte) en daaronder veen. Het veen is redelijk doorlatend. Kenmerkend voor het gebied zijn de volgende punten:

- De gronden zakken nog ongelijk na.
- Na de ruilverkaveling zijn het erg grote percelen geworden met aandachtspunt de nieuw ontstane situatie ten aanzien van de afwatering. Nu worden weer nieuwe sloten gegraven om de afwatering te verbeteren.
- behoorlijke kweldruk op de percelen het hele jaar door.
- veel percelen natter dan de GT-kaart van Alterra. De indruk is dat de GLG in het beekdal zich binnen 80 cm –mv. bevindt.
- drainage (buis) is veelal verouderd en niet werkend ivm nazakking, boeren vinden dat deze nu slecht / niet meer functioneren. Het betreft drainage die in de jaren 70 is aangelegd, op 1,2 meter min maaiveld en met een drainafstand van ongeveer 10m.
- Sommige percelen zijn te bol gelegd, daardoor zijn randen v/d percelen zo nat dat er weinig draagkracht is. De goede teelaarde is naar het midden geschoven en daardoor is de drooglegging aan de randen beperkt. Externe aanvoer van grond zou een betere optie zijn geweest.
- Er worden veel grote machines gebruikt waardoor in combinatie met natte omstandigheden en bodemopbouw, verdichting ontstaat (soms in de bouwvoor (op 10-15 cm) en soms dieper (40-70 cm)).
- Mogelijke maatregel voor deze natte veengronden zou onderwaterdrainage kunnen zijn (1 van de ondernemers heeft deze aangelegd). Boeren denken vaak dat als de drains onder water staan, deze niet werken. Aandachtspunt is de beperkte drooglegging om de onderwaterdrains effectief in te kunnen zetten.
- In het beekdal kunnen de gronden extreem ijzerrijk zijn. Op sommige plekken zijn concreties van ijzercarbonaat en ijzersulfaat aangetroffen.
- Vrij grote peilvakken met ook vrij grote hoogte verschillen. In discussie hierover wordt duidelijk dat:
 - a. de peilkaart de bandbreedtes van max en min aangegeven en niet zomer-/winterpeil. De peilen worden binnen de min en max flexibel gehanteerd op basis van het weer en verzoeken van de ingelanden. De agrariers ervaren de gehanteerde peilen echter als zomer-/winterpeil.

-
- b. ook binnen de peilvakken gestuurd kan worden, maar dat hiervoor geen / nauwelijks verzoeken van de agrariërs zijn. Droogte is nauwelijks een aandachtspunt. De focus ligt bij de agrariërs op te nat.

➤ **De droge delen**

Deze liggen veelal op de essen en de flanken van het beekdal. Daar waar het veen overgaat in zand. De gronden zijn duidelijk droogtegevoelig maar ze lijken minder droog te zijn dan op de GT-kaart staat. Ten tijden van de bezoeken waren de standen vaak zo'n 1 m-mv (najaar 2015). Om deze reden is de indruk dat het mogelijk moet zijn om water beter vast te houden in deze percelen. Nu wordt grondwater door de relatief lage waterpeilen in de sloten uit het gebied afgevoerd. Met stuwtjes in de sloten zou dit op diverse plaatsen kunnen worden beperkt.

Het waterschap voert momenteel een interne discussie tot hoever in de haarvaten het waterschap de slootpeilen regelt of wil regelen. Er zijn mogelijkheden dat het waterschap meer aan de slootpeilen langs droge percelen zou kunnen regelen, maar hiervoor komen geen verzoeken van agrariërs. In deze discussie speelt ook het voorzieningenniveau dat het waterschap nastreeft en het handelingsperspectief voor de toekomst mee.

Meerdere van de bezochte agrariërs hadden wensen voor plaatselijke aanpassing van slootpeilen in het groeiseizoen en de inrichting van de sloten. Het waterschap biedt ook ruimte voor dergelijk maatwerk, maar agrariërs nemen hierover niet of nauwelijks contact op met het waterschap. Hieruit kan geconcludeerd worden dat meer communicatie en bij regulering door de agrariërs coaching of kennisoverdracht (ook na dit project) nodig is. Op dit moment ervaren agrariërs weinig tot geen droogteschade; als de draagkracht van een veld goed is, zijn ze er blij mee. Hoewel de meeste velden droog zijn, zijn er wel lokaal problemen met natte plekken, daarvoor zou drainage een oplossing kunnen zijn. De droogte heeft op meerdere gronden ook een relatie met een relatief laag organisch stof gehalte.

➤ **Overgangsgebieden (tussen nat en droog)**

Hier ligt vaak keileem. Afhankelijk van de aard en de diepte van de kleileem kunnen deze gronden beter dan in de huidige situatie gedraineerd worden. Dit is wel kostbaar omdat de drains met sleufopvulling moeten worden gelegd, willen ze goed functioneren (ca 5 € per strekkende meter). De hoogteverschillen in deze percelen zijn tevens een aandachtspunt.

➤ **Erf**

Een aandachtspunt zijn de erven in relatie tot de waterkwaliteit (activiteitenbesluit) Het beeld is nogal wisselend, de erven worden niet structureel maar ad-hoc schoon gemaakt. Diverse voerkuilen zijn nogal ongelukkig / slecht (even snel / pragmatisch) aangelegd; niet ideaal om afspoeling te voorkomen, en eenmaal aangelegd, blijven ze in gebruik. Kansrijke maatregelen zijn, schoonhouden, schone en vuile stromen scheiden en bijvoorbeeld een cascade sloot. Ook mag handhaving niet worden vergeten!. Bij erfvernieuwing zou er een advies moeten komen voor de agrariër over hoe zijn erf optimaal in te delen tbv het water. Veel animo voor het voorkomen van erfafspoeling is er niet en waterkwaliteit heeft niet de aandacht van de deelnemers. Zij vinden de huidige waterkwaliteit in het algemeen voldoende.

➤ **Veen uitlichten**

In algemene zin is de veenlaag vaak dikker dan op de veendiktekaart is aangegeven. Als hulpinformatie is de geactualiseerde veendiktekaart van Alterra gebruikt. Deze kaart geeft de dikte weer van het veenpakket op regionale schaal. Tijdens de veldbezoeken is op een aantal plaatsen een duidelijk dikkere veenlaag aangetroffen dan op basis van de veendikte kaart zou worden verwacht. Op de situatie op perceelsniveau goed in beeld te krijgen is deze kaart daarom niet zo geschikt en adviezen moeten daarom niet op basis van deze kleinschalige kaart worden gemaakt.

De aard en samenstelling van het veen varieert in het beekdal sterk. Hoofdzakelijk komt er mesotroofbroekveen voor. Dit veen is tamelijk rijk aan minerale delen en de doorlatendheid is sterk afhankelijk van de aanwezige grove plantenresten. Daarnaast komen ook slecht doorlatende gliede en gytje lagen voor. De top van het veen is in veel gevallen sterk verweerd en ze kan al vanaf 50 cm -mv. volledig gereduceerd zijn.

Ook op de flanken en het keileemplateau komen veenlagen in het bodemprofiel voor. Vaak ligt dit veen op een humusinspoelingslaag die moerig kan zijn. Het amorfe humus is vrijwel ondoorlatend en veroorzaakt lokale wateroverlast.

➤ **Bodemconditie**

Vaak lijkt sprake van verdichting, ook ondergrondverdichting. Dit is niet in detail bestudeerd (geen profielkuilen e.a. specifiek bodemonderzoek), maar indirecte aanwijzingen zoals ondiepe beworteling en verkitten laagjes, zichtbare rijsporen in grasland en indrukken van de agrariërs wijzen uit dat verdichting een probleem is. Dit komt door het machinepark en het werken onder natte omstandigheden. Boeren weten de nadelen van verdichting en risico's van zware machines, maar de meeste nemen geen adequate maatregelen, ook niet als ze de mechanisatie zelf uitvoeren. Het pragmatisme voert de boventoon in de dagelijkse praktijk. Als de oogst er af moet, moet deze eraf!

2.4 Opvallende kenmerken

Deze paragraaf beschrijft op de hoofdpunten van kenmerken, die zijn opgevallen tijdens de bedrijfsbezoeken.

Opvallend zijn de verschillen tussen veldsituatie en grondwatertrappenkaart (lijkt in veel gebieden natter dan op de kaart). Het is daarom van belang op de veldsituatie in ogenschouw te nemen bij eventuele aanpassingen in het huidige waterbeheer.

De Bodemkaart van Nederland geeft de bodemgesteldheid op hoofdlijnen goed weer, maar op peceelsniveau kunnen grote verschillen optreden. De variatie van de veendikte kan heel groot zijn en ook de diepte ligging van het keileem is zeer variabel. Vooral de plaatsen waar het veen veel dikker is, of de keileem ondieper ligt dan volgens de hulpinformatie heeft dit grote invloed op de waterhuishouding van de percelen.

Er is, enkele uitzondering buiten beschouwing gelaten, niet heel veel aandacht voor de situatie op het erf. De focus ligt vaak op de opstallen en niet op de inrichting van het terrein. Sommige agrariërs lopen een beetje gegeneerd over het erf, omdat ze zelf al dingen zien die verbeterd kunnen worden.

Boeren geven vaak al mogelijke oplossingen voor bepaalde knelpunten en zoeken daarin bevestiging of feedback. De boeren geven aan een goede relatie met het waterschap te hebben, maar in veel gevallen zijn de contacten zeer beperkt.

De agrariërs zijn niet ontevreden over de waterkwaliteit. Het ziet er immers best schoon uit en koeien kunnen ervan drinken. Dat er (te) veel meststoffen en mogelijk ook residuen van gewasbeschermingsmiddelen in terecht komen, komt in de gesprekken niet naar voren. Wel dat het huidige mestbeleid als lastig en streng wordt ervaren. De agrariërs zijn zich wel, en steeds meer, bewust van de maatschappelijke context waarin zij 'boeren'. De waan van de dag en een pragmatische houding overwinnen vaak ten opzichte van een 'andere' aanpak.

2.5 Geadviseerde maatregelen

In het navolgende zijn kansrijke maatregelen beschreven voor enkele specifieke situaties (te droog, te nat, verbeteren bodemconditie). Het overzicht geeft een beeld van welke maatregelen een deelnemer kan uitvoeren om de problemen te verbeteren of op te lossen.

➤ Te Droog

- Verhogen organisch stofgehalte (1% houdt 4 à 5 mm extra water vast)
- Grassoorten die dieper wortelen, teelt van klaver
- Infiltratie slootwater via drainage (regelbare drainage met wateraanvoer)
- Verondiepen sloot met behoud van voldoende afvoercapaciteit
- Plaatsen boerenstuw (op flank) en water langer vasthouden

-
- (te) Natte percelen of plekken
 - Aanleg ondiepe nauwe buisdrainage
 - Aanleg onderwater drainage (veen)
 - Egaliseren en bol leggen percelen
 - Ondergrond egalisatie, natste delen van een perceel 1 m afgraven en dit aanvullen met leemarm matig grof zand
 - Spitten (doorbreken) storende gliedelaag (Veen)
 - Verbeteren afwatering (onderhoud waterlopen)

 - Bodemstructuur
 - voorkomen verdichting door lage bandenspanning, sleepslangbemesting, bewuste keuzes graslandbeheer en bij natte omstandigheden geduld met geplande bodembewerkingen betrachten
 - vergroten draagkracht door bovengrond te verschralen
 - organisch stofgehalte verbeteren of op orde houden
 - stimuleren bodemleven
 - diep bewortelende gewassen in rotatie
 - niet kerende grondbewerking en onderzaaien

 - Erf
 - Voorkomen erfafspoeling (bezinksloot, opvang van kuilsappen, algemene maatregelen erf zoals regelmatig vegen of schone en vuile stromen scheiden)

 - Waterkwaliteit: diffuse belasting meststoffen
 - Eiwitarm voeren (betere mest kwaliteit)
 - Toepassen kleinere mestgiften (verhoogd effectiviteit opname)
 - Mest scheiden in dikke fractie (uitrijden in voorjaar) en dunne fractie (later in groeiseizoen)
 - Rijenbemesting mais
 - Capaciteit mestopslag vergroten (om te voorkomen dat mest in natte omstandigheden wordt uitgereden)
 - Niet bemesten in te natte perioden
 - Verbeteren bodemstructuur (betere opname N en P door gewas)
 - Algemene maatregelen bestrijdingsmiddelen (minder gebruik, lage dosering, driftarme koppen, e.d.)

2.6 Voorkeur agrariërs voor maatregelen

Nadat de concept bedrijfswaterplannen zijn gestuurd naar de deelnemende agrariërs, is telefonisch navraag gedaan of zij zich herkennen in het plan en welke voorkeur zij hebben voor de in de plannen aangedragen maatregelen.

In algemene zin zijn de bedrijfswaterplannen in goede orde ontvangen en zijn de maatregelen zoals besproken in het veld, beschreven. Het veldbezoek en het gesprek is als zeer waardevol beoordeeld. Tijdens het veldbezoek zijn de problemen besproken en zijn de kansrijke maatregelen doorgenomen.

De ondernemers hebben vragen over de gesteld over de uitvoering van voorgestelde maatregelen. De uitvoering en volgordelijkheid van de maatregelen is nog onvoldoende uitgewerkt in het bedrijfswaterplan. De deelnemers zouden graag (met het waterschap) in gesprek willen treden over de verdere uitwerking tot uitvoering.

In de bedrijfswaterplannen zijn in veel gevallen geen 'spectaculaire' maatregelen voorgesteld. De boeren geven vaak aan de richtingen die gegeven worden ook zelf wel bedacht te hebben, maar ze hebben nog wel behoefte aan een advies per maatregel op maat. Er wordt een aanpak verwacht waar men morgen mee aan de slag kan.

3 Effectiviteit maatregelen

3.1 Doorgerekende maatregelen

In overleg met het Waterschap zijn voor een 6-tal maatregelen specifieke modelberekeningen uitgevoerd om een indicatie te verkrijgen wat de effecten op de gewasproductie, lokale waterhuishouding (kwantiteit, kwaliteit), en bedrijfsvoering. De selectie van door te rekenen maatregelen is gedaan op basis van de verwachte potentie voor gewasopbrengsten, bedrijfsvoering, waterkwantiteit en waterkwaliteit. Daarbij is ook gelet op een brede spreiding over de verschillende type probleemplekken (nat, droog, bodemstructuur), en of de berekening meerwaarde biedt ten opzichte van een globale schatting van het effect op basis van expert-judgement.

Tabel 3.1

Overzicht maatregelen die geselecteerd zijn voor kwantificering.

Type maatregel	Locatie	Verwacht effect	Rekenmethode
Verhogen org.stofgehalte	probleemplek droogte <ul style="list-style-type: none"> Gras Zand, veldpolzol GT VII	Hogere gewasopbrengst (minder droogteschade) Minder berekening (behoefte)	SWAP, met de vuistregel dat 1% extra org.stof 4 mm extra waterberging in het bodemprofiel geeft bij pF 2
Verbeteren bodemconditie	probleemplek droogte en bodemstructuur <ul style="list-style-type: none"> Mais Zand, veldpolzol GT VII	Herstel bodemconditie (diepere beworteling, sneller verwerken hevige neerslag, minder droogte, betere bereikbaarheid, hoger organisch stofgehalte)	SWAP, met aanname diepere beworteling (60 ipv 30 cm) en 2% toename organische stof.
Onderwater drainage (ontwateringsniveau gestuurd door waterpeil in sloot)	Probleemplek nat <ul style="list-style-type: none"> Gras Veen GT II/III (bol perceel)	Betere draagkracht Hogere gewasopbrengst Minder P-uitspoeling	SWAP en ANIMO, met aanname intensieve drainage en ontwateringsniveau conform slootpeil (zo'n 60 cm-mv). Verkennd wordt ook gekeken naar het effect van het egaliseren (minder bol leggen).
Plaatsen 'boerenstuwjes' Overgangsgebied beek – flank	Sloot langs vrij droog perceel <ul style="list-style-type: none"> Gras Zand GT IIIb / Vio	Minder droogteschade Betere gewasgroei bij gelijke mestgift = lager overschot	SWAP; verhogen stuwpeil, doorrekenen probleemplek Klaassen probleem D
Aanpassen slootprofiel	Overgang droog – nat	Minder droogteschade	Vasthouden water in de sloot
Betere timing bemesting	Probleemplek C	Minder uitspoeling meststoffen	STONE Analyse rekenresultaten
Realiseren lager bodemoverschot	Niet locatie specifiek	Minder uitspoeling meststoffen	Vanuit gevoeligheidsanalyses die met SWAP-ANIMO voor landelijke evaluaties recent zijn uitgevoerd, wordt afgeleid hoeveel de uit- en afspoeling afneemt bij x kg daling v/h bodemoverschot.

In Bijlage 1 worden de methodes en resultaten beschreven van de berekeningen die zijn uitgevoerd om de effecten van de in Tabel 3.1 opgenomen maatregelen te kwantificeren.

3.2 Effecten maatregelen (synthese)

De resultaten van de berekeningen voor de in §3.1 genoemde maatregelen zijn opgenomen in de betreffende bedrijfswaterplannen. Bedacht moet worden dat de berekeningen een verkennend karakter hebben. Ze zijn namelijk voor de huidige situatie niet gecalibreerd aan metingen en de modelinvoer en voor maatregelen te hanteren uitgangspunten zijn voornamelijk ontleend aan landelijke databases en landelijke studies.

In principe hebben de maatregelen effect op de gewasopbrengsten, de bereikbaarheid van de percelen, waterconservering, de bodemconditie, grondwaterstanden (GHG, GLG), piekafvoeren naar de lokale oppervlaktewateren en de waterkwaliteit (uit- en afspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar water). Op basis van de berekeningen en expertkennis zijn deze effecten voor de maatregelen kwalitatief aangeduid in Tabel 3.2. Voor de kwaliteit van het oppervlaktewater is gekeken naar de effecten van de diffuse belasting (uit- en afspoeling) van het oppervlaktewater met nutriënten.

Tabel 3.2

Overzicht effecten van maatregelen, uitgedrukt in de belangen voor de agrariër, waterschap en beiden. - = negatief, 0 geen significant effect, + vrij gering positief effect, ++ duidelijk positief effect.

Belang voornamelijk voor:	Agrariër		Agrariër en Waterschap				Waterschap	
	Gewasopbrengst	Bereikbaarheid perceel	Waterconservering (minder beregening)	Bodemconditie (klimaatextremen)	GHG	GLG	Piekafvoer (slootafvoer)	Kwaliteit oppervlaktewater
Verhogen org.stofgehalte	+	0	+	+	0/↓	0/↓	0	0/+
Verbeteren bodemconditie ¹⁾	+ ¹	+	++ ¹	(++)	0/↓	0	++ ¹	+
Onderwaterdrainage (t.o.v. geen buisdrainage)	++	++	0	+*	↓↓	0	-/+	++
Boerenstuwtejes	+/-	-	+	0	↑	↑	-/+	
Aanpassen slootprofiel	+/-	-	+	0	↑	↑	-/+	
Betere timing bemesting ²⁾	0	0/+	0	+	0	0	0	+
Efficiënter mineralenmanagement	+	0	0/+	+	0	0	0/+	++

¹⁾ vrij gering positief effect voor langjarig gemiddeldes, significant positieve effecten in vrij extreem droge jaren zoals 2003 en jaren met hevige piekbuien in de zomer.

²⁾ opgevat als precisie bemesting ten opzichte van een normale tot goede landbouwpraktijk waarin regels voor uitrijden worden nageleefd.

In het navolgende worden de berekende effecten kort toegelicht.

Verhogen organisch stofgehalte

In de modelberekening is uitgegaan gras op een droge zandgrond (Gt7) in een wegzijgingsgebied en een toename van het organisch stofgehalte met 2%. Eigenlijk is zo'n maatregel beter geschikt voor mais. In de berekeningen van opbrengstveranderingen maakt dit echter niet zulke grote verschillen. Berekend wordt dat de grondwaterstanden (GLG en GHG) een paar centimeter dalen doordat de onverzadigde bodem bovenin het profiel wat meer vocht vast en het gewas iets meer water verdampt. In principe is verhoging van het organisch stofgehalte ook positief voor de bodemconditie, maar alleen als dit gepaard gaat met een goede ontwatering, gezond bodemleven en bodembewerkingen niet leiden tot verdichting of verslemping. Naar verwachting heeft het geen effect op piekafvoeren. Voor waterkwaliteit kan verhoging leiden tot betere condities voor afbraak van nitraat en vasthouden van fosfor in de bodem, maar dit is sterk afhankelijk van lokale factoren en voor fosfor is weinig over effecten bekend. In het bedrijfswaterplan is niet aangegeven hoe het organisch stofgehalte kan

worden verhoogd binnen de huidige mestwetgeving en bedrijfsvoering. Dit is bij elk bedrijf anders (zie kader volgende paragraaf). Wat wel duidelijk is gemaakt dat het verhogen van het organisch stofgehalte een kwestie is van de lange adem.

De berekende baten van de maatregel (paragraaf 3.3) hebben alleen betrekking op de (hogere) retentie van water (dus meer water meer opbrengst). Zoals eerder benoemd zijn de baten hoger indien de maatregelen in combinatie worden genomen om de bodemconditie als geheel te verbeteren (betere nutriënten beschikbaarheid en bodemstructuur). De indirecte effecten van het verhogen van de verhoging van organische stof zijn niet meegenomen zoals minder aankoop stikstof.

Verbeteren bodemconditie

Voor deze maatregel is uitgegaan van mais op een droge zandgrond, een podzol met Gt7 in een wegzijgingsgebied dat in de winter nog enigszins ontwaterd wordt door een enkele sloot. Om het verbeteren van de bodemconditie te simuleren is een diepere beworteling aangehouden (50 i.p.v. 30 cm) en verhoging van het organisch stofgehalte met 2%. De berekende effecten zijn vergelijkbaar met alleen verhoging van het organisch stofgehalte. De maatregelen heeft echter in potentie meer gunstige effecten, omdat in de regel bij verdichte bodems bij hevige piekbuien de neerslag minder goed kan infiltreren met als gevolg oppervlakkige afstroming (over het maaiveld). Dit komt in de gedane modelberekening niet goed naar voren omdat op dagbasis is gerekend. Uit recent onderzoek (Schipper et al 2015) zijn modelberekeningen uitgevoerd waarbij op kwartierbasis is gerekend. Hieruit komt naar voren dat verbetering van de bodemconditie significante positieve effecten heeft op afname van piekafvoeren, hogere gewasopbrengsten en waterconservering (minder beregeningsbehoefte). Dit vooral in jaren met vrij extreme droogte en extreme zomerse piekbuien. Hierbij geldt dat de berekeningen vrij indicatief zijn en nog fundamentele kennis opgebouwd moet worden om effecten betrouwbaar te kunnen voorspellen en koppelingen tussen modellen voor gewasgroei, vochthuishouding en nutriëntenhuishouding te verbeteren.

De berekende baten van de maatregel (paragraaf 3.3) hebben alleen betrekking op de waterkwantiteit (betere retentie / minder beregeningsbehoefte) en voor de gewasopbrengst een betere beworteling waardoor een minder droogteschade optreedt. Vermindering van de indirecte natschade is niet meegenomen zoals een betere bodemstructuur waardoor neerslag beter kan infiltreren (mest minder afspoelt en minder natschade), betere nutriënten beschikbaarheid, betere bewerkbaarheid en minder grondbewerkingen.

Boeren stuw

Het effect van een boerenstuw is erg afhankelijk van het beheer en is een moeilijke afweging tussen nat en droogteschade. In de modelberekening is uitgegaan van grasland op een zandgrond met grondwatertrap V gelegen op de overgang van hoger naar lager gelegen gronden waar in de winter lichte kwel optreedt en in de zomer lichte wegzijging. Het profiel is in de uitgangssituatie ontwaterd door een 1,2 meter diepe sloot. Voor de huidige situatie is uitgegaan dat de sloot beperkt gestuwd wordt waarbij alleen bij grote afvoeren de waterstand in de sloot tot 20 cm kan stijgen. Voor de maatregel is een stuw gesimuleerd die altijd op 31 maart fors omhoog wordt gezet tot 60 cm-mv en half november weer omlaag wordt gezet. Berekend is dat de GLG door de maatregel stijgt met 23 cm (naar 106 cm-mv) en de GHG met 11 cm (van 35 cm-mv naar 24 cm-mv). Dit is een situatie die niet gunstig is voor het agrarisch gebruik, en zou wat dat betreft gecompenseerd moeten worden door een meer dynamisch stuwbeheer of met ondiepe drainage.

De berekende baten van de maatregel (paragraaf 3.3) hebben de baten betrekking op een vast stuwbeheer waardoor het water langer wordt vastgehouden. In de berekeningen zien we dan ook in natte situaties een natschade ontstaan. In de praktijk zal door een meer dynamisch stuwbeheer (stuw omlaag bij hevige neerslag) deze natschade minder optreden waardoor de baten hoger worden (en de effectiviteit van de maatregel ook). De indirecte effecten die niet mee genomen zijn, zijn minder grondbewerkingen, minder beregening.

Aanpassen slootprofiel

Voor de modelberekeningen is hier uitgegaan van grasland op een zandgrond met grondwatertrap V op de overgang van hoger naar lager gelegen gronden met lichte kwel in de winter en lichte wegzijging in

de zomer. Het profiel is in de uitgangssituatie ontwaterd door een 1,1 meter diepe sloot. Aangenomen is dat deze sloot alleen het lokale water afvoert (dus geen afwatering van bovenstrooms gelegen gebieden). Als maatregel is een verondieping van de sloot aangenomen (van 1,1 naar 0,95 meter-mv) en een zogenaamd accoladeprofiel. Deze aanpassing is modelmatig verdisconteerd in de afvoerkromme. In de uitgangssituatie is bij een qua afvoer normale wintersituatie (0,2 maatgevende afvoer) de drooglegging tussen de 90 en 100 cm, bij een halve maatgevende afvoer 85 cm en bij de maatgevende afvoer 60 cm. Bij het aangepaste slootprofiel is bij 0,2 maatgevende afvoer de drooglegging 60 cm. Door deze maatregel stijgt de GHG en GLG met ongeveer 10 cm. Door de maatregel wordt de GHG 15 cm-mv en komt de grondwaterstand veel vaker tot aan maaiveld waardoor de maatregel problemen geven voor de gebruiksmogelijkheden van het gesimuleerde perceel. Voor het perceel wordt weinig droogteschade berekend, zodat het berekende effect voor gewasopbrengsten ongunstig is. Als wordt uitgegaan van een perceel met buisdrainage zullen de effecten gunstiger voor de agrariër kunnen uitpakken. Een verdere optimalisatie van het slootprofiel of het kiezen van een andere locatie (meer droogte gevoelig) zullen naar verwachting leiden tot een hogere efficiëntie van de maatregel.

De berekende baten van de maatregel (paragraaf 3.3) hebben de baten betrekking op een verhoging van de grondwaterstand wat deels ook leidt tot meer natschade. In deze natschade is de indirecte schade niet meegenomen (omrijden, later het land op enz.). Door het slootprofiel aan te passen met behoud van afvoercapaciteit, zal de berekende natschade kleiner zijn en dus de effectiviteit van de maatregel hoger. Ook zijn andere indirecte effecten niet meegenomen zoals minder grondbewerkingen en een continuerende opbrengst.

Onderwater drainage

Deze maatregel is doorgerekend voor een nat perceel (Gt II) in het beekdal waar forse kwel optreedt. Uitgegaan is van een veenbodem met op 1 meter diepte een zandondergrond. Het profiel is in de uitgangssituatie ontwaterd door greppels en sloten Het slootpeil varieert tussen de 60 cm-mv (tot 15 november) en 70 cm-mv (tot 31 maart). Als maatregel is er onderwaterdrainage op 80 cm-mv gesimuleerd. De drains liggen altijd onder het slootpeil waardoor de drainage peilgestuurd is: de werking van de drains is afhankelijk van het slootpeil. Met deze uitgangspunten is berekend dat de GHG 16 cm daalt en de GLG 6 cm. Het berekende effect van de maatregel is erg afhankelijk van de uitgangssituatie en is met name afhankelijk van of er uitholling van de grondwaterstand optreedt in de zomer (de grondwaterstand is lager dan het slootpeil). Als er geen uitholling optreedt in de zomer zoals hier door de sterke kwel, zal door verbeterde drainage de wateroverlast sterk afnemen terwijl de GLG niet veel daalt. Als er wel uitholling optreedt in de zomer kunnen drains onder water zorgen voor meer infiltratie waardoor de grondwaterstanden in de zomer worden verhoogd. Als met toekomstig klimaat wordt gerekend, is de afname van de wateroverlast (daling GHG) hetzelfde en daalt de GLG nog iets minder omdat er wat meer infiltratie dan plaatsvindt. De onderwaterdrainage heeft ook een duidelijk positief effect op de bewerkbaarheid in de huidige en toekomstige situatie. Het aantal bewerkbare dagen stijgt met 40%. De gewasopbrengst neemt door de onderwaterdrainage met enkele procenten toe.

Voor de maatregel zijn ook modelberekeningen uitgevoerd om het effect op de uit- en afspoeling van nutriënten te kwantificeren. Gerekend is met eenzelfde bodemprofiel en dezelfde uitgangspunten voor slootpeil, kwel en drainagebasis. Het effect van de onderwaterdrainage op de uit- en afspoeling van stikstof is verwaarloosbaar (+0,3%). Voor fosfor heeft het wel een duidelijk positief effect, de belasting door uit- en afspoeling van fosfor neemt namelijk af met bijna 30%. Omdat door de onderwaterdrainage voor een betere beluchting van het bodemprofiel zorgt, neemt de mineralisatie toe waardoor meer fosfaat en nitraat vrijkomt. De uit- en afspoeling van stikstof blijft nagenoeg gelijk, omdat de toename van nitraat uitspoeling wordt gecompenseerd door minder uit- en afspoeling van ammonium en organisch gebonden stikstof. Het door extra mineralisatie gevormde fosfaat wordt grotendeels vastgelegd door binding aan de bodem die door daling van de GHG groter is geworden. Ook zijn de transportroutes van het grondwater dieper geworden en kan een deel van het mobiele fosfaat in de diepere lagen alsnog worden vastgelegd.

Ook bij deze berekeningen geldt dat het effect op minder oppervlakkige afstroming in de modelberekening is onderschat omdat op dagbasis is gerekend. Als op 1 uur of 15 minuten basis wordt gerekend, komen de situaties met hevige neerslag die niet snel door de bodem worden geborgen beter tot uitdrukking.

De berekende baten van de maatregel (paragraaf 3.3) hebben de baten betrekking op een afname van de natschade door een betere beluchting. Belangrijk uitgangspunt dat in de berekeningen is aangenomen is dat er voldoende wateraanvoer is (door kwel of via oppervlaktewateraanvoer). Door de onderwaterdrains infiltreert water vanuit de sloot in de bodemprofiel. In de berekende situatie is er forse kwel aanwezig (dit is ook het geval in de praktijksituatie). De indirecte baten zijn grotendeels in de berekeningen meegenomen. De indirecte baten die niet zijn meegenomen zijn minder grondbewerkingen en continuerende opbrengst en minder gebruik gewasbeschermingsmiddelen.

Betere timing bemesting

Voor de referentie wordt uitgegaan van een normale landbouwpraktijk waarin de gebruiksvorschriften voor het toepassen van dierlijke mest en kunstmest worden nageleefd.

Door een vergroting van de mestopslag en een verruiming van de arbeidspool en de voorraad machnies bij loonwerkers is het mogelijk om het tijdstip van bemesting nog beter af te stemmen op de bodemconditie, de weersomstandigheden en de vraag naar meststoffen als gevolg van gewasgroei. Deze maatregel hangt daarmee sterk samen met de maatregel "Efficiënter mineralenmanagement".

Door de verbeterde efficiëntie van meststoffen kan worden bespaard op kunstmestgiften. De verbeterde efficiëntie leidt ook tot een lager bodemoverschot en een vermindering van de uitspoeling van stikstof. In verkennende berekeningen is voor zandgronden een vermindering van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater gevonden van 10 – 20%. De vermindering op kleigronden werd berekend op enkele procenten en voor de veengronden werd nagenoeg geen effect verwacht. Hierbij wordt opgemerkt dat het effect van nauwkeurig plannen aan de hand van weersverwachting niet in de modellen was meegenomen. Voor natte veengronden kan het voorkomen van de combinatie van onlangs toegediende mest en zware regenval wel degelijk tot een vermindering van de uit- en afspoeling leiden. In welke mate dit het geval is nog niet gekwantificeerd in veldonderzoek en in modelstudies.

De kosten van deze maatregel hebben betrekking op het vergroten van de mestopslag en de prijs van loonwerk. De baten van de maatregel (paragraaf 3.3) zijn niet berekend maar alleen kwalitatief weergegeven ten opzichte van reguliere bemesting conform goede landbouwpraktijk. De baten betreffen voornamelijk een besparing op kunstmestgiften, een betere nutriënten beschikbaarheid en mogelijk een betere bodemstructuur.

Efficiënter mineralen management (Verlagen van het Bodemoverschot)

Deze maatregel is een combinatie van zowel een betere mineralenmanagement op bedrijfsniveau en een duurzaam bodem- en waterbeheer. Een efficiënter gebruik van de mineralen kan door gebruik te maken van het monitoringsysteem van de kringloopwijzer (KLW) en aansluitend maatwerk advies hoe de efficiency kan worden verbeterd met minder verliezen naar de lucht en de bodem en daarbij een beter bedrijfsresultaat. Een duurzaam bodem- en waterbeheer zijn verder een randvoorwaarde en leiden tot een betere mineralenbenutting en hogere gewasopbrengst (en daarmee afvoer).

Uit diverse onderzoeken en toepassing van de Kringloopwijzer komt naar voren dat melkveehouders onderling sterk verschillen als gekeken wordt naar de efficiëntie van het mineralen management. Melkveehouders die goed scoren qua efficiëntie hebben in de regel ook beduidend lagere bodemoverschotten. Met bodemoverschot wordt bedoeld de hoeveelheid aan de bodem toegediende stikstof en fosfor die niet door het gewas wordt opgenomen en via oogsten afgevoerd. Voor de postcode regio van de bezochte bedrijven is voor dit onderzoek Kringloopwijzer data verzameld. Deze analyse is opgenomen in Bijlage 2. Op basis van deze analyse wordt voor stikstof ingeschat dat gemiddeld een reductie van het bodemoverschot haalbaar is van 50 kg/ha voor klei en veen en 30 kg/ha voor bedrijven op zand.

Met het landelijke modelinstrumentarium STONE waarmee de effecten van mestbeleid op de uit- en afspoeling van meststoffen wordt berekend, zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor de mate waarin de uit- en afspoeling verandert als functie van het bodemoverschot. Op basis van deze modelberekeningen is geanalyseerd wat het effect van een lager bodemoverschot heeft op de uit- en afspoeling van de in dit gebied voorkomende bodem-gewas-hydrologie combinaties. Uit deze analyse komt naar voren dat een verlaging van het bodemoverschot vooral doorwerkt in een lagere stikstofuitspoeling. Op podzolen en enkeerdgronden met infiltratie werkt een lager overschot voor

circa 15 á 25% door in de uit- en afspoeling; 10 kg/ha verlaging N-bodemoverschot geeft dan circa 1,5 (gras) á 2,5 (mais) kgN/ha lagere uit- en afspoeling. Voor beekkeerdgronden is dit effect wat kleiner (10 á 20%) en voor veengronden slechts enkele procenten. Voor fosfor geldt dat de uit- en afspoeling sterk wordt gereguleerd vanuit de bodemvoorraad van fosfor veel minder uit actuele P-overschotten. Daarom werkt een verlaging van het bodemoverschot maar enkele procenten door in een verlaagde uit- en afspoeling.

De baten van de maatregel (paragraaf 3.3) zijn niet berekend maar alleen kwalitatief weergegeven op basis van expert-judgement, ten opzichte van reguliere bemesting conform goede landbouwpraktijk. De effecten van het verlagen van het bodemoverschot hebben betrekking op een grotere plaatsingsruimte, minder mestafvoer, een betere bodemstructuur, minder aankoop krachtvoer, minder aankoop kunstmest.

3.3 Baten van maatregelen door hogere gewasopbrengsten

Voor de maatregelen is het effect op hogere grasopbrengsten berekend. Deze zijn berekend op basis van de ruwvoerwaarde van gras en een voederwaardeprijs. De waarde van het ruwvoer is berekend op basis van de hoeveelheid droge stof (kVEM) per hectare en de gemiddelde eiwittoeslag. Voor de prijzen van de ruwvoerwaarden is uitgegaan van een zevenjarig gemiddelde (2009-2015). De berekeningswijze zijn nader beschreven in Bijlage 1. De indirecte effecten geven de verwachte additionele baten aan als gevolg van de maatregel, binnen de gehele bedrijfsvoering. Deze zijn niet berekend, maar geschat op basis van ervaringen in andere projecten. De indirecte effecten zijn bijvoorbeeld het creëren van extra mestplaatsingsruimte door een efficiënter mineralenmanagement. Hierdoor hoeft minder mest te worden afgevoerd, wat een indirecte besparing met zich meebrengt. Omdat deze indirecte baten bij elk bedrijf en ondernemer anders zijn, hebben we ook een bandbreedte aangegeven. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3.3 ten opzichte van de opbrengst van grasland of mais (het uitgangspunt is 2000,- euro jaar). De aannames voor de verwachte directe en indirecte meerwaarde is aangegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.3

Overzicht van de verwachte bandbreedte directe en indirecte baten van de maatregelen.

Maatregel (Huidig klimaat, maaien)	Berekende baten gewasopbrengst €/ha	Meerwaarde Indirecte effecten (bandbreedte) *	Totaal verwachte baten in € / ha
Verhogen organisch stofgehalte	1% (€ 13.08)	0-5%	€ 13 - 113
Verbeteren bodemconditie	0,3% (€ 4.89)	0-10%	€ 5 - 205
Plaatsen boerenstuwstukjes	1% (€ 13.49)	0-5%	€ 13 - 113
Aanpassen slootprofiel	1% (€ 15.84)	0-5%	€ 16 - 116
Onderwaterdrainage	3% (€ 66.71)	0-3%	€ 67 - 127
Betere timing bemesting	1%*	0-3%	€ 20 - 80
Efficiënter mineralenmanagement	1%*	0-10%	€ 20 - 220

* inschatting op basis van ervaringen in andere projecten. Deze liggen op het vlak van minder uit- en afspoeling van meststoffen en lager risico op bodemverdichting.

Tabel 3.4

Aannames voor de verwachte meerwaarde van de maatregelen (direct en indirect).

Maatregel	Verwachte directe meerwaarde (meegenomen in berekeningen)	Verwachte additionele indirecte meerwaarde
Verhogen organisch stofgehalte	Meer water vasthouden en beschikbaar tijdens droge periodes	betere nutriënten beschikbaarheid, continuerende opbrengst, minder aankoop kunstmest, betere bodemstructuur, minder natschade
Verbeteren bodemconditie	Betere en diepere bewortelbaarheid en meer nalevering	meer infiltratie van neerslag, minder natschade, betere nutriënten beschikbaarheid, continuerende opbrengst, meer plaatsingsruimte, betere bewerkbaarheid, minder grondbewerkingen, lager gebruik gewasbeschermingsmiddelen, minder aankoop kunstmest, betere mogelijkheden voor beweiding
Plaatsen boerenstuwttjes	Meer water vasthouden in bodemprofiel (tijdens droge periodes). Dit kan echter ook tot te natte situaties leiden	minder grondbewerkingen, minder beregening, minder gebruik gewasbeschermingsmiddelen,
Aanpassen slootprofiel	Meer watervasthouden in bodemprofiel (tijdens droge periodes). Dit kan echter ook tot te natte situaties leiden vanwege onvoldoende afvoercapaciteit	continuerende opbrengst, minder natschade, minder grondbewerkingen en minder gebruik gewasbeschermingsmiddelen,
Onderwaterdrainage	Hogere grondwaterstanden in de zomer, betere ontwatering (minder droogte en natschade) en bewerkbaarheid,	Minder grondbewerkingen en gebruik gewasbeschermingsmiddelen, continuerende opbrengst,
Betere timing bemesting	Meer water vasthouden, minder kunstmest aankoop	betere nutriënten beschikbaarheid, betere bodemstructuur,
Efficiënter mineralenmanagement	Minder kunstmest aankoop	Scherper voerregime, meer plaatsingsruimte, minder afvoer mest, betere bodemstructuur, minder aankoop krachtvoer

3.4 Kosten investeringen

Om de effectiviteit van de maatregelen te kunnen bepalen is een inschatting gedaan van de investeringskosten. Deze zijn weergegeven in Tabel 3.5 en betreft een indicatieve bandbreedte van kostenkentalen, welke gebaseerd zijn op ervaringscijfers uit projecten.

Tabel 3.5

Investeringskosten maatregelen (indicatieve bandbreedte kostenkentalen).

Maatregel	Investering (€/ha)
Verhogen organisch stofgehalte ¹	€100 - €500
Verbeteren Bodemconditie	€500 - €1.000
Onderwaterdrainage	€1.500 - €2.500
Plaatsen 'boerenstuwttjes'	€1.500 - €5.000
Aanpassen slootprofiel ²	€0,75 - €3
Betere timing bemesting ³	€200 - €1000

¹⁾ kosten inclusief mest afzet ivm aanvoer extra N en P.

²⁾ kosten per strekkende meter (max bodembreedte 2 m), kosten eventuele grondaankoop niet meegenomen.

³⁾ kosten in aanvullende mestopslag.

In de bedrijfswaterplannen zijn geen beheers- en onderhoudskosten weergegeven en is ook niet bekend welke extra arbeidsinzet er gepleegd moet worden. Voor het berekenen van de kosten om de maatregelen uit te voeren, is het echter wel van belang deze ook te kennen.

Voor onderwaterdrainage en betere timing bemesting is ingeschat op welk areaal ze voor het bedrijf waar de effecten van zijn berekend betrekking hebben. Voor onderwaterdrainage is dit 30 ha, waarmee de investeringskosten zouden neerkomen op € 45 à € 75.000. Voor betere timing bemesting zou het voor het bedrijf gaan om 11 ha, hetgeen neerkomt op investeringskosten van € 2200 à € 11.000. In het navolgende worden de kosten en baten van deze maatregelen nader toegelicht.

Kosten onderwaterdrainage

Regelbare drainage is duurder dan conventionele drainage. De aanleg van samengestelde peilgestuurde drainage kost ongeveer € 2.500 per ha. Dieper aangelegde samengestelde drainage is duurder. Jaarlijks zijn er gemiddeld iets meer onderhoudskosten dan bij gewone drainage (zie Agrarisch Waterbeheer, 2016c). Het ombouwen van conventionele drainage naar peilgestuurde drainage kost ca. € 600,- per hectare (zie Kennis Moet Stromen, 2016).

De aanlegkosten van onderwaterdrains zijn ca. € 1 per meter drainlengte. Hoving *et al.* (2008) schatten de aanlegkosten in op € 1666,- per hectare, uitgaande van een drainafstand van 6 meter. De jaarlijkse kosten zijn daarbij € 165 per hectare, opgebouwd uit € 65 afschrijvingskosten (afschrijving van 25 jaar), € 75 rentekosten (rentepercentage van 4,5%) en € 25 onderhoudskosten (bij 1,5% onderhoud) (Hoving *et al.*, 2008). Andere bronnen schatten de kosten van onderwaterdrainage vergelijkbaar hoog in, namelijk op ca. € 1.500 – 2.000 per ha (zie Agrarisch Waterbeheer, 2016d).

Kosten betere timing bemesting

Een betere timing van bemesting zal in de regel betekenen dat dierlijke mestgiften op andere momenten in het seizoen gegeven worden. Daar zijn wellicht kosten aan verbonden: enerzijds moet er mogelijk gedurende een langere periode dierlijke mest opgeslagen worden, anderzijds zullen de kosten voor loonwerk toenemen, omdat de potentiële toedieningsperiode afneemt.

Als er gedurende een langere periode mest moet worden opgeslagen, zal er in de regel ook extra mestopslag nodig zijn (behalve als er sprake is van overcapaciteit in mestopslag). Er zijn verschillende mogelijkheden voor extra mestopslag buiten de stal (zie Remmelink *et al.*, 2013):

- een beklede grondput (foliebassin)
- een ondergrondse put van beton of metselwerk (bijvoorbeeld onder een sleufsilos)
- een bovengrondse silo van beton, staal of hout
- een bovengrondse flexibele/verplaatsbare silo
- een mestzak

De extra mestopslag brengt investeringskosten met zich mee. De hoogte daarvan is afhankelijk van onder meer het type mestopslag. Tijdens het project Koeien en Kansen zijn bedrijven gevolgd die de mestopslagcapaciteit hebben vergroot. Gemiddeld bedroeg de investering op deze bedrijven € 40 per m³ dierlijke mest (Agrarisch Waterbeheer, 2016a).

Als bemesting later in het seizoen start, zal de toedieningsperiode korter zijn. Zeker als meer agrariërs in de omgeving later bemesten, zal dit betekenen dat er meer machinecapaciteit en mankracht gelijktijdig gevraagd zal worden. Bij een gelijkblijvend aanbod zal dit een prijsopdrijvend effect hebben op arbeid en kapitaal (loonwerk). Hoe sterk de prijs zal stijgen, is erg afhankelijk van de bedrijfssituatie, wat bedrijven in de omgeving doen en de (regionale) markt voor de inzet van arbeid en kapitaal (loonwerk).

Het is de vraag of deze maatregel in de praktijk altijd uitvoerbaar is. Voor de inzet van capaciteit en arbeid zullen er in een korte tijd voldoende werkbare dagen moeten zijn. Afhankelijk van de weersomstandigheden (regen) zal dat in het ene jaar wel lukken, maar in het andere jaar niet.

3.5 Samenvatting kosteneffectiviteit

Door de kosten en de baten van de verschillende maatregelen tegen elkaar af te zetten kan indicatief de kosteneffectiviteit van de maatregel voor de agrarische ondernemer inzichtelijk worden gemaakt. Dit is opgenomen in Tabel 3.6. De effectiviteit van de maatregel voor het watersysteem (zie Tabel 3.2) is tevens opgenomen voor het totaal overzicht. Uit dit overzicht komt naar voren dat de maatregelen kostenneutraal dan wel positief kunnen uitvallen. Alleen voor onderwater drainage wordt ingeschat dat kosten hoger kunnen uitvallen dan de baten. Dit komt met name door de hoge kosten die gerekend zijn voor het onderhoud.

Tabel 3.6

Overzicht kosteneffectiviteit maatregelen.

Maatregel (Huidig klimaat, maaien)	Totaal verwachte baten in €/ha/j	Totaal verwachte kosten in €/ha/j ¹	Kosten- effectiviteit	Effecten water- kwantiteit	Effecten water- kwaliteit
Verhogen organisch stofgehalte	€ 13 - 113	€ 45	0/+	0/+	0/+
Verbeteren bodemconditie	€ 5 - 205	€ 60	+	0/+	+
Plaatsen boerenstuw-tjes	€ 13 - 113	€ 30 ²	+	+	+
Aanpassen slootprofiel	€ 16 - 116	€ 60 ³	0/+	+	+/-
Onderwaterdrainage	€ 67 - 127	€ 165	-/0	+/-	+/-
Betere timing bemesting	€ 20 - 80	€ 40	0/+	0	+
Efficiënter mineralenmanagement	€ 20 - 220	€ 90 ⁴	+	0/+	++

¹⁾ afschrijftermijn 25 jaar inclusief inschatting beheer en onderhoudskosten.

²⁾ uitgaande van 1 boerenstuw op 10 hectare beïnvloedsgebied + 100 euro beheer en onderhoud/j.

³⁾ uitgaande van lokale grondafzet en 300 m sloot/ha + 0,25 c/j onderhoud.

⁴⁾ hierbij zijn de kosten voor een bemestingsadvies en kosten voor additionele mestopslag opgenomen (geen kosten voor vergroting mestopslag of meer jongvee, enzovoort).

3.6 Discussie

Effectiviteit maatregelen

Bedacht moet worden dat de berekende effecten door het verkennende karakter van de berekeningen en de gedane expert-schattingen indicatief zijn. In het navolgende worden hierbij per maatregelen de nuancerings aangegeven.

➤ **Verhoging organisch stofgehalte**

Het berekende effect heeft alleen betrekking op de (hogere) retentie van water. Dit is in principe ook terecht. Zoals aangegeven valt er meer winst te behalen als verhoging van het organisch stofgehalte onderdeel is van een pakket van maatregelen voor uitgekiend bodembeheer en mineralen management.

➤ **Verbeteren bodemconditie**

Los v/d berekeningen leidt een betere bodemconditie tot:

- Waterkwantiteit: betere vochtthuishouding: minder droogte (minder beregeningsbehoefte) en minder oppervlakkige afstroming en daarmee lagere piekafvoeren
- betere gewasopbrengsten: minder droogte / natschade, en betere beschikbaarheid (opname) nutriënten
- waterkwaliteit: minder nutriëntenverliezen naar het ondiepe grondwater door betere gewasopname, minder oppervlakkige afstroming van nutriënten (ea stoffen ...), betere vastlegging fosfaat, mogelijk 'tegen' effect is minder denitrificatie door betere beluchting.

Het berekende effect heeft alleen betrekking op waterkwantiteit (betere retentie / minder beregeningsbehoefte) en voor de gewasopbrengst een betere beworteling en minder droogteschade. Vermindering van natschade door betere verwerking van hevige neerslag komt door de rekenwijze minder tot uitdrukking. Vermindering van indirecte natschade is niet meegenomen. De effecten op piekafvoeren (reductie) wordt onderschat doordat op dagbasis is gerekend.

➤ **Onderwater drainage**

Een belangrijk uitgangspunt voor de positieve werking is dat er door voldoende wateraanvoer is (door kwel of via oppervlaktewateraanvoer), zodat via de onderwaterdrains water vanuit de sloot in de bodemprofiel kan infiltreren. In de berekende situatie is gerekend met perceeleigenschappen waar sprake is van forse kwel. De berekende effecten zijn plausibel. Ook hierbij geldt dat het effect op minder oppervlakkige afstroming in de modelberekening wordt onderschat omdat op dagbasis is gerekend. Als op uur of 15 minuten basis wordt gerekend, komen de situaties met hevige neerslag die niet snel door de bodem worden geborgen beter tot uitdrukking.

➤ **Boerenstuwen**

Gerekend is met een stuw waar het peil op een vast tijdstip wordt aangepast (peilopzet 31 maart en verlaging ervan half november). In principe zal de effectiviteit hoger zijn als de peilen dynamischer worden beheerd, met name adaptief op basis van de actuele vochttoestand en weersverwachting.

➤ **Aanpassen slootprofiel**

De uitgangspunten en rekenwijze zijn plausibel. Het toenemen van de natschade is in rekenwijze onderschat omdat niet ook gekeken is naar de indirecte natschade. Dit geldt ook voor de andere maatregelen waar een verandering van de natschade is berekend.

➤ **Betere timing bemesting en efficiënter mineralen management**

Deze maatregelen hebben effect op de emissies van meststoffen naar bodem, water en lucht. Voor dit onderzoek zijn de effecten aangegeven op de emissies van oppervlaktewater. Deze effecten zijn indicatief ingeschat op basis van recente landelijke berekeningen met het model STONE die door Alterra worden uitgevoerd voor het ministerie van Economische Zaken over de bronnen van de nutriënten-belasting van het oppervlaktewater en het aandeel van de landbouw daarin. De rapportage daarvan zal naar verwachting medio 2016 worden uitgegeven. Voor het onderhavige onderzoek is geanalyseerd in welke mate variaties in de mestoverschotten en tijdstip van bemesting doorwerken in de uit- en afspoeling voor die rekenplots van STONE die in grote lijn representatief zijn voor de hier beschouwde situaties (landgebruik, bodemsoort, grondwaterstanden). De ingeschatte effecten geven slechts een indicatie door de onzekere de aannames over een betere timing van bemesting en efficiënter mineralen management ten opzichte van de referentie.

Sturing op bodemvocht en weersverwachting

Klimaat adaptieve sturing van boerenstuwen en peilgestuurde drainage op actuele vochttoestand en weersverwachting geeft het meeste rendement voor gewasopbrengsten, maar stelt ook hoge eisen aan de informatievoorziening voor bediening van de boerenstuwen en peilgestuurde drainage. Voor peilgestuurde drainage geldt hierbij dat de reactietijd van het systeem op opgelegde veranderingen (zoals een wijziging in de hoogte van de ontwateringsbasis) aanzienlijk korter is waardoor de vochttoestand veel 'scherper' kan worden beheerd.

Meting van de vochttoestand van de onverzadigde zone is een puntmeting en dus is de vraag naar de representativiteit ervan aan de orde. Beslisregels hoe de informatie over vochttoestand en weersvoorspelling is te vertalen naar operationele bediening van de boerenstuwen en regelbare drains zijn nog volop in ontwikkeling. Daarom is te voorzien dat een regeling op basis van gemeten grondwaterstanden en boerenwijsheid omtrent de weersverwachting wel haalbaar is en dat daarmee al een aanzienlijke winst kan worden geboekt.

Aandachtspunten detailontwatering

Naar voren is gekomen dat op veel van de bezochte plekken de grondwaterstanden natter zijn dan is aangegeven op de GT-kaart die het waterschap hanteert. Er zou ook gekeken kunnen worden of de

GT-kaart die door STOWA recent is ontwikkeld op basis van karteerbare kenmerken meer in overeenstemming is met de actuele situatie.

Als ingezet wordt het aanleggen of intensiveren van (buis)drainage, dient rekening te worden gehouden dat er een belangrijk omslagpunt punt is. Als té fors wordt gedraineerd, is dit voor de afbraak van nitraat in de ondergrond ongunstig, waardoor de nitraatuitspoeling naar water toeneemt en zelfs groter kan worden dan in de huidige situatie. Bij uitstek is voor onderwater drainage op veengronden maatwerk essentieel teneinde de beoogde gunstige effecten te kunnen bereiken.

Combinatie van maatregelen

Wanneer een agrariër op basis van het bedrijfswaterplan een maatregel kiest, heeft dat effect op zijn algehele bedrijfsvoering. Het is daarbij de vraag of dit het gewenste rendement oplevert. In de regel levert het voor de agrariër én het milieu meer op om in te zetten op een uitgebalanceerde set (combinatie) aan maatregelen op bedrijfsniveau. Als maatregelen worden genomen voor verbetering dan wel optimalisatie van de vochtthuishouding (water maatregelen) en de bodemkwaliteit (bodembeterende maatregelen en nutriënten beschikbaarheid), levert dit de noodzakelijke randvoorwaarden om over de gehele linie een beter bedrijfsresultaat (en dus kostenbesparing) te behalen. Een goede bodemkwaliteit en vochtthuishouding levert betere gewasopbrengsten, minder voeraankoop, een betere melk kwaliteit (*minder eiwit en ureum*), minder excretie wat ruimte geeft in de mestboekhouding waardoor bij overschot de agrariër minder mest hoeft af te voeren (*kostenbesparing €30/m3 mest*).

Om een optimaal maatregelen pakket samen te stellen en de baten op bedrijfsniveau inzichtelijk te maken, dienen de maatregelen in combinatie voor de algehele bedrijfsvoering te worden doorgerekend. Voor dergelijk maatwerk en doorvertaling naar het bedrijfsresultaat zijn specifieke tools ontwikkeld. Zo'n modelmatige analyse op bedrijfsniveau kost circa 5 dagen per bedrijf. Een dergelijke investering kan voor een bedrijf rendabel zijn.

3.7 Handelingsperspectieven voor implementatie

Om maatregelen 'van de grond' de krijgen, is het belangrijk om in te zetten op voorlichting aan agrariërs en hierbij ook (vertegenwoordigers van) loonwerkers te betrekken. Daarnaast zal er een sterke behoefte zijn aan maatwerk adviezen met aandacht voor de handelingsperspectieven om maatregelen in te passen in de bedrijfsvoering. In het navolgende kader wordt als voorbeeld kort ingegaan de handelingsperspectieven voor verhoging van het organisch stofgehalte en enkele voorbeelden om de efficiëntie van het mineralen management te vergroten.

Handelingsperspectieven verhoging organisch stofgehalte

Om het organische stof gehalte van de bodem op maïsland te verhogen moet jaarlijks een grote hoeveelheid extra organische stof aangevoerd worden. Aanvoer is enerzijds nodig om de afbraak van organische stof door snijmaïsteelt te compenseren en anderzijds om het gehalte verhogen. Voor maïspercelen op zandgrond met een relatief laag organische stof gehalte <3% is een verhoging van het organische stofgehalte met 1% haalbaar in een tijdsbestek 8 à 10 jaar door aanvoer van organische stof in de vorm van compost. Aanvoer van organische stof op melkveebedrijven is alleen mogelijk wanneer er nog ruimte is binnen de wettelijke gebruiksnormen voor N- en P-bemesting of wanneer de betreffende organische stofbron niet meetelt binnen de mestwetgeving, zoals aanvoer van sloot- en bermmaaisel dat geoogst wordt binnen een gelimiteerde afstand van het bedrijf. P2O5 in compost telt mee voor 50% bij een gehalte kleiner dan of gelijk aan 7,0 g/kg droge stof. Daarboven telt P2O5 100% mee. N telt mee voor 10%. Voor aanvoer van organische stof van elders is afhankelijk van de bedrijfssituatie N of P de beperkende factor. Naast het gebruik van eigen runderdrijfmest zijn organische stofbronnen met een relatief laag P-gehalte en een hoge fractie effectieve organische stof (eos) het beste te combineren.

In bedrijfssituaties met een mestoverschot, waarbij dus mest afgevoerd moet worden, is het aanvoeren van nutriënten met organische stof economisch onaantrekkelijk, omdat dit dubbele kosten met zich meebrengt, namelijk kosten voor extra mestafvoer en kosten voor de aankoop van

organische stof. In dit geval is snijmaïs telen in vruchtwisseling met gras een betere optie. De teelt van gras is namelijk erg effectief voor het vormen van extra organische stof. Op bedrijfsniveau zal het organisch stofgehalte echter niet of nauwelijks stijgen omdat het organische stofgehalte van het grasland lager wordt.

Zowel aan het aanvoeren van organische stof als het telen van maïs in vruchtwisseling zijn kosten verbonden. Bij het aanvoeren van maaisel ed. betreft dit de kosten voor het composteren en het uitrijden van de compost als meststof. Bij het aanvoeren van compost betreft dit de aankoopkosten en de kosten voor het uitrijden. Compost dat geschikt is voor maïsland kost €5-7 per ton en uitrijden kost €4-5 per ton. Bij aanvoer van 10 ton compost, naast 25 kuub runderdrijfmest van het eigen bedrijf, bedragen de kosten minimaal 100 à 120 euro per ha per jaar.

De kosten bij vruchtwisseling betreffen de kosten voor zaaizaad, grondbewerking en het verlies van groeidagen. Deze groeidagen zijn nodig voor de ontwikkeling van het nieuwe gras. Bij een 1:3 teelt bedragen de kosten zo'n 150 à 200 euro per ha per jaar.

De baten zijn een betere bodemstructuur, een hoger nutriëntenlevering vanuit de bodem, een verhoging van het vochtbergend vermogen van de grond. Bij een intensief vruchtwisselingssysteem komt hier nog de relatief hoge productiviteit van jong gras bij. Hoe per saldo de kosten opwegen tegen de baten hangt af van de productiviteitsverbetering en van de verkaveling. Bij snijmaïspcelen op afstand nemen de kosten ten opzichte van de baten toe. In een relatief droogtegevoelige situatie zullen de baten hoger zijn dan in een situatie met een goede vochtvoorziening, omdat op droogtegevoelige gronden meer geprofiteerd wordt van een grotere effectieve worteldiepte van jong grasland, waardoor minder snel verdroging optreedt. Voor een dergelijke situatie zouden de baten de kosten kunnen overstijgen. Wanneer de verdrogingsproblematiek minder een rol speelt zou de kosten hoger kunnen zijn dan de baten en betreft het een investering in het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid.

Handelingsperspectieven efficiënter mineralen management.

Vanuit huidige kringloopwijzerdata in het gebied is globaal ingeschat dat de bodemoverschotten voor stikstof met 50 (veen, klei) en 30 (zand) kg N/ha kunnen worden verlaagd. Per bedrijf zal specifiek moeten worden bekeken in hoeverre de huidige efficiency is en hoe deze kan worden verbeterd. In de praktijk blijkt dat er vele aangrijpingspunten in de bedrijfsvoering zijn om de efficiëntie van het mineralenmanagement te verbeteren en daarbij de bodemoverschotten te beperken. Voorbeelden zijn:

- Gericht bemesten. De hoeveelheid meststof dient afgestemd te worden op de hoeveelheid onttrekking. Een belangrijk hulpmiddel is het bemestingsadvies voor grasland en voedergewassen (www.bemestingsadvies.nl). Voor grasland is het essentieel dat rekening gehouden wordt met de bestemming van het grasgebruik; relatief zware maaisneden hebben een hogere geadviseerde mestgift dan relatief lichte weidesneden. Aanbevolen wordt om een gedetailleerd bemestingsplan op te stellen.
- Toedieningstijdstip van drijfmest. Nutriënten gaan verloren wanneer drijfmest onder ongunstige omstandigheden worden uitgereden (erg nat of juist erg droog). Ook moeten de meststoffen nog door het gewas benut kunnen worden en dat betekent na half augustus op grasland geen drijfmest meer uitrijden.
- Efficiënt graslandgebruik. Gestreefd moet worden naar een zo hoog mogelijke productie in relatie tot de mestgift die wordt gegeven. Verliezen die optreden bij voederwinning of beweiding moeten geminimaliseerd worden. Vooral bij weidegang kunnen inefficiënties ontstaan doordat de opname van gras achterblijft bij het aanbod van gras en dit kan vele oorzaken hebben. Efficiënt beweiden vraagt vakmanschap van de melkveehouder.
- Verkleinen van het aandeel jongvee. Voor jongvee moeten wel nutriënten in de vorm van krachtvoer worden aangevoerd terwijl hier relatief weinig afvoer tegenover staat (de efficiëntie van voeding is relatief laag). Jongveeopfok is bovendien erg duur, onder andere omdat het de zelfvoorziening van ruwvoer verlaagt en het mestvolume verhoogd. Dit brengt extra kosten met zich mee voor respectievelijk voeraankoop en mestafvoer.

3.8 Kansrijke gebieden voor opschaling maatregelen

Voor het waterschap is het belangrijke om te weten wat de potentie van de hier beschouwde maatregelen zijn voor het stroomgebied. Om hier inzicht in te verkrijgen, is op basis van een gebiedsanalyse voor onderwaterdrainage en peilopzet nagegaan waar deze maatregelen mogelijk zijn. In Bijlage 3 wordt de methode en resultaten van deze analyse beschreven. De resulterende kanskaarten zijn weergegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2.

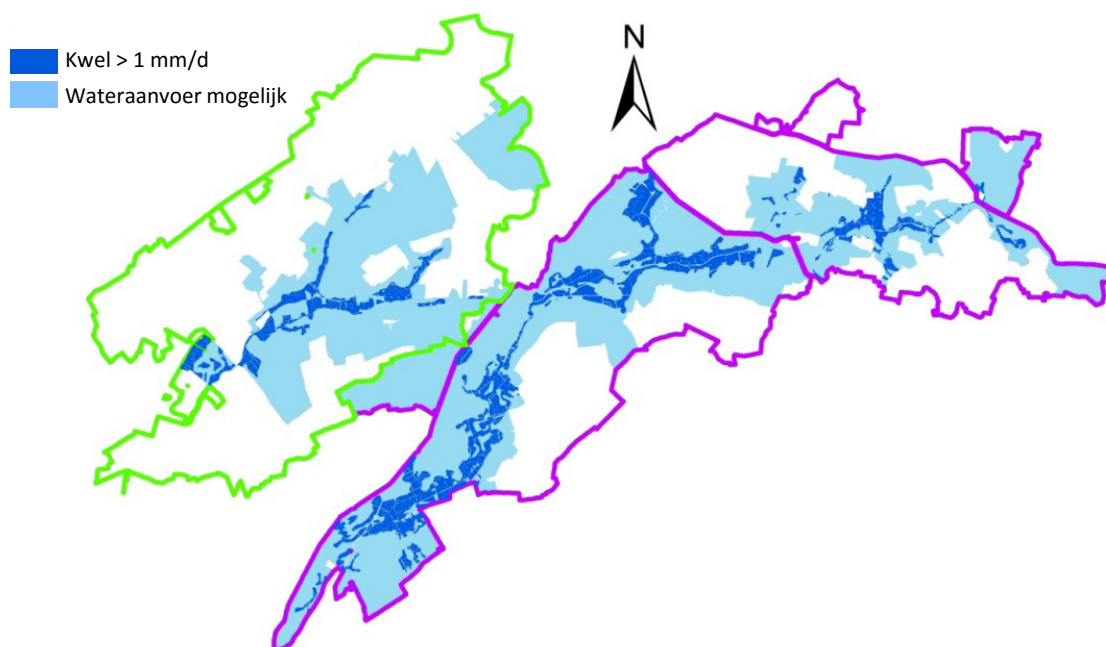
Uit deze analyse blijkt dat een significant areaal, namelijk 912 á 2843 ha, in potentie, gelet op karteerbare kenmerken, geschikt is voor onderwater drainage, met name in de benedenloop van de Oude Vaart (zie Figuur 3.1). Ook lijken er op diverse gebieden die gelegen zijn op de flanken van de beeklopen mogelijkheden voor peilopzet (Figuur 3.2).

Een indicatie voor de potentie van verbetering van de mineralen efficiency voor het stroomgebied kan afgeleid worden uit de landbouwarealen en daarbij horende grondsoort. Dit is opgenomen in Tabel 3.7. Uit Tabel 3.7 komt naar voren dat ruim 60% van beide stroomgebieden in gebruik zijn als grasland. Waarschijnlijk is hiervan het grootste deel in beheer van melkveehouderijen, waarvoor op basis van kringloopwijzerdata ingeschat is dat een flinke reductie van stikstofoverschotten mogelijk is.

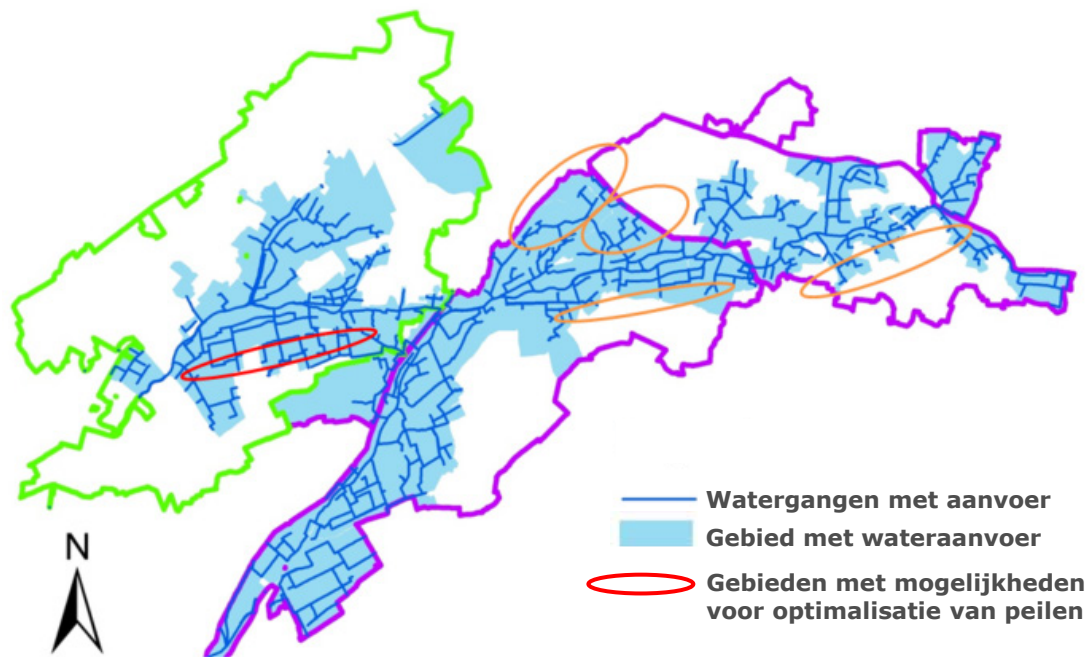
Tabel 3.7

Arealen landgebruik en grondsoort. Zandgronden en moerig op zand zijn samengevoegd tot zandgrond, water, braak en stedelijk zijn samengevoegd in overig.

	Vladder en Wapserveense Aa				Oude vaart			
	Bouwland	Grasland	Natuur	Overig	Bouwland	Grasland	Natuur	Overig
Veen	93	577	8	<1	149	1493		
Zand	2500	4634	476	87	4582	6703	596	50
Overig	14	23	1	4	6	34	4	
totaal	2607	5234	484	89	4737	8230	600	50



Figuur 3.1 *Kansrijke gebieden voor onderwaterdrainage, gebaseerd op het grondgebruik (landbouw, gras), grondsoort (veen), grondwatertrap (I, II, III) en de aanwezigheid van kwel en/of wateraanvoer.*



Figuur 3.2 Kansrijke gebieden optimalisatie van de peilen.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Inzichten vanuit de bedrijfsbezoeken

De gesprekken met de agrariërs (aan de keukentafel), de aansluitende erf bezichtigingen, bezoeken probleemplekken percelen, boringen, analyse informatie bodem en water heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd:

Natte delen: Na de schaalvergroting van veel bedrijven is sprake van veel grote percelen waar de ont- en afwatering niet optimaal meer is. Buisdrainage, voor zover aanwezig, is vaak niet meer in goede staat (sterk verouderd) ook is de slootafstand na herverkaveling in sommige gebieden een aandachtspunt. Dit beeld wordt bevestigd doordat de grondwaterstanden vaak hoger zijn dan is aangegeven op de (meest actuele) grondwatertrappenkaart. De bodemconditie van de landbouwbodems is hier vaak niet optimaal omdat de grondbewerkingen met steeds zwaardere machines wordt uitgevoerd en omstandigheden daarbij dikwijls te nat zijn. De mineralisatie van veen in de ondiepe ondergrond zorgt nog steeds voor ongelijke zettingen binnen de percelen. Sommige percelen zijn zodanig bol gelegd dat delen langs de randen ten opzichte van het slootpeil te laag liggen om een goede ontwatering te kunnen realiseren.

Droge delen: Het waterschap kan op verzoek van agrariërs slootpeilen meer op maat of flexibeler hanteren. Bijvoorbeeld kan het wat hoger peilen in de zomer instellen langs droge percelen, maar het krijgt daarvoor geen verzoeken van de agrariërs zelf. Diverse percelen op de droge zandgronden zijn droogte gevoelig, maar agrariërs geven hier weinig aandacht aan of zijn het niet bewust. Op enkele percelen die met de agrariër zijn bezocht kwam ook naar voren dat er aanwijzingen zijn voor bodemverdichting, zodanig dat dit de nalevering vanuit het grondwater sterk kan beperken.

Overgangsgebieden: De drainage is hier vaak niet optimaal en de hoogteverschillen binnen een perceel zijn soms fors. Ook hier is de bodemconditie niet optimaal (te zware machines onder te natte omstandigheden). De veenlaag in de ondergrond is op de bezochte percelen dikker dan is aangegeven op de actuele veendikte kaart.

Erf: Er is weinig aandacht voor schoonhouden van het erf. Er is ook weinig animo voor het voorkomen van erfafspoeling om waterverontreiniging te verminderen. De voerkuilen zijn niet overal conform het huidige beleid aangelegd (verharde ondergrond), maar als ze eenmaal zijn aangelegd blijven ze in gebruik.

Bodemconditie: In het algemeen is de conditie niet optimaal, hetgeen zich uit in ondiepe beworteling, verkitte laagjes, zichtbare rijsporen in het grasland en, hoewel niet specifiek onderzocht, bodemverdichting.

Perceptie en communicatie: Er is weinig contact tussen agrariërs en waterschap t.a.v. peilbeheer. Alleen tijdens calamiteiten is er veel contact. De agrariërs hebben ook weinig aandacht voor het belang om waterkwaliteit te verbeteren en men is zich niet bewust van de optredende droogteschade. Wel is er bewustwording voor maatschappelijk verantwoord boeren, maar de waan van de dag en een pragmatische aanpak overwinnen vaak van (omwille v/h milieu) anders handelen.

Kansrijke maatregelen die naar voren zijn gekomen

Om de aandachtspunten op de probleempcelen op te lossen zijn vanuit de bedrijfsbezoeken, overleg met de agrariër en aansluitende analyse de volgende kansrijke maatregelen naar voren gekomen:

Te Natte delen

- Aanleg buisdrainage,
- Verbeteren afwatering (onderhoud sloten)
- Egaliseren / ondergrond egalisatie / bol leggen, doorbreken storende gliedelaag

Droge delen

- buisdrainage met wateraanvoer, boerenstuwen (op flanken), sloten verondiepen
- verhogen organisch stofgehalte, grassoorten die dieper wortelen, telen klaver

Bodemconditie

- Uitstellen grondbewerkingen als het te nat is (geduld), lagere bandenspanning, sleepslangbemesting, verschralen bovengrond, niet kerende grondbewerkingen en onderzaai vanggewas in snijmaïs
- bodemleven stimuleren, uitgekiend gras- en organisch stof beheer, inzaaien dieper wortelende gewassen in rotatie

Erf

- Het verbeteren van de inrichting van voerkuilen en rest van het erf om afspoeling te voorkomen, vaker en beter schoon houden,
- aanleg van een zak- of rietsloot met stuw in de naastgelegen sloot of greppel.

Waterkwaliteit

- Beter mineralen management (verlagen bodemoverschot) door eiwit arm voeren, kleinere mestgiften, scheiden dikke en dunne fractie, rijenbemesting mais, hogere opbrengst
- Voorkomen oppervlakkige afspoeling meststoffen: Niet bemesten als het te nat is (wel lastig te regelen met loonwerkers), verbeteren bodemconditie, grotere mestopslag

Effecten van de maatregelen

Op basis van de uitgevoerde modelberekeningen en expert-schattingen komt naar voren dat het verbeteren van de bodemconditie, boerenstuwen, onderwater drainage, betere timing bemesting en efficiënter mineralen management op veel punten positief zijn voor zowel de agrariër als de waterbeheerder. Voor de maatregel boeren stuwjes en aanpassen slootprofiel is het beeld wat ongunstig omdat met de berekeningen natschade wordt voorspeld door slechte afstemming op de omstandigheden. Dit kan naar verwachting met uitgekiend maatwerk vaak kunnen worden voorkomen of grotendeels worden beperkt.

Wanneer een agrariër op basis van het bedrijfswaterplan een maatregel kiest, heeft dat effect op zijn algehele bedrijfsvoering. In de regel levert het voor de agrariër én het milieu meer op om in te zetten op een uitgebalanceerde set (combinatie) aan maatregelen op bedrijfsniveau. Als maatregelen worden genomen voor verbetering dan wel optimalisatie van de vochtuishouding (water maatregelen) en de bodemkwaliteit (bodem verbeterende maatregelen en nutriënten beschikbaarheid), levert dit de noodzakelijke randvoorwaarden om over de gehele linie een beter bedrijfsresultaat (en dus kostenbesparing of opbrengstverhoging) te behalen.

Resumerend kan gesteld worden dat voor de kwantiteit vooral uitgekiende (peilgestuurd, onderwater) drainage gunstig is voor de agrariër en positieve effecten heeft voor het watersysteem. Maatregelen die ertoe bijdragen dat minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt en daarmee ook minder piekafvoeren naar de sloot, zullen ook een gunstig effect hebben op de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten en bestrijdingsmiddelen. Als de waterhuishouding niet wordt aangepast naar meer gunstige omstandigheden, hebben maatregelen zoals bodemverbetering of aangepaste uitrijtjdstippen van bemesting relatief weinig effect op de waterkwaliteit en gewasopbrengsten. Deze maatregelen hebben meer effect bij een meer optimale landbouwwaterhuishouding. Aandachtspunt is een goede uitvoering en uitgekiend peilbeheer van maatregelen voor ontwatering, omdat deze anders tot negatieve effecten op het watersysteem kunnen leiden (ontstaan van natschade of meer uitspoeling zoals ook in de berekeningen is gebleken).

Voor de kwaliteit is naast drainage ook efficiënter mineralen management positief. Hoewel het moeilijk te kwantificeren is, zal ook een verbetering van de situatie van het erf zeker bijdragen aan een betere waterkwaliteit.

Kosten effectiviteit maatregelen

Door de kosten en de baten van de verschillende maatregelen tegen elkaar af te zetten is de kosteneffectiviteit ingeschat. Daaruit is naar voren gekomen dat de maatregelen kostenneutraal dan wel positief kunnen uitvallen. Indien de voorgestelde maatregelen optimaal worden uitgevoerd is de kosteneffectiviteit positief. Dit vergt echter meer van de agrariër dan alleen de aanleg van de maatregel maar ook actief beheer voor een lange periode (integratie in de dagelijkse bedrijfsvoering). Alleen voor onderwaterdrains wordt ingeschat dat kosten hoger kunnen uitvallen dan de baten. Dit komt met name door de hoge kosten die gerekend zijn voor het onderhoud. Bedacht moet worden dat de baten en kosten indicatief zijn berekend en ingeschat. Om een optimaal maatregelenpakket samen te stellen en de kosten en baten op bedrijfsniveau voldoende betrouwbaar inzichtelijk te maken, dienen de maatregelen in combinatie voor de algehele bedrijfsvoering te worden doorgerekend.

Opschaling maatregelen

Uit de gebiedsanalyse voor opschaling komt naar voren dat de situatie op veel plaatsen geschikt lijkt voor onderwaterdrainage en dat op diverse delen van de flank van de beeklopen peilaanpassing (verhoging met name) mogelijk is. Met uitgekiend mineralen management kan gelet op Kringloopwijzer data een belangrijke reductie van de stikstof bodemoverschotten worden bereikt. Voor fosfor lijkt dit niet het geval. Bij doorvertaling hiervan naar het effect op de waterkwaliteit geldt dat verlaging lagere stikstof bodemoverschotten significant kunnen doorwerken in lagere emissies naar water. Voor fosfor worden de emissies veel minder sterk door de overschotten bepaald.

Feedback agrariërs op de projectresultaten

De bedrijfswaterplannen zijn goed ontvangen, men vindt de knelpunten en aangedragen maatregelen goed beschreven. Men heeft behoefte aan een gesprek met het Waterschap om daarin de verdere uitwerking en uitvoering van maatregelen te bespreken. Ook heeft men graag advies op maat voor maatregelen 'waar men morgen mee aan de slag kan'.

4.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om als Waterschap nadere gesprekken te voeren met de deelnemende bedrijven. Dit om te verkennen of zij naar aanleiding van het gedane onderzoek aan de slag willen met maatregelen en zo ja, wat voor wensen en randvoorwaarden zij nodig het om maatregelen ook daadwerkelijk uit te voeren. Eventueel kunnen de deelnemende bedrijven een voorbeeldfunctie vervullen voor de rest van het gebied.

Op voorhand zal een agrarische ondernemer de voorkeur hebben om te kijken naar geschikte combinaties van maatregelen die ook goed passen in de algehele bedrijfsvoering. Om een optimaal maatregelen pakket samen te stellen en de baten op bedrijfsniveau inzichtelijk te maken, dienen de maatregelen in combinatie voor de algehele bedrijfsvoering door een bedrijfsadviseur te worden doorgerekend. Dit vormde geen onderdeel van de onderhavige studie. Een dergelijke modelmatige analyse op bedrijfsniveau, vraagt om veel gedetailleerde gegevens van het bedrijf en de bedrijfsvoering en het kost dan ook meerdere dagen om een dergelijke berekening te maken.

Door de bedrijfsbezoeken is naar voren gekomen dat de detailontwatering en drooglegging op diverse percelen niet optimaal is. Het waterschap hanteert in het gebied al flexibele peilen, echter deze kunnen in combinatie met bodem en watermaatregelen op het perceel, verder worden geoptimaliseerd. Aanbevolen wordt om nader te inventariseren hoe de situatie in de praktijk is ten aanzien van de detailontwatering en bodemconditie en daarbij vooral na te gaan wat de oorzaak van de 'gevoelde' problemen zijn (bodemverdichting, drainage of drooglegging). Een dergelijke inventarisatie kan ook bijdragen aan een verdere bewustwording van de problematiek.

Literatuur

Agrarisch Waterbeheer (2016a), benaderd op 26 januari 2016 via:

<http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/mestopslagcapaciteit.pdf>

Agrarisch Waterbeheer (2016b), benaderd op 26 januari 2016 via:

http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/toepassen_rijenbemesting.pdf

Agrarisch Waterbeheer (2016c), benaderd op 26 januari 2016 via:

http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/aanleg_regelbare_peilgestuurde_drainage.pdf

Agrarisch Waterbeheer (2016d), benaderd op 26 januari 2016 via:

http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/infiltratie_via_onderwaterdrainage.pdf

Aequator groen & ruimte, WUR-Livestock Research, de Bakelse Stroom 2010. Landbouw op peil, technische eindrapportage.

Groenendijk, P., L.V. Renaud en J. Roelsma, 2005. "Prediction of Nitrogen and Phosphorous leaching to groundwater and surface waters. Process descriptions of the Animo 4.0 model. Alterra rapport 983.

Groenendijk, P., L. Renaud, C. van der Salm, H. Luesink, P.W. Blokland en T. de Koeijer, 2015. Nitraat en N- en P-uitspoeling bij de gebruiksnormen van het 5de NAP; Modelberekeningen met MAMBO en STONE. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2647.

Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker, M. Pleijter (2008), Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik van 'onderwaterdrains' op veengrond, Animal Sciences Group, Lelystad, december 2008.

Kennis Moet Stromen (2016), benaderd op 26 januari 2016 via:

<http://www.kennismoetstromenwebtool.nl/%28X%281%29S%28d3cnhoirc3mcxhx5cazejdrm%29%29/pdf/Peil%20gestuurde%20drainage.pdf>

Kennis voor Klimaat 2014. Klimaat en zoet water, Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit.

Rommelink, G., H. J. van Dooren, J. van Middelkoop, W. Ouweltjes & H. Wemmenhove (2013), Handboek Melkveehouderij 2013, Wageningen UR Livestock Research, website: www.handboekmelkveehouderij.nl

Schipper, P.N.M., P. Groenendijk, G. Janssen, J. Rozemeijer, N. van Eekeren, M. Zanen, B. Swart (2015). Goede grond voor een duurzaam watersysteem, verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. Stowa rapport 2015/19.

Schipper, P.N.M., R.F.A. Hendriks, I.G.A.M. Noij, W. Honkoop, N. van Eekeren en L. Boekhorst, 2015. Potentie Kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in veenweide; Voorstudie naar de potentie van kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in veenweide voor minder verliezen naar bodem en water en beter bedrijfsresultaat. Wageningen, Alterra Wageningen, Alterra-rapport 2684.

Van der Salm, C., P. Groenendijk, R. Hendriks, H.T.L. Massop en L. Renaud, 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2588.

Bijlage 1 Berekening effecten maatregelen

1. Verhogen organisch stofgehalte
2. Verbeteren bodemconditie
3. Onder water drainage
4. Boeren stuw
5. Aanpassen slootprofiel
6. Efficiënter mineralen management

1 Verhogen organisch stofgehalte

Deze maatregel is aanbevolen en berekend voor vrij droge zandige percelen met de volgende kenmerken:

- veldpodzol met een vrij dunne bovengrond van 30 cm, lokaal keileem binnen 120 cm-mv
- grondwatertrap VII, drooglegging 1,5 a 2 m, wegzijging
- grasland, bewortelbare diepte maximaal 40 cm

B1.1 Toelichting van de berekening

Om de effecten van de maatregelen in te schatten zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma SWAP (Kroes *et al.*, 2008). SWAP is een agro-hydrologisch model dat is ontworpen voor berekeningen op perceels- en bedrijfsniveau en voor de verzadigde/onverzadigde zone. Met het model zijn grondwaterstanden, waterafvoer, gewasgroei en drukhoogtes te simuleren. Het is mogelijk om met behulp van bodemfysische variabelen bijvoorbeeld de draagkracht, bewerkbaarheid en aantal natte dagen af te leiden. Laatstgenoemde factoren zijn samen met de gewasgroei relevant voor de effecten op de agrarische bedrijfsvoering. De veldgegevens vormen de basis voor de berekeningen in combinatie met de bodemkaart, de hoogtekkaart, het landgebruik en de leggergegevens. Door de uitkomsten van twee klimaatreeksen (huidig en WH) te vergelijken wordt het effect berekend op de verandering van de hydrologische situatie voor en na het nemen van maatregelen. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van KNMI'14-scenario WH in 2050.

Modelopbouw

Voor het model is uitgegaan van een droge zandgrond (Gt7); een wegzijgingsgebied dat in de winter nog enigszins ontwaterd wordt door een enkele sloot. De wegzijging ligt tussen de 0,7 en de 1,3 mm/dag. De bodemopbouw is geschematiseerd door de Staring bouwstenen B1 en O1. Het landgebruik is grasland.

Maatregel: Verhogen organisch stofgehalte

Als maatregel is verhoging van het gehalte aan organische stof gesimuleerd. Hiervoor is de stelregel gebruikt dat bij elke procent (procentpunt) verhoging van het gehalte aan organische stof, er 0,01 bij de volumefractie beschikbaar water bij komt (Technisch Document 19D, p 25). In de huidige situatie heeft een B1 bovengrond 22,5 volumeprocent vocht tussen pF 2 en pF 4.2. Door het organische stofgehalte met 2 procentpunt te verhogen stijgt het volume beschikbaar vocht dus van 22,5 naar 24,5%. Om dit te bereiken is de θ_{sat} verhoogd van 0,43 naar 0,468. Dit is gedaan op basis van de Genuchten-parameters uit 1994.

B1.2 Verwachte effecten op het watersysteem

Voor de verhoging van het organisch stofgehalte zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten te kwantificeren op de grondwaterstanden, de watervraag voor beregening, het aantal dagen dat de percelen berijdbaar zijn (relatie vochttoestand - draagkracht) en de gewasopbrengst (droge stof).

A Grondwaterstanden

In Tabel B1.1 en de grafieken in Figuur B1.1 zijn de gesimuleerde grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.

Bij het WH-klimaat ligt de GHG 18 cm hoger, de GLG ligt 5 cm hoger bij vergelijking met de modellen zonder doorvoering van de maatregel. De GHG wordt ondieper in het WH-scenario, door een toenemend neerslagoverschot. Ook de GLG komt ondieper uit in het WH-scenario. Dit kan met name verklaard worden door een ondiepere uitgangssituatie in het voorjaar. De daling van de grondwaterstand is wel aanzienlijk groter in het nieuwe klimaatscenario. In het huidige klimaat is het verschil tussen GHG en GLG 87 cm. Dat wordt onder het WH scenario 103 cm.

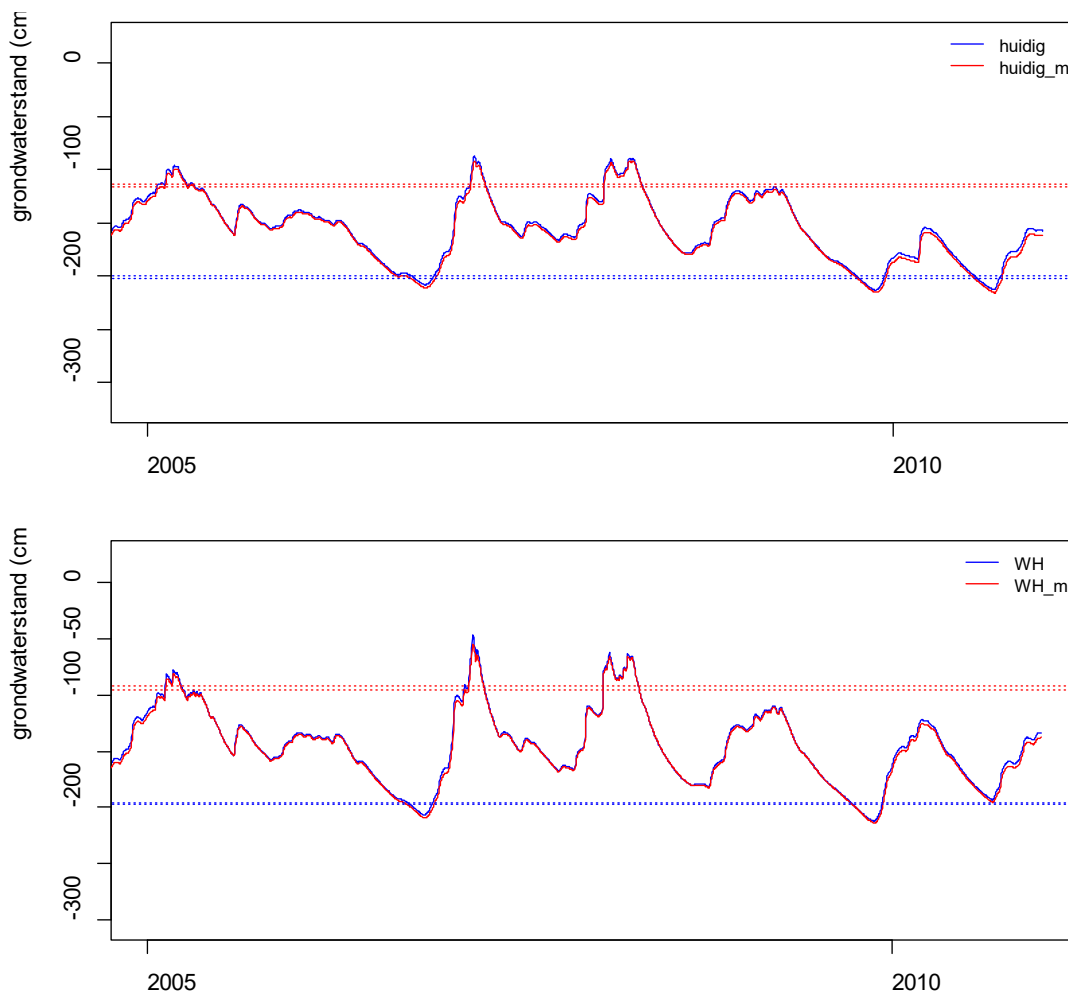
Door de veranderende schematisering van de bodemfysica worden de grondwaterstanden in het model net iets verlaagd. De onverzadigde bodem houdt net iets meer vocht vast bij gelijkblijvende

zuigspanning. Dit geldt echter alleen voor de bovenste 30 cm van het bodemprofiel. Samen met de mogelijk iets hogere verdamping zorgt dit voor iets lagere freatische waterstanden.

Tabel B1.1

Berekende grondwaterstanden (gemiddeld hoogste en laagste) voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (verhoging organisch stofgehalte met 2%).

Scenario	GHG (cm-mv) zonder berekening	GLG (cm-mv) Zonder berekening	GHG met berekening	GLG met berekening
Huidig klimaat zonder maatregel	113	200	89	178
Huidig klimaat met maatregel	116	202	95	183
Wh klimaat zonder maatregel	92	195	75	179
Wh klimaat met maatregel	95	197	77	181



Figuur B1.1 Berekend verloop grondwaterstanden voor het huidige en toekomstige klimaat (WH), met en zonder de maatregel (verhoging organisch stofgehalte met 2%).

B Effect op beregeningsvraag

Als boeren zouden beregenen om het gewas optimaal van vocht te voorzien zou er een ruime twee keer beregend worden bij het huidige klimaat (zie Tabel B1.2). Bij het WH klimaatscenario zou dit een ruime drie keer zijn. De verhoging van het organische stofgehalte heeft een klein effect op de beregeningsbehoefte (tussen de 7 en 3 mm/jaar).

Tabel B1.2

Beregeningsbehoefte huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (verhoging organisch stofgehalte met 2%).

	Huidig	Huidig met maatregel	Toekomstig klimaat (WH)	WH met maatregel
Beregeningsbehoefte, langjarig gemiddelde in mm per jaar	65	58	85	82

C *Effecten op de bewerkbaarheid van de bodem*

Met SWAP is vanuit de berekende vochtconditie van de bodem berekend hoeveel dagen de bodem bewerkt kan worden in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregel (bij huidig en toekomstig klimaat). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel B1.3.

Uit deze resultaten blijkt dat dit doorgerekende perceel de grond al zodanig droog is, dat de bewerkbaarheid in de huidige situatie al nauwelijks wordt beperkt. De effecten van klimaatverandering en de maatregel zijn daarom ook beperkt.

Tabel B1.3

Aantal bewerkbare dagen bodem huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (verhoging organisch stofgehalte met 2%).

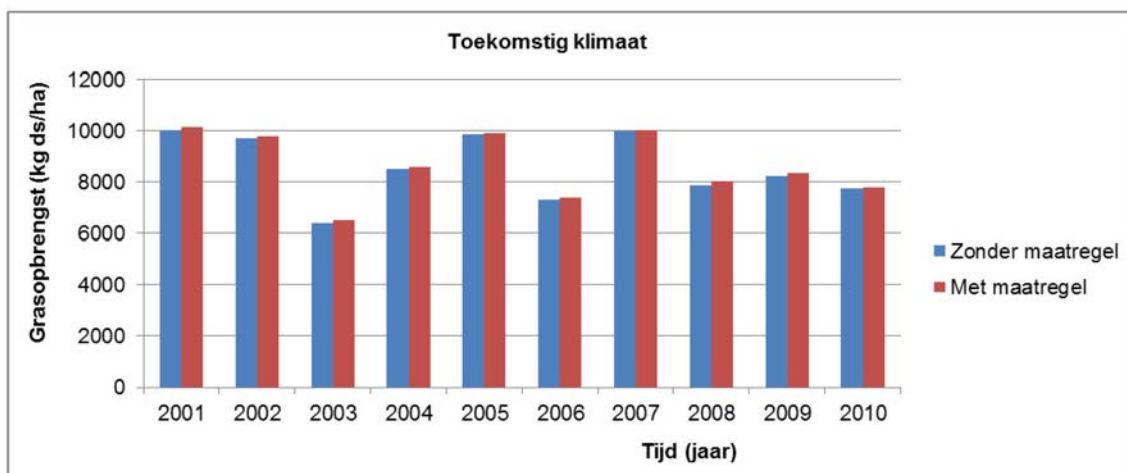
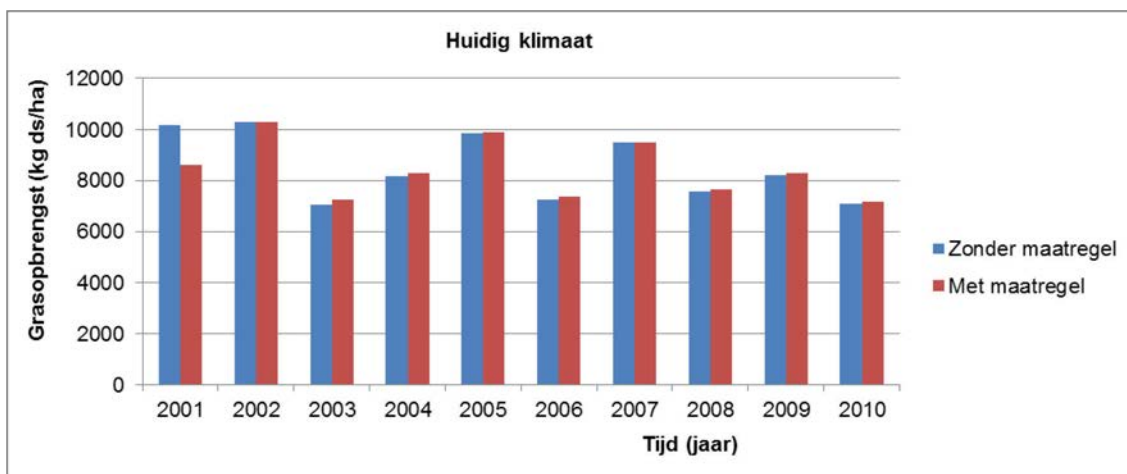
Gemiddeld aantal dagen per jaar met deze bewerkbaarheid	Te nat	Matig beweidbaar	Goed beweidbaar	Te droog
Huidig klimaat zonder maatregel	2	32	210	29
Huidig klimaat met maatregel	2	31	212	29
Toekomstig klimaat zonder maatregel	6	40	189	39
Toekomstig klimaat met maatregel	5	40	191	37

D *Effecten op gewasopbrengsten*

De berekende gewasopbrengsten zijn weergegeven in de grafieken van Figuur B1.2. Met het modelinstrument wordt door de maatregel een gemiddeld geringe verhoging van de gewasopbrengst berekend van ongeveer een procent. De afname in het eerste jaar lijkt een opstartfout in het model te zijn.

Resumé:

Zeker op zo'n droge grond als deze met Gt7, is het eigenlijk altijd positief of in elk geval neutraal om meer water vast te houden door het OS-gehalte te verhogen. Op nattere gronden zou het vasthouden van water ten koste kunnen gaan van de bewerkbaarheid.



Figuur B1.2 Berekende gewasopbrengsten huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder maatregel (verhoging organisch stofgehalte met 2%).

2 Verbeteren bodemconditie

B2.1 Toelichting van de berekening

Om de effecten van de maatregelen in te schatten zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma SWAP (Kroes *et al.*, 2008). SWAP is een agro-hydrologisch model dat is ontworpen voor berekeningen op perceels- en bedrijfsniveau en voor de verzadigde/onverzadigde zone. Met het model zijn grondwaterstanden, waterafvoer, gewasgroei en drukhoogtes te simuleren. Het is mogelijk om met behulp van bodemfysische variabelen bijvoorbeeld de draagkracht, bewerkbaarheid en aantal natte dagen af te leiden. Laatstgenoemde factoren zijn samen met de gewasgroei relevant voor de effecten op de agrarische bedrijfsvoering. De veldgegevens vormen de basis voor de berekeningen in combinatie met de bodemkaart, de hoogtekkaart, het grondgebruik en de leggergegevens. Door de uitkomsten van twee klimaatreeksen (huidig en WH) te vergelijken wordt het effect berekend op de verandering van de hydrologische situatie voor en na het nemen van maatregelen. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van KNMI'14-scenario WH in 2050.

Modelopbouw

Voor het model is uitgegaan van een droge zandgrond, een podzol met Gt7; een wegzijgingsgebied dat in de winter nog enigszins ontwaterd wordt door een enkele sloot. De wegzijging ligt tussen de 1 en de 1,6 mm/dag. De bodemopbouw is geschematiseerd door de Staringbouwstenen B1 en O1.

Maatregel: verbeteren bodemconditie

Om het verbeteren van de bodemconditie te simuleren is een combinatie van maatregelen gebruikt: het vergroten van de bewortelingsdiepte samen met het verhogen van het organisch stofgehalte. Voor het verhogen van het organische stofgehalte is de stelregel gebruikt dat bij elke procent (procentpunt) verhoging van het gehalte aan organische stof, er 0,01 bij de volumefractie beschikbaar water bij komt (Technisch Document 19D, p 25). In de huidige situatie heeft een B1 bovengrond 22,5 volumeprocent beschikbaar vocht (tussen pF 2.0 en pF 4.2). Door het organische stofgehalte met 2 procentpunt te verhogen stijgt het volume beschikbaar vocht van 22,5 naar 24,5%. Om dit te bereiken is de θ_{sat} verhoogd van 0,43 naar 0,468. Dit is gedaan op basis van de Genuchtenparameters uit 1994. De worteldiepte is aangepast van 30 cm in de uitgangssituatie naar 50 cm in het verbeterde profiel, in overeenstemming met de bewortelbare diepte van een veldpodzol.

B2.2 Verwachte effecten op het watersysteem

Voor de maatregel verbeteren bodemconditie zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten te kwantificeren op de grondwaterstanden, de watervraag voor beregening, het aantal dagen dat de percelen berijdbaar zijn (relatie vochttoestand - draagkracht) en de gewasopbrengst (droge stof).

A Grondwaterstanden

In Tabel B2.1 en de grafieken in Figuur B2.1 zijn de gesimuleerde grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.

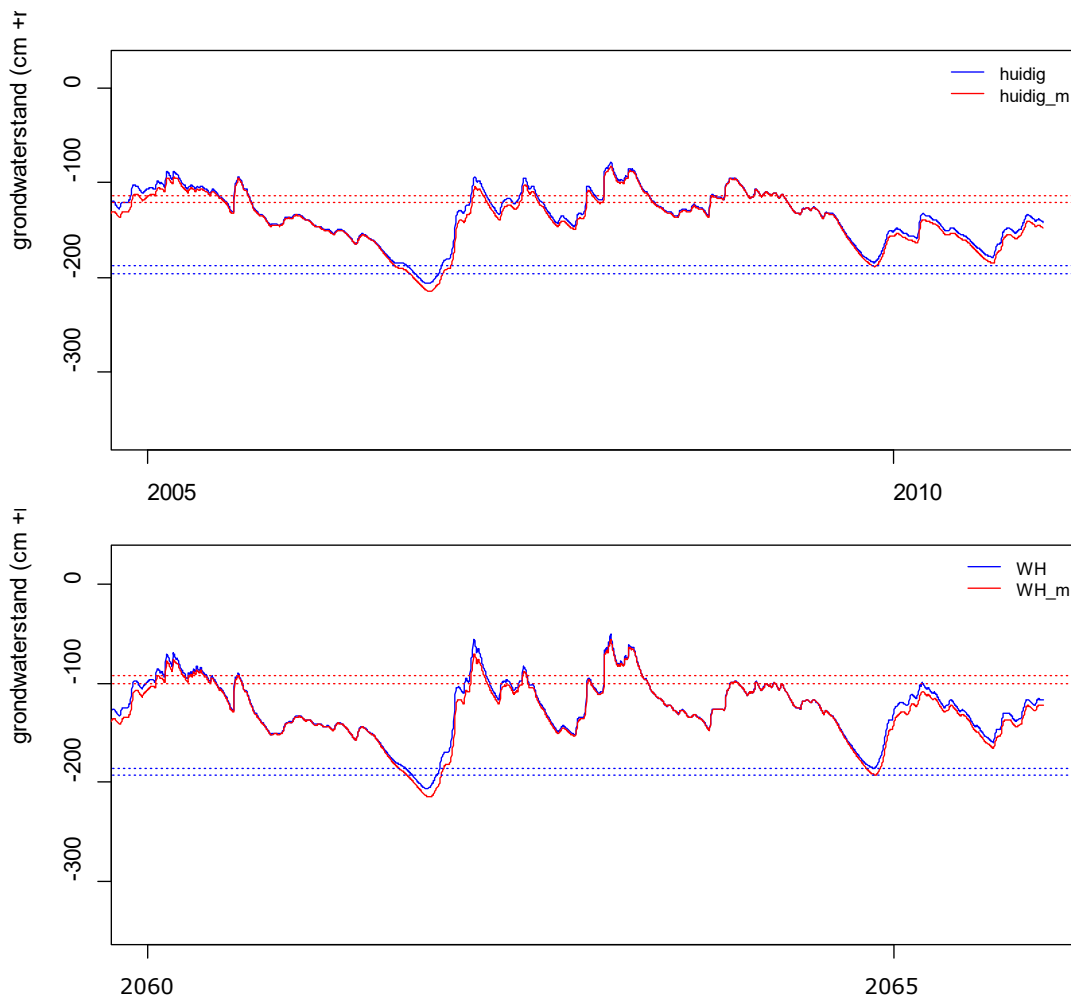
Onder het beschreven klimaatscenario wordt er een hogere GHG en een hogere GLG beschreven in vergelijking met het huidige klimaat. In de winter neemt het neerslagtekort toe bij het WH-klimaat, waardoor de grondwaterstand hoger ligt (GHG 22 cm hoger). De daling van de grondwaterstand is aanzienlijk hoger in het nieuwe klimaatscenario: in het huidige klimaat is het verschil tussen GHG en GLG 74 cm, in het WH-klimaat is dat 94 cm. De GLG komt daardoor in het WH-klimaat 2 cm hoger uit.

De veranderende schematisering van de bodemfysica, samen met de toegenomen bewortelingsdiepte zorgen voor lagere grondwaterstanden. Grondwaterstanden zijn tussen de 7 en de 9 cm lager. De lagere freatische waterstanden hebben te maken met de toegenomen verdamping van de plant (ongeveer 10 mm/jaar) en het toegenomen vochthoudend vermogen van de bovengrond. Door dit toegenomen vochthoudend vermogen van de bovengrond blijft er meer vocht zitten in de onverzadigde zone, waardoor de grondwaterstand lager komt te staan.

Tabel B2.1

Berekende grondwaterstanden (gemiddeld hoogste en laagste) voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (verbeteren bodemconditie: verhoging organisch stofgehalte 2% en diepere beworteling).

Scenario	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)	GHG met berekening	GLG met berekening
Huidig klimaat zonder maatregel	114	188	110	184
Huidig klimaat met maatregel	121	196	112	186
Wh klimaat zonder maatregel	92	186	85	180
Wh klimaat met maatregel	101	193	84	179



Figuur B2.1 Berekend verloop grondwaterstanden voor het huidige en toekomstige klimaat (WH), met en zonder de maatregel (verbeteren bodemconditie).

B Effect op beregeningsvraag

De effecten op de beregeningsvraag zijn weergegeven in Tabel B2.2.

Tabel B2.2

Beregeningsbehoefte huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (verbeteren bodemconditie: verhoging organisch stofgehalte 2% en diepere beworteling).

	Huidig	Huidig met maatregel	Toekomstig klimaat (WH)	WH met maatregel
Beregeningsbehoefte, langjarig gemiddeld (mm/jr)	33mm/jr	22mm/jr	50mm/jr	42mm/jr

Het klimaat heeft een grote invloed op de beregeningsvraag. Bij het huidige klimaat is dit gemiddeld 33 mm/jaar, bij het WH-klimaatscenario 50 mm/jr. Door het invoeren van de maatregel neemt de beregeningsvraag met 20 tot 30% af. Bij beide modellen is het beregeningscriterium gesteld op pF 2.7 op 1/3^e van de bewortelingsdiepte. Bij 30 cm beworteling is dit dus 10 cm-mv, bij 50 cm beworteling is dit 17 cm-mv. Er is uitgegaan van een vaste beregeningsgift van 25 mm.

C *Effecten op de bewerkbaarheid van de bodem*

Met SWAP is vanuit de berekende vochtconditie van de bodem berekend hoeveel dagen de bodem bewerkt kan worden in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregel (bij huidig en toekomstig klimaat). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel B2.3.

Uit deze resultaten blijkt dat dit doorgerekende perceel de grond al zodanig droog is, dat de bewerkbaarheid in de huidige situatie al nauwelijks wordt beperkt. De effecten van klimaatverandering en de maatregel zijn daarom ook beperkt.

Tabel B2.3

Aantal bewerkbare dagen bodem huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (verbeteren bodemconditie: verhoging organisch stofgehalte 2% en diepere beworteling).

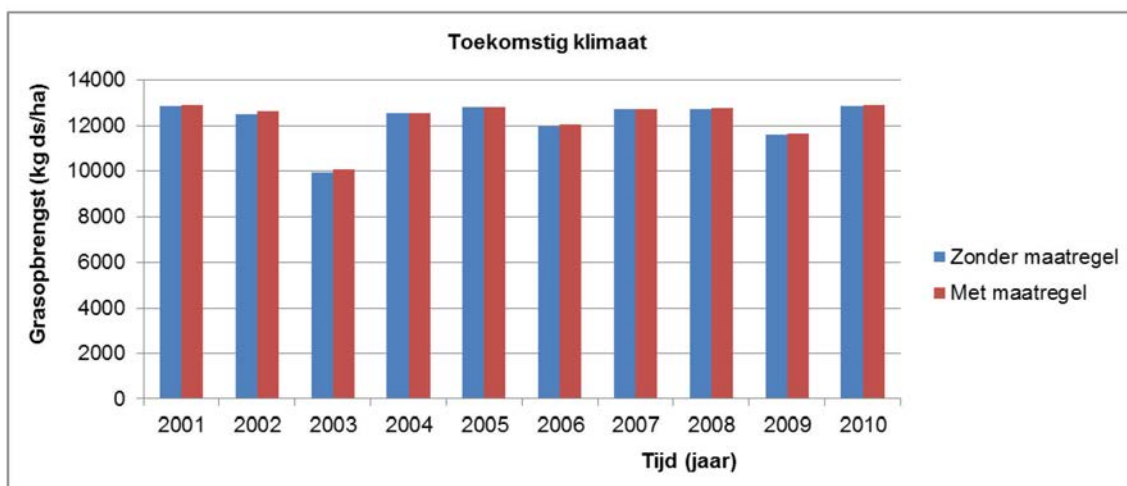
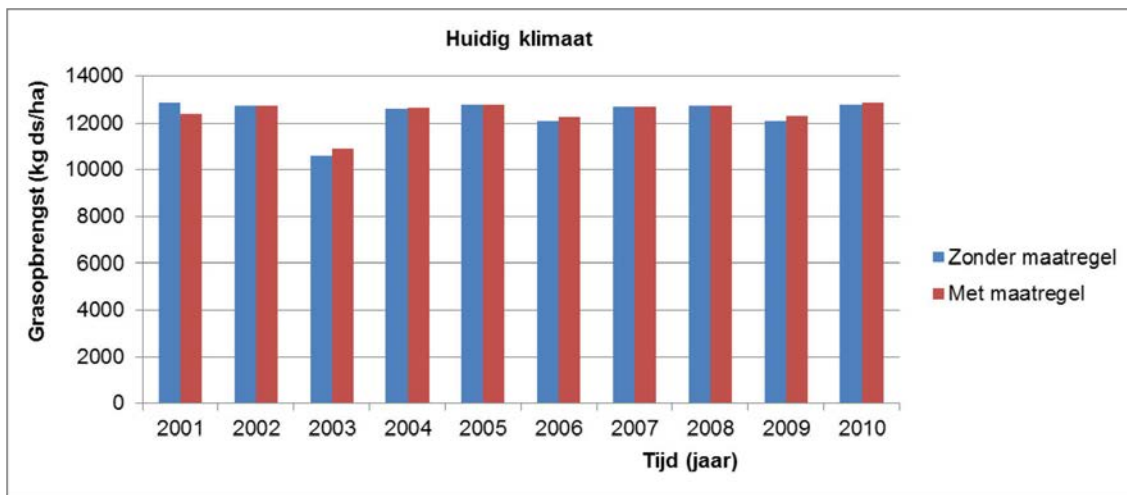
Gemiddeld aantal dagen per jaar met deze bewerkbaarheid	Te nat	Matig beweidbaar	Goed beweidbaar	Te droog
Huidig klimaat zonder maatregel	2	41	217	14
Huidig klimaat met maatregel	2	38	220	13
Toekomstig klimaat zonder maatregel	5	52	194	22
Toekomstig klimaat met maatregel	4	50	198	21

D *Effecten op gewasopbrengsten*

De berekende gewasopbrengsten zijn weergegeven in de grafieken van Figuur B2.2. Met het modelinstrument wordt door de maatregel een gemiddeld geringe verhoging van de gewasopbrengst berekend van ongeveer een procent. Ook bij deze berekening lijkt de afname in het eerste jaar een opstartfout in het model te zijn.

Resumé:

Zeker op zo'n droge grond als deze met Gt7, is het eigenlijk altijd positief of in elk geval neutraal om meer water vast te houden door het OS-gehalte te verhogen en de bewortelbare diepte te vergroten. Op nattere gronden zou het vasthouden van water ten koste kunnen gaan van de bewerkbaarheid.



Figuur B2.2 Berekende gewasopbrengsten huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder maatregel (verbeteren bodemconditie: verhoging organisch stofgehalte 2% en diepere beworteling).

3 Onder water drainage

B3.1 Toelichting van de berekening

Om de effecten van de maatregelen in te schatten zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma SWAP (Kroes *et al.*, 2008). SWAP is een agro-hydrologisch model dat is ontworpen voor berekeningen op perceels- en bedrijfsniveau en voor de verzadigde/onverzadigde zone. Met het model zijn grondwaterstanden, waterafvoer, gewasgroei en drukhoogtes te simuleren. Het is mogelijk om met behulp van bodemfysische variabelen bijvoorbeeld de draagkracht, bewerkbaarheid en aantal natte dagen af te leiden. Laatstgenoemde factoren zijn samen met de gewasgroei relevant voor de effecten op de agrarische bedrijfsvoering. De veldgegevens vormen de basis voor de berekeningen in combinatie met de bodemkaart, de hoogtekkaart, het grondgebruik en de leggergegevens. Door de uitkomsten van twee klimaatreeksen (huidig en WH) te vergelijken wordt het effect berekend op de verandering van de hydrologische situatie voor en na het nemen van maatregelen. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van KNMI'14-scenario WH in 2050.

Om de effecten te berekenen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, zijn voor deze maatregel ook berekeningen uitgevoerd met ANIMO-SWAP. ANIMO berekende, gekoppeld aan de vochtuithouding, het gedrag van de nutriënten stikstof en fosfor en koolstof in de bodem (Groenendijk *et al* 2016 (in voorbereiding)).

Modelopbouw

Het model is gemaakt om een veengrond met een Gt II te simuleren. Er ligt één meter veen op een zandondergrond. Het profiel is in de uitgangssituatie ontwaterd door greppels en sloten. Het slootpeil varieert tussen de 60 cm-mv (tot 15 november) en 70 cm-mv (tot 31 maart). Het profiel ligt onder in het beekdal waar forse kwel optreedt; de opgelegde kwel ligt gemiddeld op 1,7 mm/d.

Maatregel: peilgestuurde onderwaterdrainage

Als maatregel is er onderwaterdrainage op 80 cm-mv gesimuleerd. De drains liggen altijd onder het slootpeil waardoor de drainage peilgestuurd is: de werking van de drains is afhankelijk van het slootpeil. Het berekende effect van de maatregel is erg afhankelijk van de uitgangssituatie en is met name afhankelijk van of er uitholling van de grondwaterstand optreedt in de zomer (de grondwaterstand is lager dan het slootpeil). Als er geen uitholling optreedt in de zomer zal verbeterde drainage *altijd* verdrogend werken bij een gelijkblijvend slootpeil. Als er wel uitholling optreedt in de zomer kunnen drains onder water zorgen voor meer infiltratie waardoor de grondwaterstanden in de zomer worden verhoogd. Er is aanvullend veldonderzoek nodig om te bepalen hoe de situatie is gedurende de zomer.

B3.2 Verwachte effecten op het watersysteem, kwantiteit

Voor de maatregel onder water drainage zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten te kwantificeren op de grondwaterstanden, de watervraag voor beregening, het aantal dagen dat de percelen berijdbaar zijn (relatie vochttoestand - draagkracht) en de gewasopbrengst (droge stof).

A Grondwaterstanden

In Tabel B2.1 en de grafieken in Figuur B2.1 zijn de gesimuleerde grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie weergegeven. Door de afvoer via de greppels zit de grondwaterstand in de winter aan een maximum; de toename van de het neerslagoverschot in de winter zorgt slechts voor een 1 cm hogere grondwaterstand. Door het toenemende neerslagtekort in de zomer zakt de gesimuleerde GLG 6 cm verder uit bij het WH klimaatscenario.

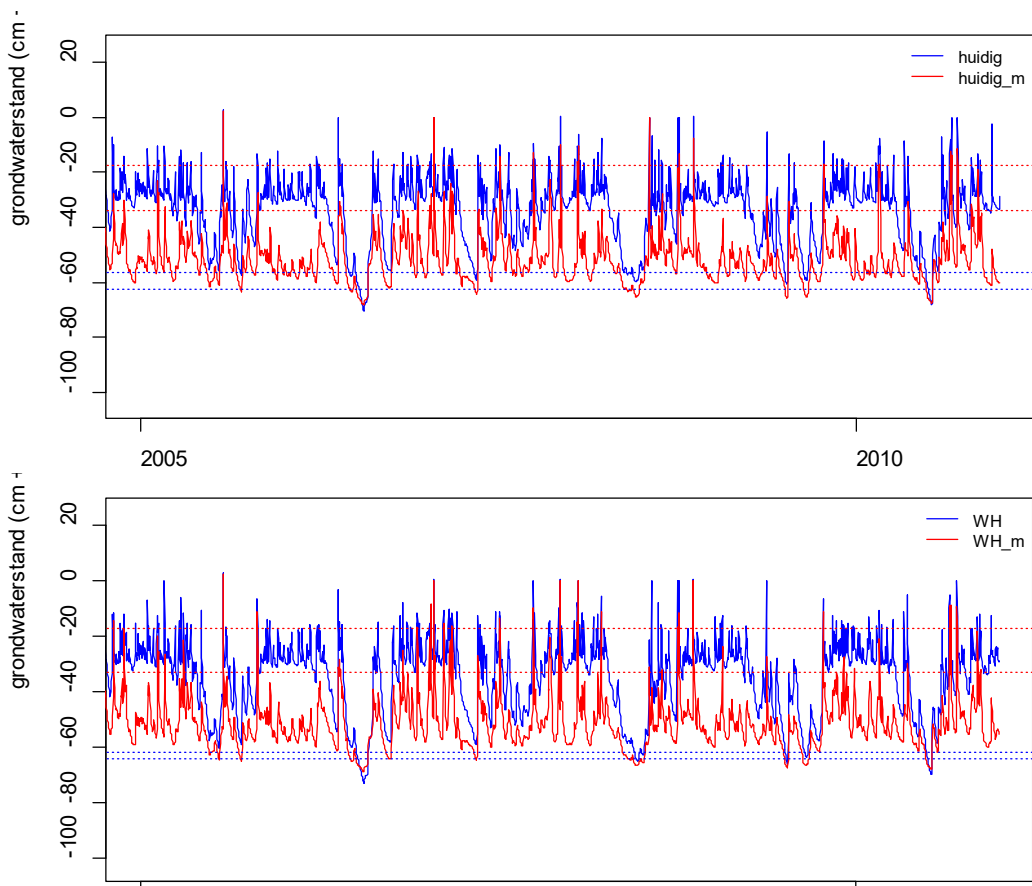
Zoals aangegeven in paragraaf B1.1 is het van belang de uitgangssituatie beter te beschrijven. Bij de gedane aannames zorgt onderwaterdrainage, logischerwijs, voor een forse verlaging van de grondwaterstanden in de winter (16 cm GHG verlaging). Bij gelijkblijvende peilen zorgt onderwaterdrainage ook voor een lichte verlaging van de GLG. Dat komt omdat er in de initiële situatie nauwelijks uitholling optreedt (slootpeil bij GLG is 60 cm-mv). De reden is de forse kwel. Er kan dus ook nauwelijks uitholling gecompenseerd worden door de onderwaterdrains. Uit een

verkennde modelstudie blijkt dat de verlaging van de GLG gecompenseerd kan worden door een forse verhoging van het slootpeil in de zomer.

Tabel B3.1

Berekende grondwaterstanden (gemiddeld hoogste en laagste) voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (onderwater drainage).

Scenario	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
Huidig klimaat zonder maatregel	18	56
Huidig klimaat met maatregel	34	62
Wh klimaat zonder maatregel	17	62
Wh klimaat met maatregel	33	64



Figuur B3.1 *Berekend verloop grondwaterstanden voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (onderwater drainage).*

B Effecten op de bewerkbaarheid van de bodem

Met SWAP is vanuit de berekende vochtconditie van de bodem berekend hoeveel dagen de bodem bewerkt kan worden in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregel (bij huidig en toekomstig klimaat). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel B2.2. De zeer slechte bewerkbaarheid wordt verbeterd door de drainage, maar is op veel dagen nog steeds beperkt.

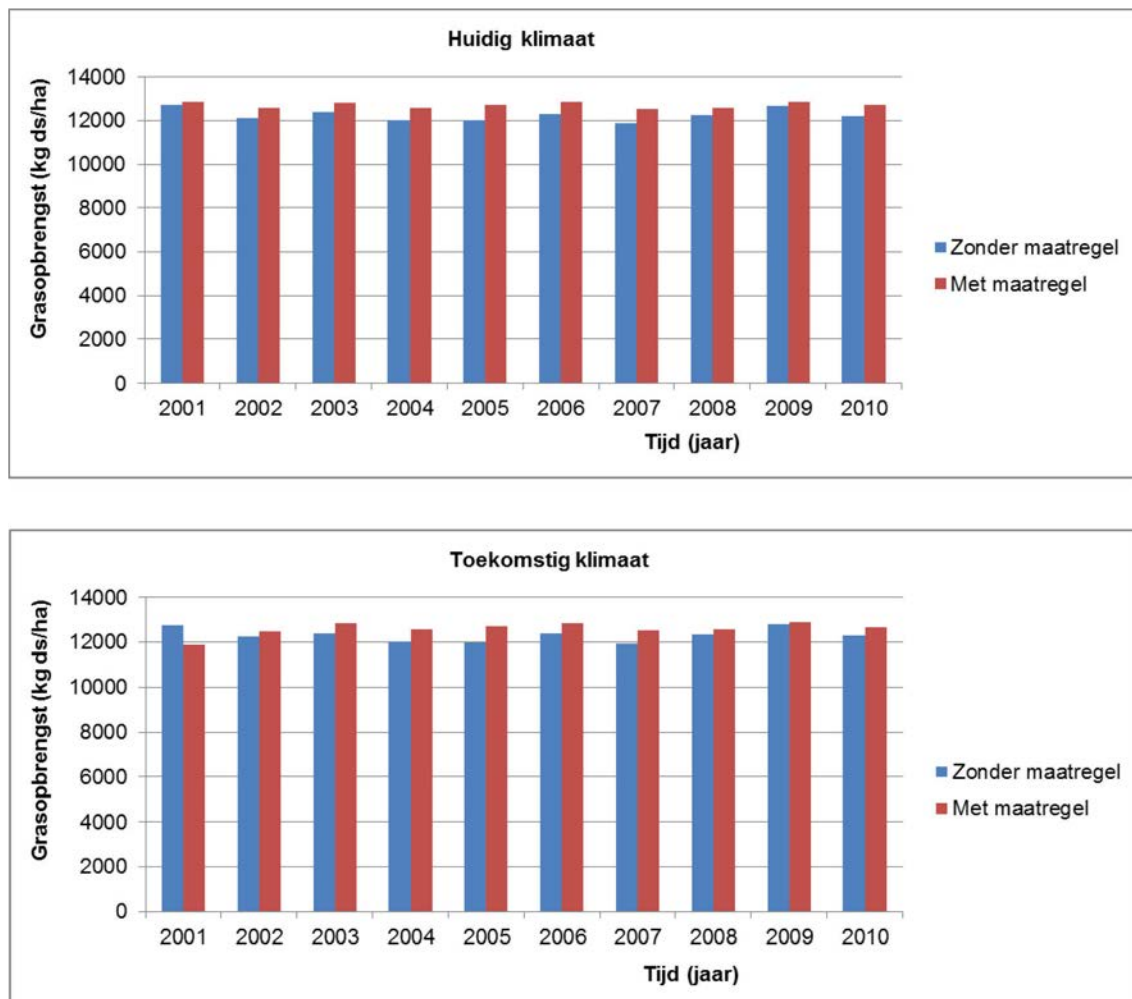
Tabel B3.2

Aantal bewerkbare dagen bodem huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (verbeteren bodemconditie: verhoging organisch stofgehalte 2% en diepere beworteling).

Gemiddeld aantal dagen per jaar met deze bewerkbaarheid	Te nat	Matig beweidbaar	Goed beweidbaar	Te droog
Huidig klimaat zonder maatregel	164	91	19	0
Huidig klimaat met maatregel	51	189	34	0
Toekomstig klimaat zonder maatregel	149	92	32	0
Toekomstig klimaat met maatregel	48	180	45	0

C Gewasopbrengsten

De berekende gewasopbrengsten zijn weergegeven in de grafieken van Figuur B3.2. Met het modelinstrument wordt door de maatregel een gemiddelde significante verhoging van de gewasopbrengst berekend, tot zo'n 6% maximaal.



Figuur B3.2 Berekende gewasopbrengsten huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder maatregel (onderwater drainage).

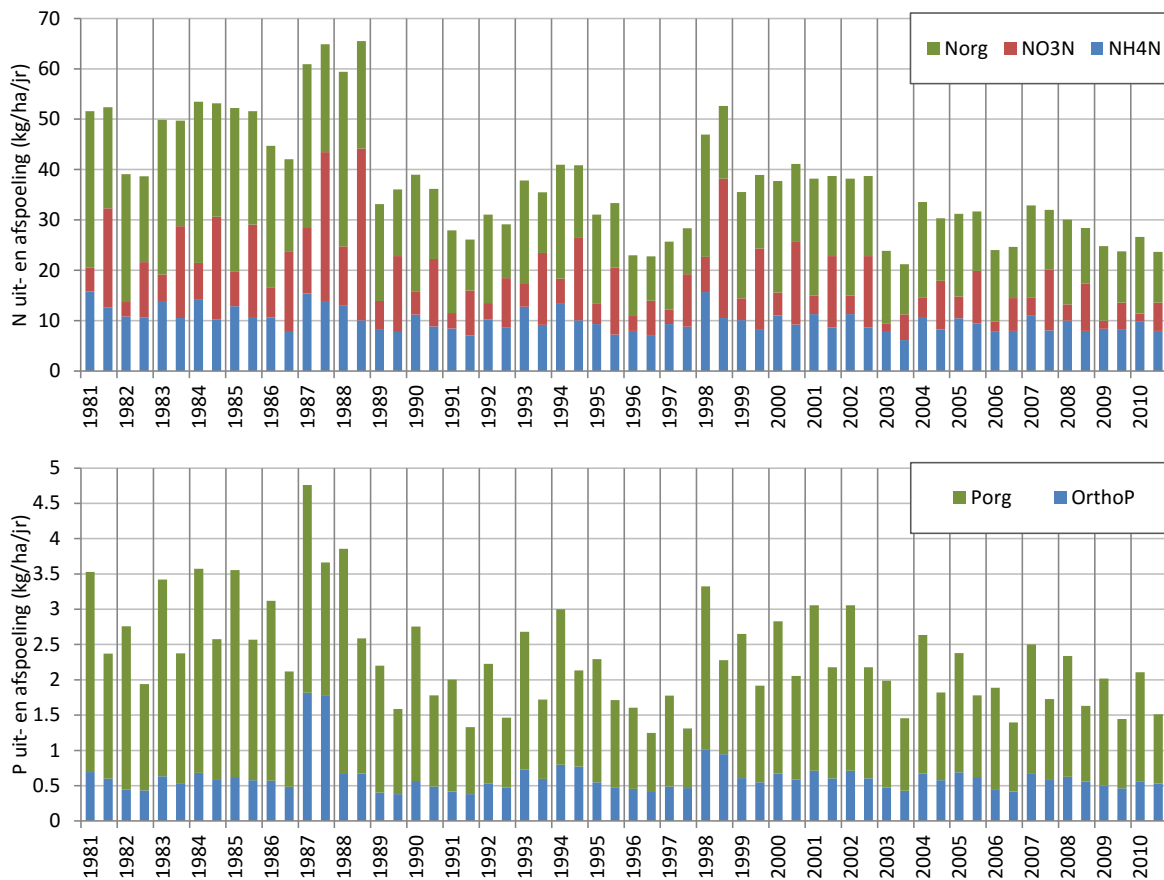
Resumé:

Onderwaterdrainage heeft een duidelijk positief effect op de grasopbrengst, tot zo'n 6% maximaal. Ondanks de drainage blijft dit perceel nog steeds vrij nat, maar wel met een betere bewerkbaarheid en een betere oogst.

B3.2 Verwachte effecten op het watersysteem, kwaliteit.

Zoals aangegeven zijn met SWAP-ANIMO berekeningen uitgevoerd om het effect van de maatregelen op de nutriënten belasting van het oppervlaktewater te kwantificeren (Groenendijk et al, 2005). In de STONE-database is gezocht naar een plot met gelijke kenmerken. Plot 2164 komt goed overeen qua kenmerken (gewas, bodem, grondwaterregime, kwel). In 2013 is het nitraatgehalte in het bovenste grondwater 2 mg/L. De N-belasting van het oppervlaktewater bedraagt 18,5 kg/ha/jr en de P-belasting van het oppervlaktewater is 1,8 kg/ha/jr. Voor de vochtuishouding zijn de uitgangspunten en parameterwaarden aangehouden van het SWAP-model waarmee de effecten op de kwantiteit voor onderwaterdrainage is berekend.

De grafieken in Figuur B3.3 geven het effect van peilgestuurde drainage weer. Per jaar zijn twee staafjes weergegeven. De linker staaf duidt op de referentie en de rechter staaf duidt op de af- en uitspoeling na implementatie van peilgestuurde drainage.



Figuur B3.3 Uit- en afspoeling stikstof en fosfor, huidige situatie.

De hoge kwelflux heeft een grote invloed op de resultaten. In de stoffenbalans wordt 15 kg ha^{-1} stikstof uit de ondergrond aangevoerd. In de modeluitkomsten speelt oppervlakkige afstroming een geringe rol. Het aandeel van oppervlakkige afspoeling in het totaal van af- en uitspoeling: 2.6% voor N en 4.6% voor P. In de af- en uitspoeling is een afnemende trend te zien. Deze trend is een gevolg van de afname van bodemoverschotten.

Het klimaatscenario verschilt aanzienlijk ten aanzien van de waterbalanstermen. Deze zijn aangegeven in Tabel B3.3. In het WH scenario is de af- en uitspoeling van stikstof en fosfor resp. 5% en 15% lager dan in de referentie (zie Figuur B3.4).

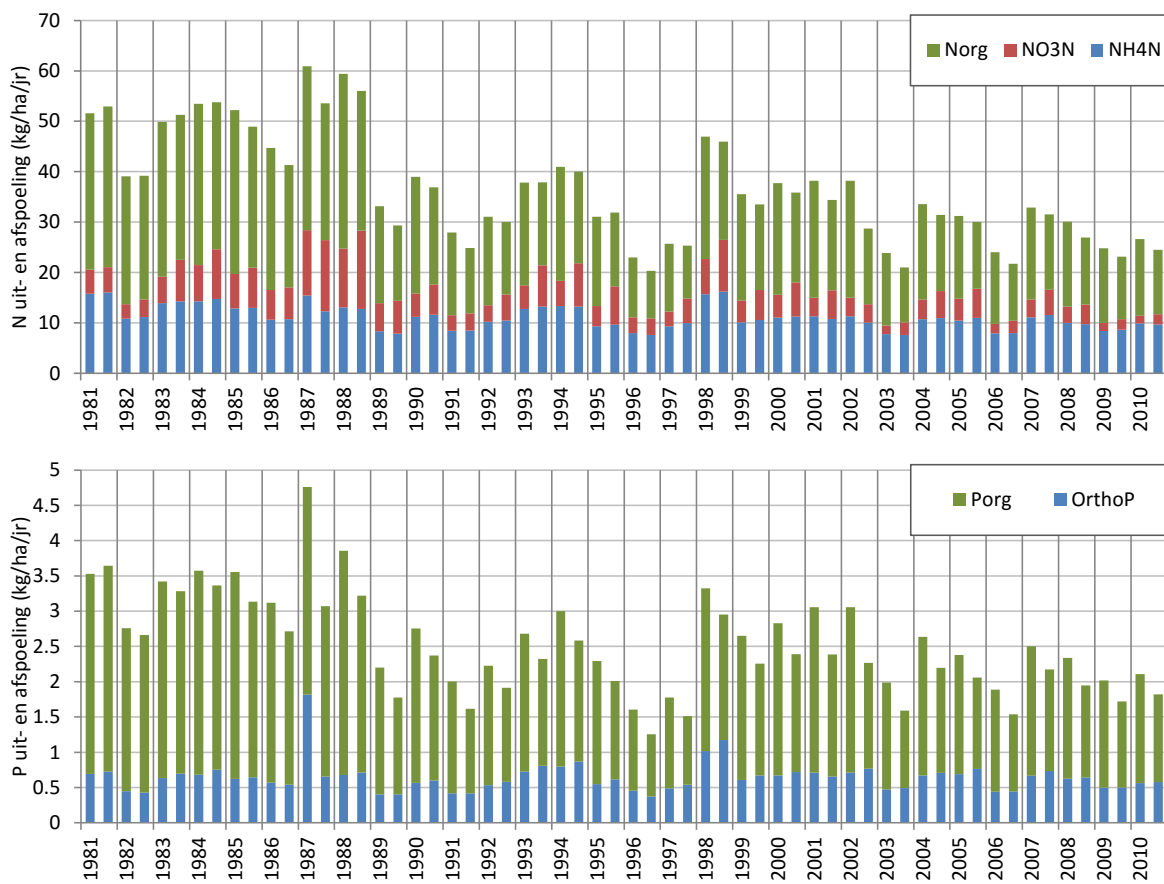
Tabel B3.3

Waterbalanstermen (mm/jr) huidige situatie en toekomst klimaat (WH).

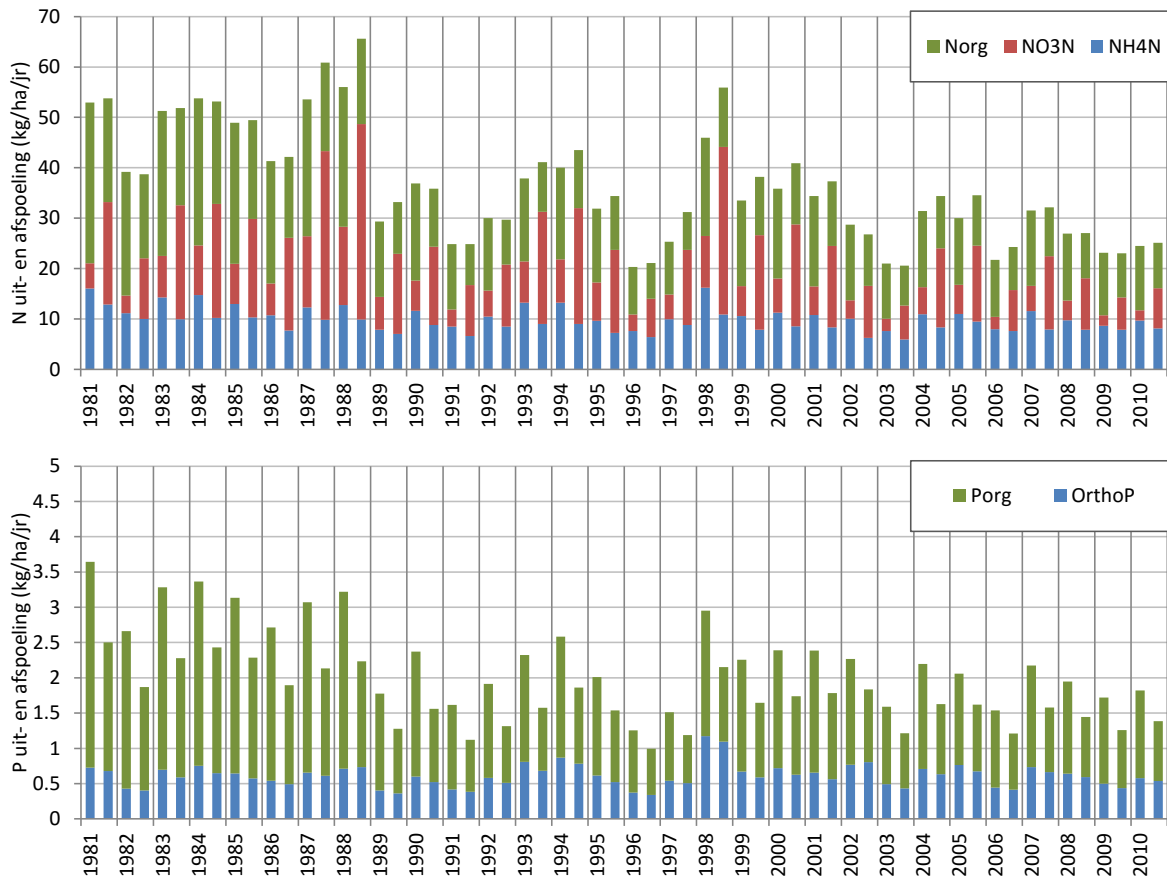
	Referentie	WH
Neerslag	886	954
Kwel	621	621
Interceptieverdamping	105	98
Transpiratie	376	408
Bodemverdamping	78	81
Ontwatering	979	985

Peilgestuurde drainage in het klimaatscenario

De uit- en afspoeling bij uitvoering van de onderwaterdrainage is voor het toekomstige klimaat weergegeven in Figuur B3.5. Door peilgestuurde drainage neemt de N- af- en uitspoeling in het klimaatscenario met 6% toe en neemt de af- en uitspoeling van P met 28% af.



Figuur B3.4 Uit- en afspoeling stikstof en fosfor toekomstig klimaat (zonder maatregel).



Figuur B3.5 Uit- en afspoeling stikstof en fosfor toekomstig klimaat met onderwater drainage.

Resumé

De resultaten van de modelberekeningen voor onderwaterdrainage zijn samengevat in Tabel B3.4. Het effect op af- en uitspoeling van stikstof is verwaarloosbaar. De af- en uitspoeling van ammonium en organisch stikstof neemt iets af, dat van nitraat neemt iets toe. Voor fosfor heeft onderwaterdrainage voor de beschouwde situatie een duidelijk positief effect (afname 29%). Deze afname betreft vooral een afname van organisch fosfor.

Tabel B3.4

Gemiddelde jaarlijkse af- en uitspoeling, berekend over de periode 1981 – 2010.

	N- uit en afspoeling (kg/ha/jr)	P- uit en afspoeling (kg/ha/jr)
Referentie	37.3	2.72
Peilgestuurde drainage	37.4	1.93
WH klimaatscenario	35.4	2.32
WH klimaatscenario + peilgestuurde drainage	37.7	1.69

4 Boeren stuw

B4.1 Toelichting van de berekening

Om de effecten van de maatregelen in te schatten zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma SWAP (Kroes *et al.*, 2008). SWAP is een agro-hydrologisch model dat is ontworpen voor berekeningen op perceels- en bedrijfsniveau en voor de verzadigde/onverzadigde zone. Met het model zijn grondwaterstanden, waterafvoer, gewasgroei en drukhoogtes te simuleren. Het is mogelijk om met behulp van bodemfysische variabelen bijvoorbeeld de draagkracht, bewerkbaarheid en aantal natte dagen af te leiden. Laatstgenoemde factoren zijn samen met de gewasgroei relevant voor de effecten op de agrarische bedrijfsvoering. De veldgegevens vormen de basis voor de berekeningen in combinatie met de bodemkaart, de hoogtekkaart, het grondgebruik en de leggergegevens. Door de uitkomsten van twee klimaatreeksen (huidig en WH) te vergelijken wordt het effect berekend op de verandering van de hydrologische situatie voor en na het nemen van maatregelen. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van KNMI'14-scenario WH in 2050.

Modelopbouw

Voor het model is uitgegaan van een zandgrond (Staring bouwsteen B1 op O2) op de overgang van hoger gelegen gronden naar lager gelegen gronden, met een Gt5. Er treedt (lichte) kwel op in de winter en (lichte) wegzijging in de zomer. Het profiel is ontwaterd door een 1,2 meter diepe sloot, en er is uitgegaan van een maaivelds-ligging die niet vlak is, zodat er ook beperkte afvoer optreedt naar de lagere delen van het perceel. In de sloot treedt in het model geen externe aanvoer op; de sloot voert alleen het lokale water af.

Maatregel: plaatsen boerenstuw

Voor de huidige situatie is er van uit gegaan dat de sloot beperkt gestuwd wordt; er is een stuwkromme opgelegd over de bodem van de sloot: alleen bij grotere afvoeren treden er waterstanden op tot 20 cm boven de slootbodem (100 cm-mv). Omdat het gebied hellend is lijkt dit een redelijk, ook al zullen er gebieden zijn waar er meer stuwing in de sloten optreedt. Als maatregel is er stuw geprogrammeerd, die altijd op 31 maart fors omhoog gezet wordt, tot 60cm-mv. Het landgebruik is grasland. Half november gaat de stuw weer open. Idealiter zijn stuwstanden afhankelijk van de toestand van het watersysteem, de grondwaterstand, en de weersverwachtingen.

B4.2 Verwachte effecten op het watersysteem

Voor de maatregel verbeteren bodemconditie zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten te kwantificeren op de grondwaterstanden, de watervraag voor beregening, het aantal dagen dat de percelen berijdbaar zijn (relatie vochttoestand - draagkracht) en de gewasopbrengst (droge stof).

A Grondwaterstanden

In Tabel B4.1 en de grafieken in Figuur B4.1 zijn de gesimuleerde grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.

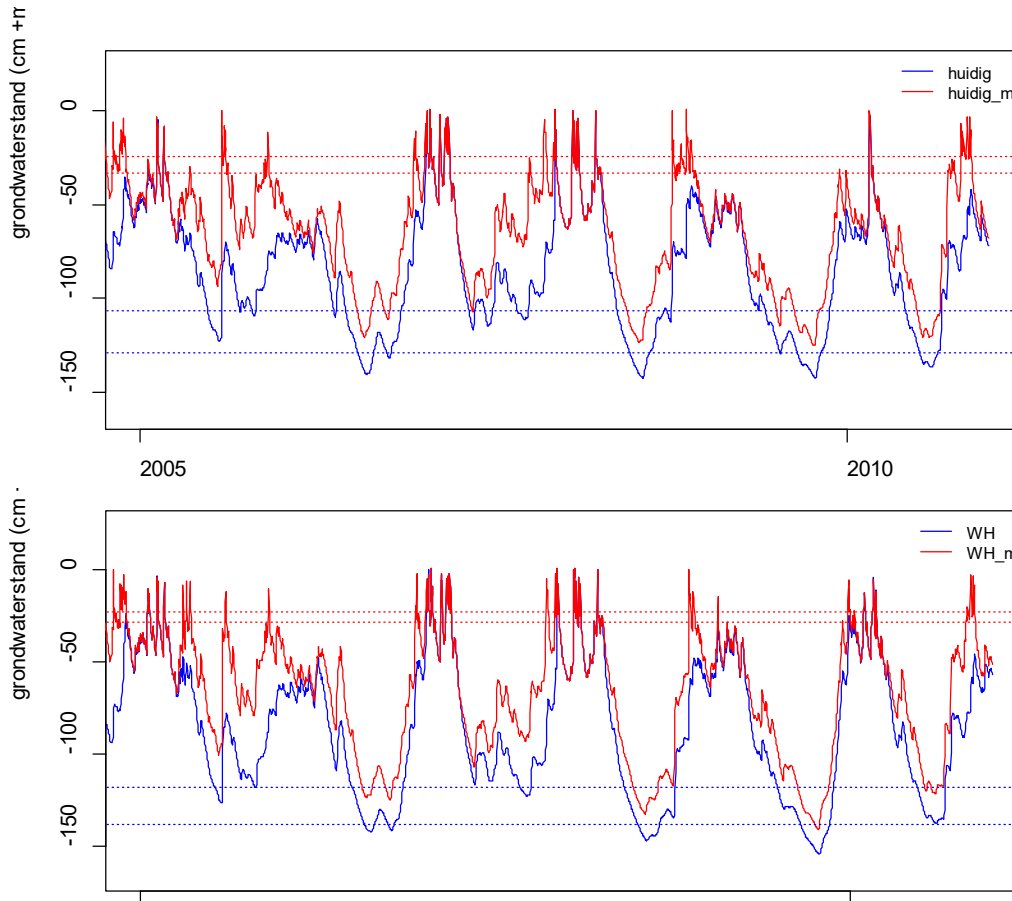
In dit model is het WH klimaateffect duidelijk te zien: in tegenstelling tot de studies voor de drogere gronden wordt de GHG hoger en de GLG toch lager. Dit komt omdat het extra neerslagoverschot in de winter wordt afgevoerd, waardoor de grondwaterstand maar beperkt kan stijgen. Dit terwijl de neerslag in de zomer afneemt en de verdamping toeneemt.

In het model treedt er in de huidige situatie al weinig droogtestress voor het gewas op, terwijl de agrariërs wel aangeven op bepaalde momenten last te hebben van droogte. De stuw opzetten heeft een duidelijk effect op het slootpeil: het water stijgt tot aan de stuw (niet weergegeven). In het model is er ook nog sprake van (zeer lichte) kwel tot 1 juli. Door het doorvoeren van de maatregel stijgt de GHG met 6 tot 10 cm, de GLG stijgt echter meer, met ongeveer 20 cm. Door het invoeren van de maatregel komt de grondwaterstand veel vaker tot aan maaiveld; er is dan ook een zekere 'trade-off' tussen natschade en droogteschade: het peil kan in het voorjaar later omhoog, maar dit betekent ook dat er minder water wordt vastgehouden voor de zomer.

Tabel B4.1

Berekende grondwaterstanden (gemiddeld hoogste en laagste) voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (boeren stuw).

Scenario	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
Huidig klimaat zonder maatregel	33	129
Huidig klimaat met maatregel	24	106
Wh klimaat zonder maatregel	29	138
Wh klimaat met maatregel	23	118



Figuur B4.1 Berekend verloop grondwaterstanden voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (boeren stuw).

B Effecten op de bewerkbaarheid van de bodem

Met SWAP is vanuit de berekende vochtconditie van de bodem berekend hoeveel dagen de bodem bewerkt kan worden in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregel (bij huidig en toekomstig klimaat). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel B4.2.

Volgens het model wordt de bewerkbaarheid drastisch lager. Dat ligt waarschijnlijk aan het rigoureuze peilbeheer dat gemodelleerd is. Bij een ander peilbeheer van de boerenstuw kun je de vernatting beperken, maar dan zal de winst aan de droge kant lager zijn. Het is zoeken naar een goed compromis. In deze tabel met gemiddelden valt de winst niet zo op omdat veel jaren 0 dagen hebben die 'te droog zijn'. Maar de 21 'te droge' dagen in 2006 zijn volgens het model allemaal 'goed beweidbaar' met een boerenstuw.

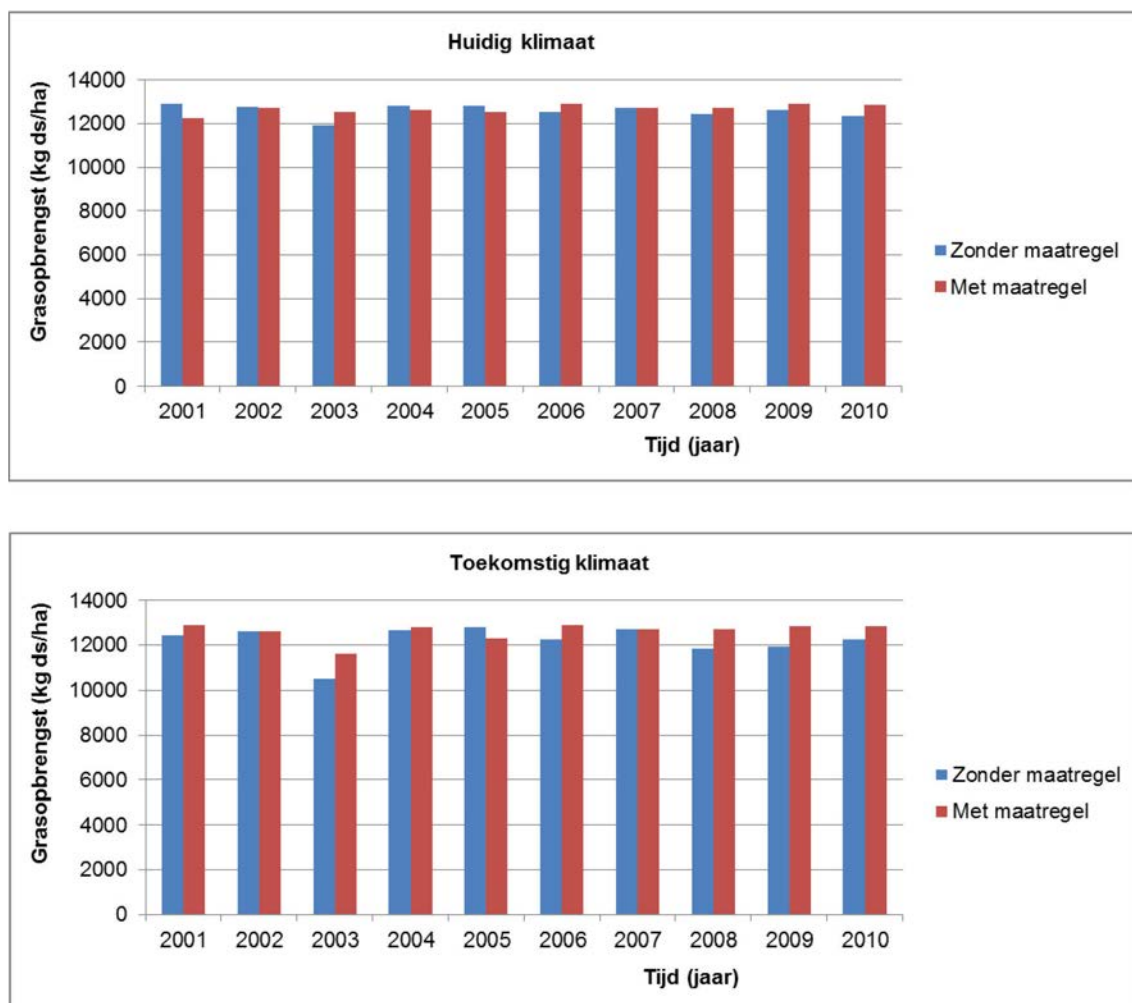
Tabel B4.2

Aantal bewerkbare dagen bodem huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (boeren stuw).

Gemiddeld aantal dagen per jaar met deze bewerkbaarheid	Te nat	Matig beweidbaar	Goed beweidbaar	Te droog
Huidig klimaat zonder maatregel	21	106	143	4
Huidig klimaat met maatregel	43	150	80	0
Toekomstig klimaat zonder maatregel	25	89	147	13
Toekomstig klimaat met maatregel	41	142	87	4

C Gewasopbrengsten

De berekende gewasopbrengsten zijn weergegeven in de grafieken van Figuur B4.2. Het effect van de boerenstuw op de gewasopbrengst is wisselend. Het varieert tussen 5% lagere opbrengst en 11% hogere opbrengst. Ook hiervoor geldt dat een slimmer peilbeheer dan gemodelleerd is een positiever effect zal hebben op de opbrengst. Maar het blijft zoeken naar compromissen tussen droog en nat.



Figuur B4.2 Berekende gewasopbrengsten huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder maatregel (boeren stuw).

Het effect van een boerenstuw hangt sterk af van het beheer van die stuw. in principe werkt een boerenstuw vernattend en het is zaak om die vernatting vooral op te laten treden in droge periodes en te beperken in natte tijden

5 Aanpassen slootprofiel

B5.1 Toelichting van de berekening

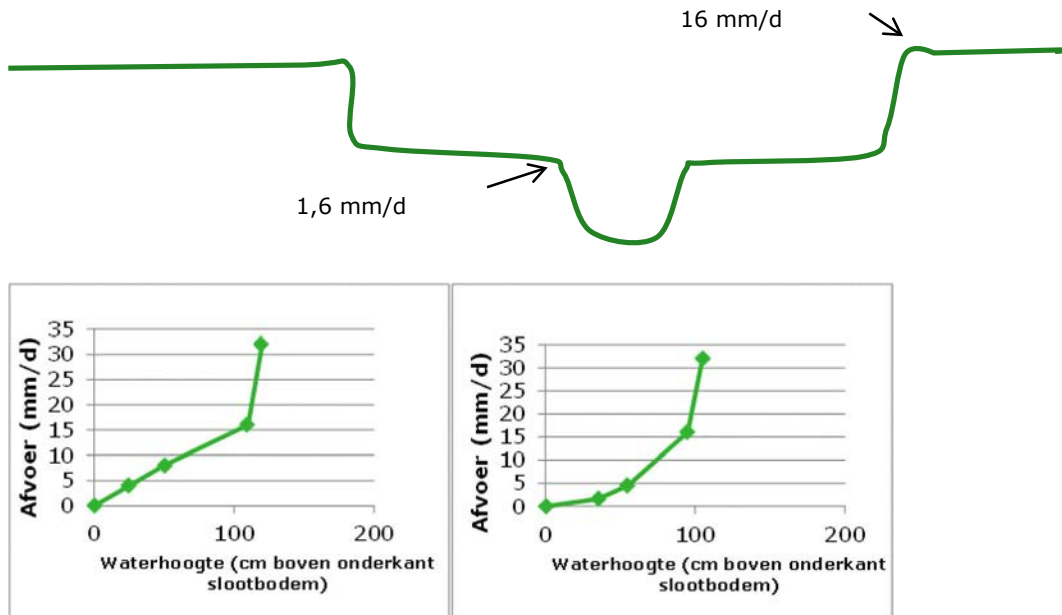
Om de effecten van de maatregelen in te schatten zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma SWAP (Kroes *et al.*, 2008). SWAP is een agro-hydrologisch model dat is ontworpen voor berekeningen op perceels- en bedrijfsniveau en voor de verzadigde/onverzadigde zone. Met het model zijn grondwaterstanden, waterafvoer, gewasgroei en drukhoogtes te simuleren. Het is mogelijk om met behulp van bodemfysische variabelen bijvoorbeeld de draagkracht, bewerkbaarheid en aantal natte dagen af te leiden. Laatstgenoemde factoren zijn samen met de gewasgroei relevant voor de effecten op de agrarische bedrijfsvoering. De veldgegevens vormen de basis voor de berekeningen in combinatie met de bodemkaart, de hoogtekaart, het grondgebruik en de leggergegevens. Door de uitkomsten van twee klimaatreeksen (huidig en WH) te vergelijken wordt het effect berekend op de verandering van de hydrologische situatie voor en na het nemen van maatregelen. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van KNMI'14-scenario WH in 2050.

Modelopbouw

Voor het model is uitgegaan van een zandgrond (Staring bouwsteen B1 op O2) op de overgang van hoger gelegen gronden naar lager gelegen gronden, met een Gt5. Er treedt (lichte) kwel op in de winter en (lichte) wegzijging in de zomer. Het profiel is in de uitgangssituatie ontwaterd door een 1,1 meter diepe sloot (zie specificaties hier onder), en er is uitgegaan van een maaivelds-ligging die niet vlak is, zodat er ook beperkte afvoer optreedt naar de lagere delen van het perceel. In de sloot treedt in het model geen externe aanvoer op; de sloot voert alleen het lokale water af.

Maatregel: Aanpassen slootprofiel

De uitgangspunten voor aanpassing van het slootprofiel zijn weergegeven in Figuur B5.1.



Figuur B5.1 Dwarsdoorsnede aangepast slootprofiel (boven) en waterhoogte-afvoer relatie voor een conventionele sloot (links onderin) en het aangepaste slootprofiel (rechts onderin).

In de huidige situatie is het uitgangspunt 85 cm drooglegging bij halve maatgevende afvoer (8mm/d) en een drooglegging van 60 cm bij maatgevende afvoer en een waterstand tot aan maaiveld bij twee keer maatgevende afvoer (MA), in overeenstemming met het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep Cultuurtechnisch Vademecum, 1987.). Dit levert een min of meer lineair verband op

tussen waterhoogte en afvoer op. Bij slootpeilen boven maaiveld neemt de afvoer snel toe. Het slootpeil staat in een 'normale' wintersituatie (0,2 MA) tussen de 90 en 100 cm-mv. Voor het 'verbeterde' slootprofiel is uitgaan van verondieping van de sloot (van 110 naar 95 cm diep) en een aanpassing van het profiel. Het uitgangspunt is een zgn. 'accoladeprofiel' waarbij de gemiddelde dagelijkse afvoer in de winter (0,2 MA; 1,6 mm/d) optreedt bij een drooglegging van 60 cm. De sloot is nog steeds zo gedimensioneerd dat bij een stand aan maaiveld twee keer maatgevende afvoer optreedt (16 mm/d). De toename in afvoer met de toename in hoogte is meer dan lineair. Om de weerstand van de bedding enigszins te simuleren is bij een waterhoogte van 70 cm uitgegaan van 4,5 mm/d afvoer. De precieze dimensionering zal afhangen van de begroeiing en het exacte profiel. Boven maaiveld neemt de afvoercapaciteit sterk toe.

B5.2 Verwachte effecten op het watersysteem

Voor de maatregel verbeteren bodemconditie zijn berekeningen uitgevoerd om de effecten te kwantificeren op de grondwaterstanden, de watervraag voor beregening, het aantal dagen dat de percelen berijdbaar zijn (relatie vochttoestand - draagkracht) en de gewasopbrengst (droge stof).

A Grondwaterstanden

In Tabel B5.1 en de grafieken in Figuur B5.2 zijn de gesimuleerde grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.

In dit model is het WH klimaateffect duidelijk te zien: in tegenstelling tot de studies voor de drogere gronden wordt de GHG hoger (2 cm) en de GLG toch lager (11 cm). Dit komt omdat het extra neerslagoverschot in de winter wordt afgevoerd en niet in het profiel geborgen kunnen worden, waardoor de grondwaterstand maar beperkt kan stijgen. Tegelijkertijd neemt het neerslagtekort in de zomer toe.

In het model treedt er in de huidige situatie al weinig droogtestress voor het gewas op, terwijl de agrariërs wel aangeven op bepaalde momenten last te hebben van droogte. Het slootpeil in de winter stijgt aanzienlijk. In het normale profiel is het rond de 1 m-mv, in het accoladeprofiel rond de 0,7 m-mv. Door het doorvoeren van de maatregel stijgt de GHG met 8 tot 9 cm, de GLG stijgt met 11 cm.

Tabel B5.1

Berekende grondwaterstanden (gemiddeld hoogste en laagste) voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (aanpassing slootprofiel).

Scenario	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
Huidig klimaat zonder maatregel	24	122
Huidig klimaat met maatregel	15	111
Wh klimaat zonder maatregel	22	133
Wh klimaat met maatregel	14	124

B Effecten op de bewerkbaarheid van de bodem

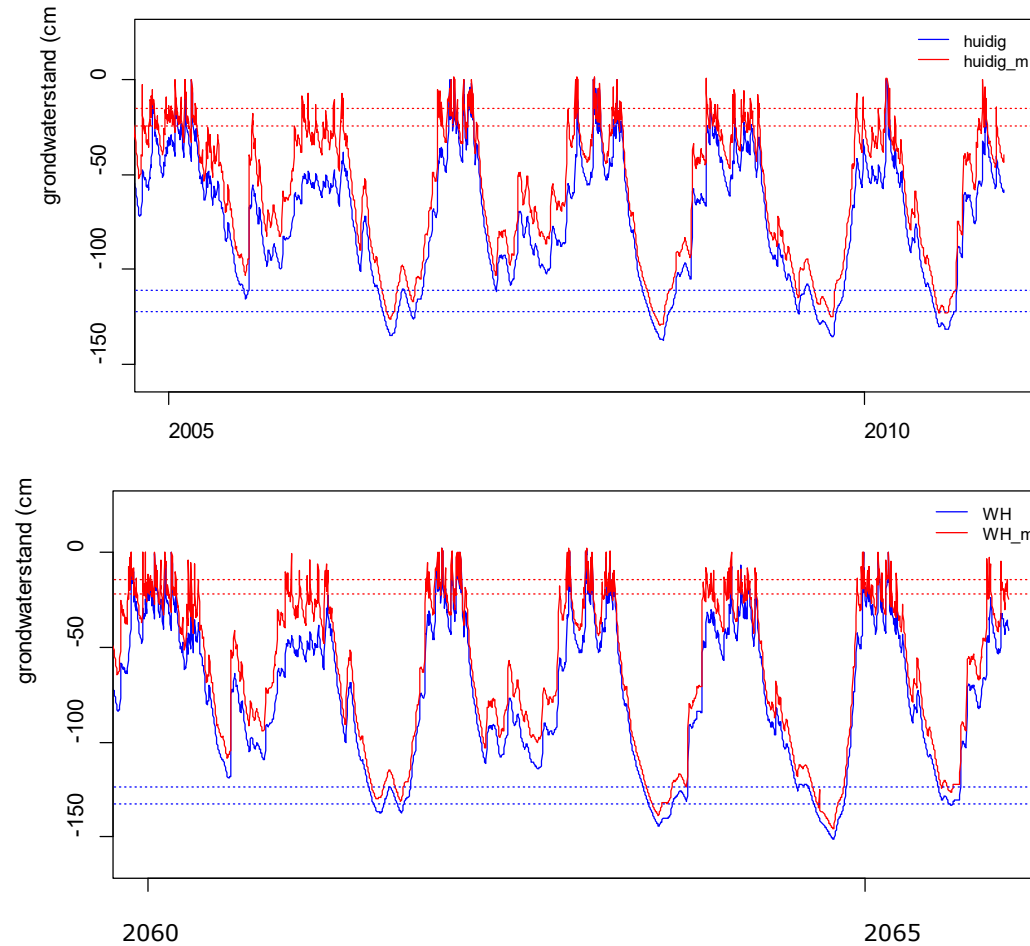
Met SWAP is vanuit de berekende vochtconditie van de bodem berekend hoeveel dagen de bodem bewerkt kan worden in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregel (bij huidig en toekomstig klimaat). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel B5.2.

Door het invoeren van de maatregel komt de grondwaterstand veel vaker tot aan maaiveld en dergelijke waterstanden zijn voor de landbouw ongewenst. Er is dan ook een zekere 'trade-off' tussen natschade en droogteschade. Voor een gedraineerd perceel zou het effect van de maatregel anders zijn geweest.

Tabel B5.2

Aantal bewerkbare dagen bodem huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder de maatregel (aanpassen slootprofiel).

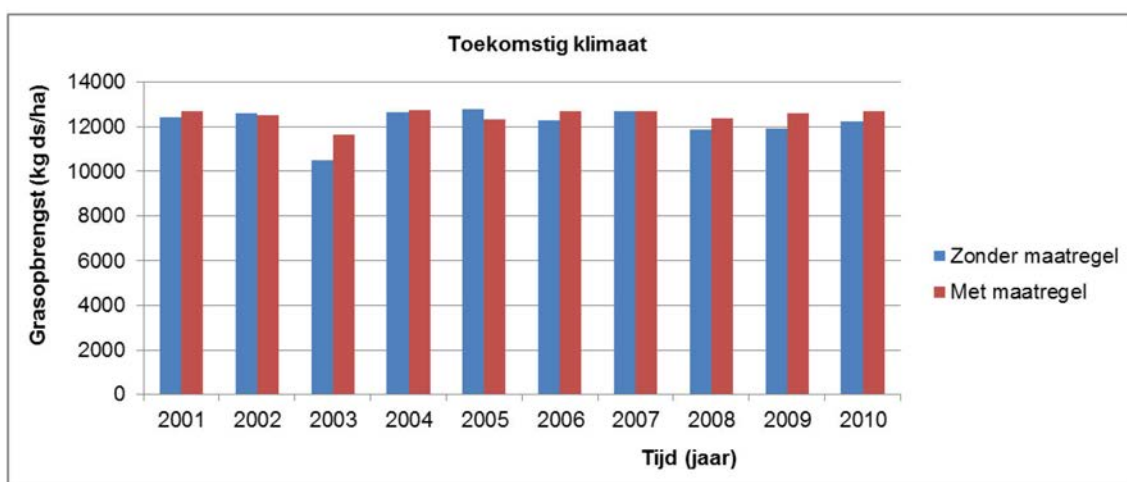
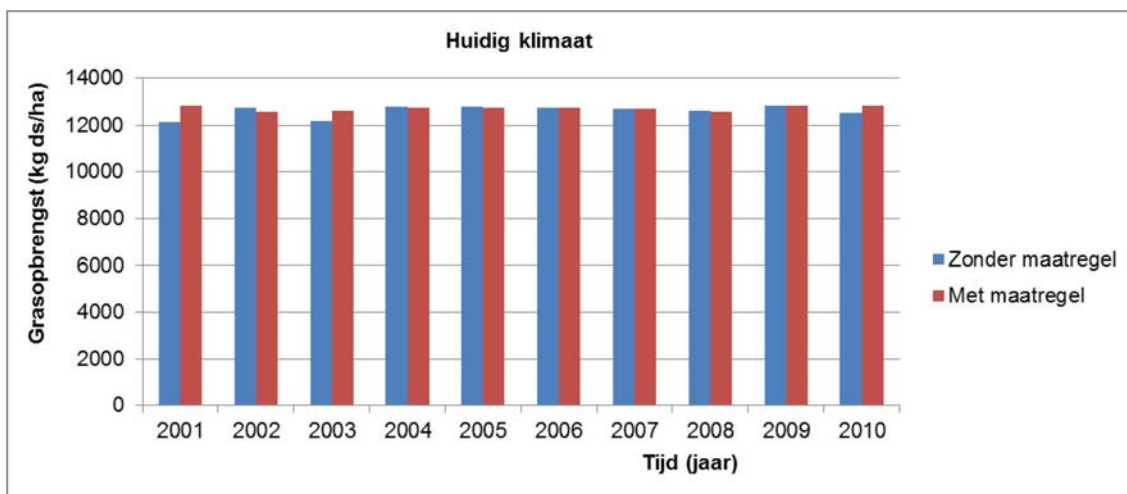
Gemiddeld aantal dagen per jaar met deze bewerkbaarheid	Te nat	Matig beweidbaar	Goed beweidbaar	Te droog
Huidig klimaat zonder maatregel	33	115	123	2
Huidig klimaat met maatregel	59	125	90	0
Toekomstig klimaat zonder maatregel	34	99	130	10
Toekomstig klimaat met maatregel	56	109	102	6



Figuur B5.2 Berekend verloop grondwaterstanden voor het huidige en toekomstige klimaat, met en zonder de maatregel (aanpassing slootprofiel).

C Gewasopbrengsten

De berekende gewasopbrengsten zijn weergegeven in de grafieken van Figuur B5.3. Het effect van een nieuw slootprofiel op de grasopbrengst is beperkt, maar gemiddeld genomen wel positief. Vooral in droge jaren (zoals 2003 in toekomstig klimaat) geeft het model wel een aanzienlijke opbrengstverhoging.



Figuur B5.3 Berekende gewasopbrengsten huidige situatie en toekomstig klimaat met en zonder maatregel (aanpassen slootprofiel).

6 Efficiënter mineralen management

Haalbare reductie bodemoverschotten

Om inzicht te verkrijgen in de bodemoverschotten en de mate waarin deze met maatwerkadvisen zijn te verlagen, zijn Kringloopwijzer data verzameld van de postcodegebieden 79, 83 en 94. Dit zijn de gebieden waar de deelnemers van het project hun bedrijf hebben. De verzamelde dataset bevat informatie over de mineralen boekhouding van in totaal 186 bedrijven en de daaruit berekende bodemoverschotten. Afwisselend is dit informatie over 2013 en 2014. Enkele (8) van deze bedrijven hebben een relatief klein areaal gras + mais (< 60% totale areaal); deze zijn niet in de analyse van de data betrokken omdat ze niet als 'zuivere' melkveebedrijven worden beschouwd. Van de resterende bedrijven zijn de kenmerken samengevat in Tabel B6.1.

Tabel B6.1

Kenmerken melkveebedrijven Kringloopwijzerdata postcodegebieden 79, 83, 94.

grondsoort	Aantal bedrijven	Bedrijven met beweiding
VEEN	14	13
GEMENGD	22	7
KLEI	21	10
ZAND	121	78

Per grondsoort (zoals die voor de gebruiksnormen moet worden gehanteerd) wordt het N en P bodemoverschot weergegeven in Figuur B6.1. Voor stikstofoverschot zijn de bodemoverschotten op veen duidelijk verschillend van de overige bedrijven. Hierbij moet worden aangetekend dat in de berekening van het bodemoverschot de Kringloopwijzer alleen voor veen 225 kg N/ha aan stikstofmineralisatie meerekent als aanvoer. Voor fosfor wordt geen aanvoer via mineralisatie verrekend. Gemengde bedrijven zijn niet in de figuren opgenomen omdat daarin geen uitsplitsing gemaakt kan worden tussen het areaal veen, klei en zand (gemengd houdt in dat het bedrijf op meerdere grondsoorten percelen heeft).

Tabel B6.2 geeft per grondsoort de 10 en 50 percentiel waarde van het bodemoverschot en de gemiddeld haalbaar geachte reductie. Voor klei en veen wordt afgaande van de frequentieverdeling een reductie van grofweg 50 kg N/ha haalbaar geacht. We achten niet het volledige verschil tussen de mediaan en het 10 percentiel haalbaar omdat de variatie die tot uitdrukking komt in het frequentiediagram maar ten dele aan management is toe te schrijven. Voor bedrijven op zand wordt aangenomen dat 100 kgN/ha haalbaar is, gelet op de uitgangspunten van de gebruiksnormen (PRI-rapport 623, 2015). Dit komt in deze dataset overeen met de 40%. Ongeveer 60% van de bedrijven scoort dus boven dit overschot (70 % ligt op 38 kg N/ha). Uitgaande dat deze bijna allemaal uit zouden kunnen komen op een overschot van 100 kg N/ha, wordt een gemiddelde reductie van grofweg 30 kg N/ha haalbaar geacht.

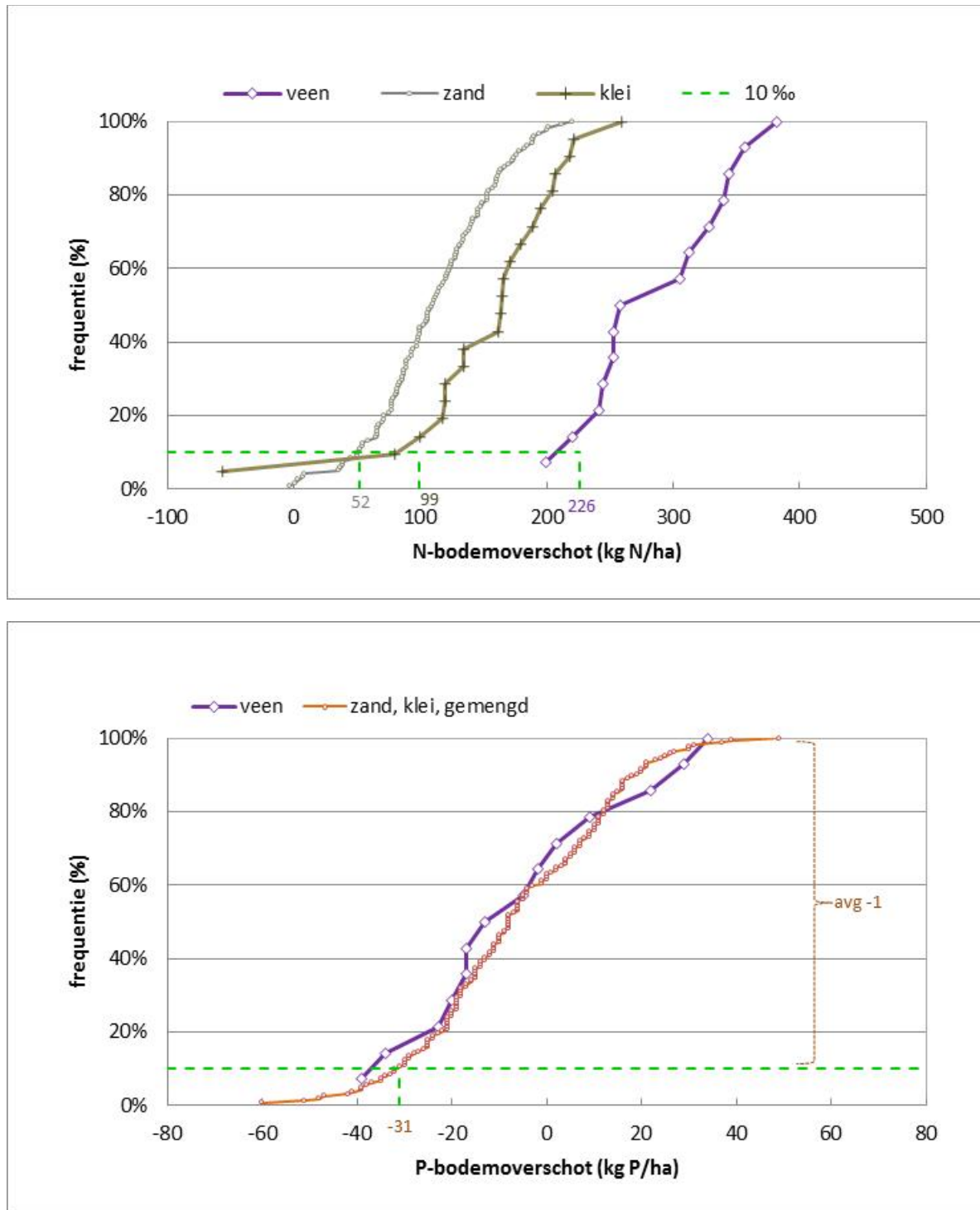
Tabel B6.2

Stikstof bodemoverschot; 10 en 50 percentiel waarden regionale Kringloopwijzerdata en haalbaar geachte reductie een de melkveehouderijen (gemiddeld).

	N-Bodemoverschot (kg N/ha)		
	veen	klei	zand
10 ‰ waarde N-bodemoverschot	226	99	52
50 ‰ waarde N-bodemoverschot	282	165	110
haalbaar geachte reductie	50		30

Voor het mineralenmanagement van melkveebedrijven is stikstof sturend en fosfor vooral volgend. Voor fosfor liggen de gemiddeldes al rond de nullijn (geen overschot). Een verdere afname van

P-overschotten zal voor een agrarisch bedrijf in de regel financieel niet aantrekkelijk zijn. Hierbij speelt mee dat vanaf 2015 geen P-kunstmest meer mag worden toegepast.

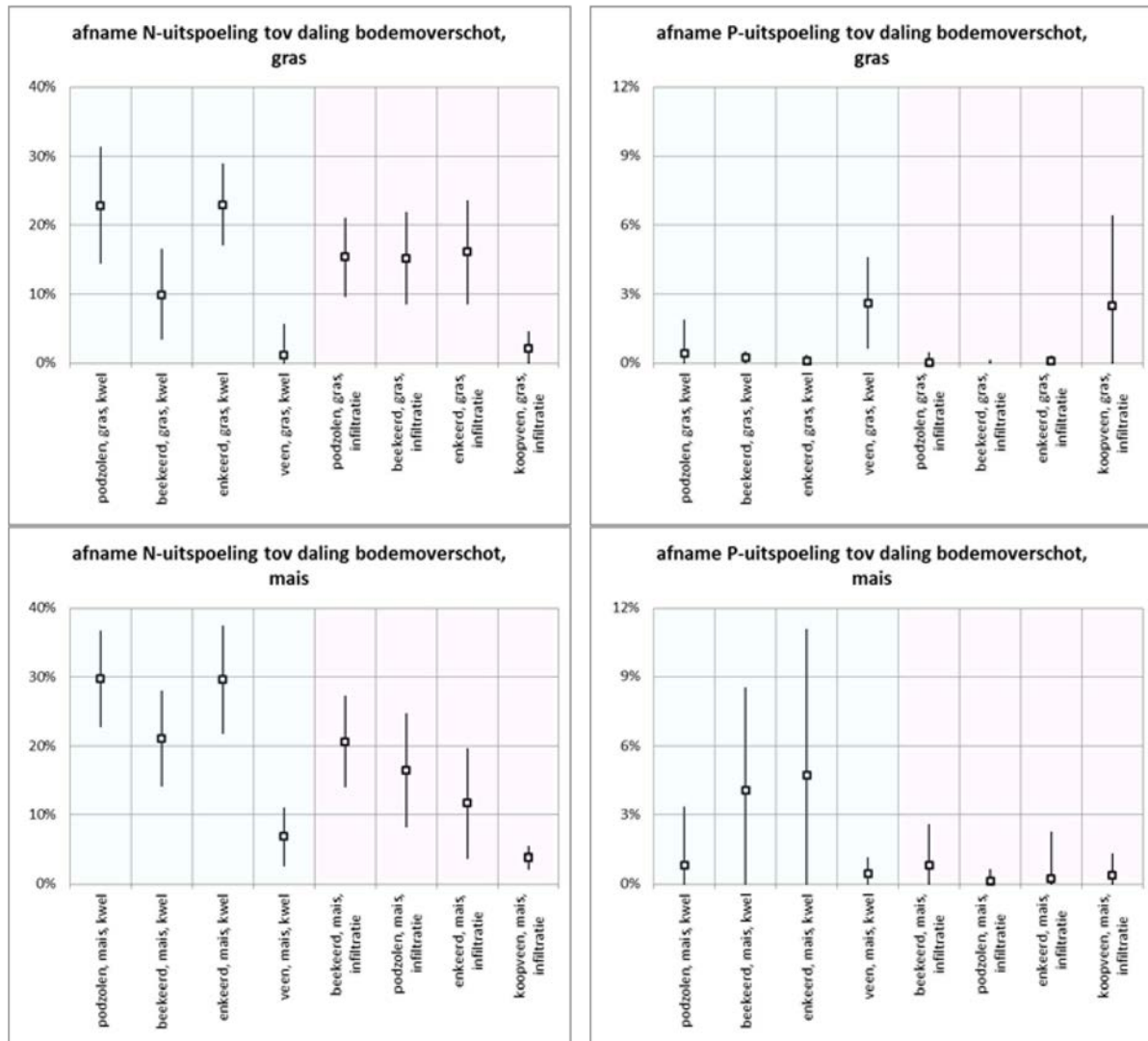


Figuur B6.1 Frequentieverdeling bodemoverschotten regionale Kringloopwijzerdata melkveebedrijven.

Effecten op de uit- en afspoeling

Met het landelijke modelinstrumentarium STONE waarmee de effecten van mestbeleid op de uit- en afspoeling van meststoffen wordt berekend, zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor de mate waarin de uit- en afspoeling verandert als functie van het bodemoverschot. Op basis van deze modelberekeningen zijn meta-relaties afgeleid voor het effect van een lager bodemoverschot op de uit- en afspoeling. Met deze meta-relaties is voor de in dit gebied voorkomende bodem-gewas-

hydrologie combinaties het effect van verlaging van bodemoverschot op de uit- en afspoeling berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur B6.2.



Figuur B6.2

Uit Figuur B6.2 komt naar voren dat een verlaging van het bodemoverschot vooral doorwerkt in een lagere stikstofuitspoeling. Op podzolen en enkeerdgronden met infiltratie werkt een lager overschot voor circa 15 á 25% door in de uit- en afspoeling; 10 kg/ha verlaging N-bodemoverschot geeft dan circa 1,5 (gras) á 2,5 (maïs) kgN/ha lagere uit- en afspoeling. Voor beekerdgronden is dit effect wat kleiner (10 á 20%) en voor veengronden slechts enkele procenten. Voor fosfor geldt dat de uit- en afspoeling sterk wordt gereguleerd vanuit de bodemvoorraad van fosfor veel minder uit actuele P-overschotten. Daarom werkt een verlaging van het bodemoverschot maar enkele procenten door in een verlaagde uit- en afspoeling.

Bijlage 2 Berekening baten extra gewasopbrengsten

Voor de maatregelen is het effect op hogere grasopbrengsten berekend. De meerwaarde van dit gras is niet met behulp van marktprijzen te berekenen, aangezien gras niet veel wordt verhandeld. Het is gebruikelijk om de waarde van deze ruwvoedergewassen te berekenen op basis van de voederwaarde (kVEM per hectare) en een voederwaardeprijs. In een eerder stadium is de hoeveelheid kVEM per hectare berekend op basis van de hoeveelheid droge stof per hectare. De opbrengsten van het verschil in gewasproductie worden berekend door het aantal kVEM te vermenigvuldigen met de kVEM-prijs. Deze opbrengsten moeten nog vermeerderd worden met het aantal DVE per hectare vermenigvuldigd met de gemiddelde eiwittoeslag (DVE-toeslag). Het aantal DVE is berekend op basis van de hoeveelheid kVEM per hectare, uitgaande van de verhouding tussen VEM en DVE in graskuilen (vijfjarig gemiddelde). Dit berekende aantal DVE is vervolgens vermenigvuldigd met de DVE-toeslag. Zowel voor de kVEM-prijs als voor de DVE-toeslag is uitgegaan van het zevenjarig gemiddelde van de voederwaardeprijzen van Rummelink (2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 en 2015). Er is gerekend met een kVEM-prijs van € 0,12 per kVEM en € 0,95 per kg DVE (zie Tabel 3.3).

Tabel B2.1

Energieprijzen en eiwittoeslagprijzen (in eurocenten).

Jaar	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddelde
kVEM	4.8	10.9	15.9	15.6	13.9	11.7	12	12.1
kg DVE-toeslag	102.2	82.9	55	104.3	110.3	111.4	97.2	94.8

Bron: Rummelink, december 2009-2015

In Tabel B2.2 zijn per maatregel achtereenvolgens het verschil in gewasproductie in kVEM per hectare en de baten berekend. De totale baten zijn zowel gebaseerd op de toegenomen waarde in termen van kVEM (kVEM vermenigvuldigd met de kVEM-prijs) en DVE (DVE vermenigvuldigd met de DVE-toeslag). Er is onderscheid gemaakt tussen enerzijds de baten van de maatregel bij maaien of bij maaien én weiden en anderzijds onder het huidige of het toekomstige klimaat.

Tabel B2.2

Baten van maatregelen onder huidig klimaat en toekomstig klimaat bij maaien en weiden.

	Vershil in kVEM/ha	kVEM €/ha	DVE €/ha	Totaal €/ha
Huidig klimaat, maaien				
Verhogen organisch stofgehalte	66	€ 8.03	€ 5.06	€ 13.08
Verbeteren bodemconditie	25	€ 3.00	€ 1.89	€ 4.89
Plaatsen boerenstuwtes	68	€ 8.28	€ 5.21	€ 13.49
Aanpassen slootprofiel	80	€ 9.72	€ 6.12	€ 15.84
Onderwaterdrainage	338	€ 40.92	€ 25.79	€ 66.71
Huidig klimaat, maaien en weiden				
Verhogen organisch stofgehalte	-67	-€ 8.13	-€ 5.13	-€ 13.26
Verbeteren bodemconditie	33	€ 4.03	€ 2.54	€ 6.56
Plaatsen boerenstuwtes	93	€ 11.29	€ 7.12	€ 18.41
Aanpassen slootprofiel	29	€ 3.47	€ 2.18	€ 5.65
Onderwaterdrainage	259	€ 31.34	€ 19.75	€ 51.09
Toekomstig klimaat, maaien				
Verhogen organisch stofgehalte	81	€ 9.75	€ 6.15	€ 15.90
Verbeteren bodemconditie	38	€ 4.66	€ 2.94	€ 7.60
Plaatsen boerenstuwtes	325	€ 39.36	€ 24.80	€ 64.15
Aanpassen slootprofiel	233	€ 28.20	€ 17.77	€ 45.97
Onderwaterdrainage	215	€ 26.04	€ 16.40	€ 42.44
Toekomstig klimaat, maaien en weiden				
Verhogen organisch stofgehalte	69	€ 8.32	€ 5.24	€ 13.56
Verbeteren bodemconditie	31	€ 3.81	€ 2.40	€ 6.21
Plaatsen boerenstuwtes	222	€ 26.86	€ 16.93	€ 43.79
Aanpassen slootprofiel	78	€ 9.42	€ 5.94	€ 15.36
Onderwaterdrainage	170	€ 20.57	€ 12.96	€ 33.53

Bijlage 3 Kansrijke gebieden onderwater drainage en peilopzet

B3.1 Kansrijke gebieden onderwater drainage

Voor de twee stroomgebieden, nl. de Oude Vaart en Vledder en Wapserveensche Aa zijn de kansen voor onderwaterdrainage in beeld gebracht met behulp van karteerbare kenmerken.

Het toepassen van onderwaterdrainage heeft tot doel om de maaiveld daling in veengebieden als gevolg van oxidatie en klink te beperken en daarbij de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater te beperken. De gebieden die kansrijk voor onderwaterdrainage worden geacht, zijn veengronden met hoge grondwaterstanden die door aanwezigheid van kwel niet ver uitzakken en waar wateraanvoer mogelijk is. Hierbij zijn de volgende criteria voor geschiktheid gehanteerd:

1. Grondgebruik is grasland en bouwland (Figuur 2.1).
2. Bodemtype veengrond
3. GT 1,II of III
4. Kwel > 1 mm/d resp. > 0,5 mm/d en/of waar wateraanvoer (via het oppervlaktewater) mogelijk is.

In de figuren B3.1 zijn achtereenvolgens de gebieden aangegeven waar veen voorkomt, de grondwaterstanden niet ver uitzakken, waar wateraanvoer mogelijk is en kwel voorkomt.

De op deze wijze afgeleide kansrijke gebieden voor onderwaterdrainage zijn weergegeven in Figuur B3.2. In Tabel B3.1 zijn de oppervlakten weergegeven.

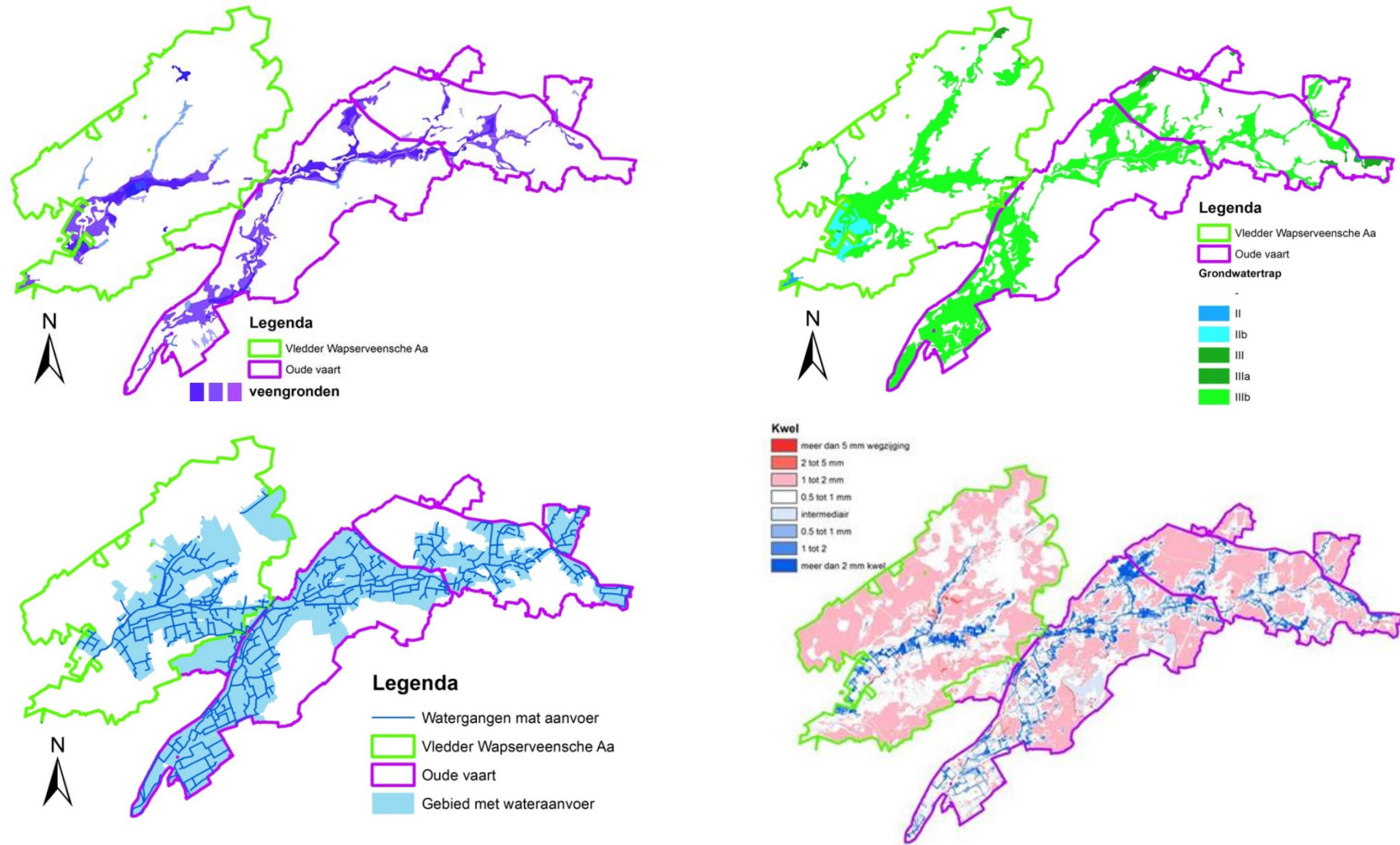
Tabel B3.1

Kansrijke gebieden voor onderwaterdrainage in ha bij kwel 1 mm/d resp. 0,5 – 1 mm/d in de stroomgebieden van de Oude Vaart en de Vledder en Wapserveensche Aa.

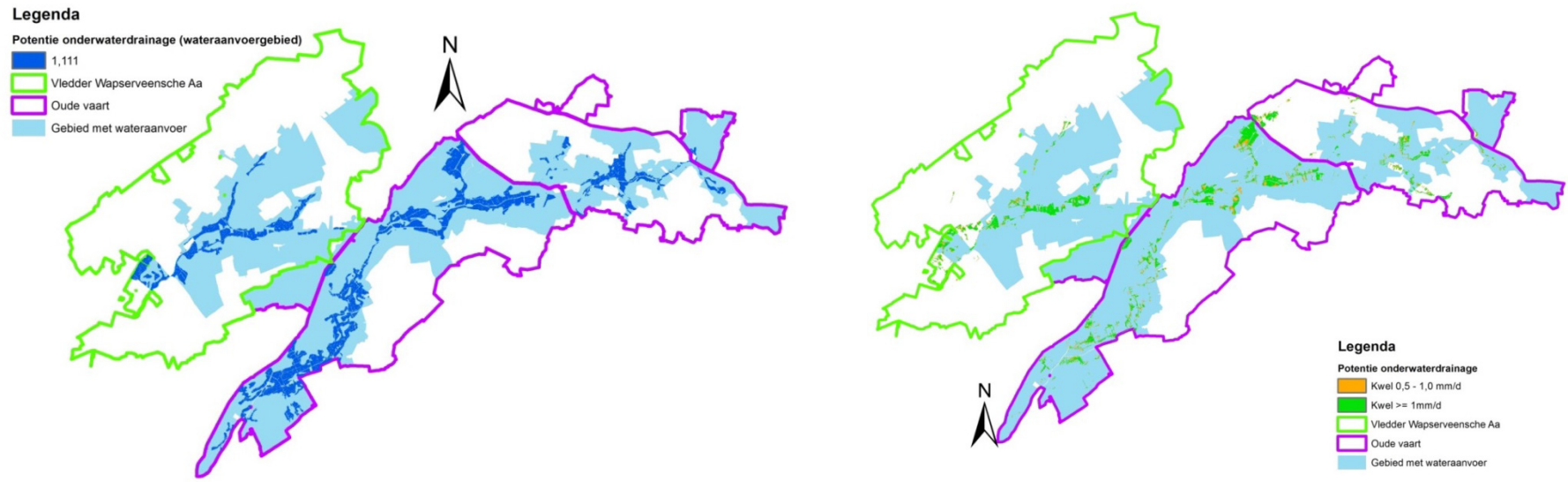
Areaal in ha	Stroom- gebied	Landbouw	Gras en mais	Geschiktheid onderwaterdrainage		
				Kwel > 1 mm/d	Kwel 0,5-1 mm/d	wateraanvoer
Oude Vaart	20975	14731	10502	634	266	2199
Vledder en Wap- serveensche Aa	17913	8922	6491	278	80	644

Het totale areaal dat kansrijk is voor onderwaterdrainage gelet op de kwelintensiteit heeft een oppervlak van 912 ha; als de eis voor de kwel minder streng is nl > 0,5 mm/d dan komt er nog 346 ha bij. Uit Figuur B3.2 blijkt dat in een beperkt deel van het kansrijke gebied op dit moment geen wateraanvoer mogelijk is. In situaties van wateraanvoer kan het zomerpeil worden gehandhaafd, en blijven de drains gedurende de zomer onder water. In West-Nederland worden ook onderwaterdrains toegepast in wegzijgingssituaties. Daarom is ook een kansenkaart gemaakt waarbij het criterium voor de kwelintensiteit is vervangen door de beschikbaarheid van water via wateraanvoer. Het areaal kansrijke gebieden neemt dan toe van 912 ha na 2843 ha.

Tijdens de bedrijfsbezoeken is geconstateerd dat op diverse van de bezochte plekken de percelen natter waren dan op basis van de Grondwatertrappenkaart van het Waterschap was aangegeven. Indien dit structureel zo blijkt te zijn, zal het areaal dat op basis van hier gedane GIS-analyse als geschikt is aangemerkt nog groter zijn.



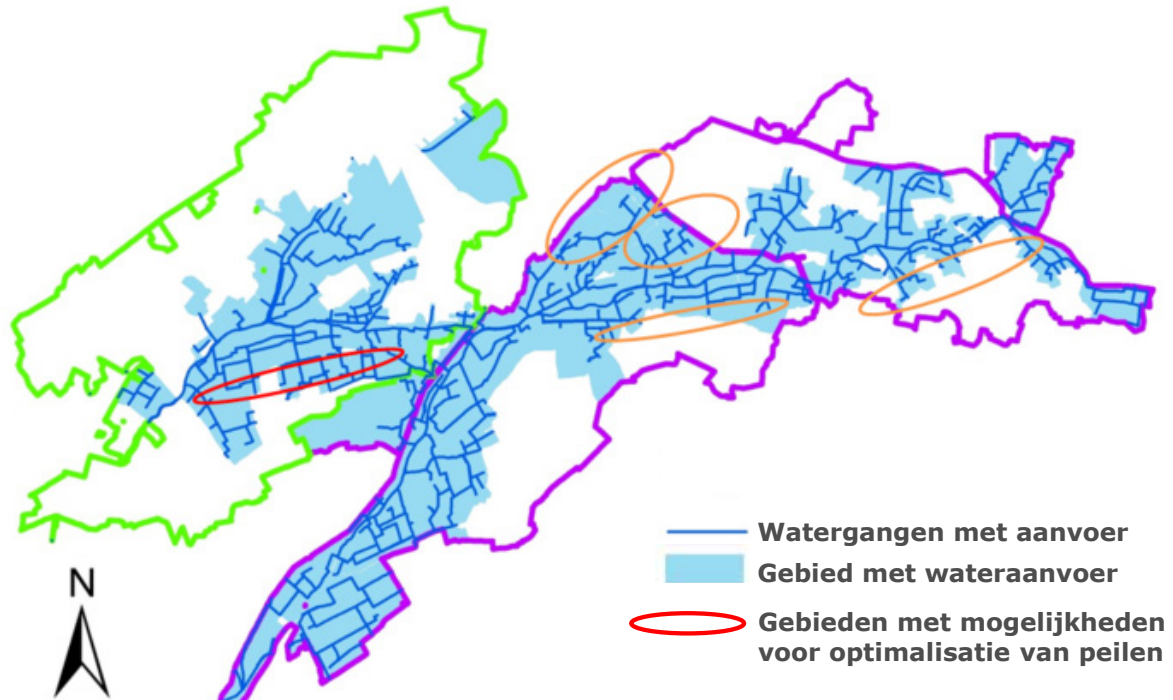
Figuur B3.1 Gebieden met veen, grondwatertrap I-II-III, wateraanvoer en kwel.



Figuur B3.2 Gebieden die geschikt zijn door aanwezigheid van voldoende kwel (links) of door wateraanvoer (rechts).

B3.2 Kansrijke gebieden voor peil aanpassing of een meer dynamisch peil

Op basis van de bedrijfswaterplannen en veldwaarnemingen is een kaart gemaakt waarop kansrijke gebieden zijn aangegeven voor een meer dynamisch peil. In Figuur B3.3 zijn globaal gebieden aangegeven die in aanmerking komen. Of in het veld deze peilen anders worden beheerd dan op de streefpeilenkaart is aangegeven, is niet meegenomen in de afweging. Op de kaart staan dan ook kansen om te zoeken naar verder optimalisatie van de peil (meestal hoger dan in de huidige situatie) en een verder uitwerking van het dynamisch peil.



Figuur B3.3 Kansrijke gebieden optimalisatie van de peilen in de stroomgebieden van de Oude Vaart en de Vledder en Wapserveense Aa.

Het in rood omcirkelde gebied is hooggelegen en hier zijn kansen om hogere peilen (10-20 cm) dan de streefpeilen te hanteren.

De oranje omcirkelde gebieden liggen op de flank van het beekdal. In deze gebieden kan het water langer en beter vastgehouden worden. Ook hier zijn kansen om de streefpeilen te verhogen (10-20 cm). Ook kan in deze gebieden mogelijk eerder worden overgeschakeld naar het zomerpeil. In de kansrijke gebieden voor onderwaterdrainage (zie Figuur B3.2) kan ook het peil verder worden geoptimaliseerd. In deze gebieden kan het winterpeil worden verhoogd (met 20-30 cm). Omdat de opbolling door de drains wordt verlaagd is een peilverhoging mogelijk. Ook kan eerder over gegaan worden op het zomerpeil.

Optimalisatie van het peil bij regionale opschaling van onderwaterdrains zal verder uitgewerkt moeten worden. Onderwaterdrainage kan bij een verkeerd peil ook een verdrogend effect hebben ten opzichte van de huidige situatie. In de huidige situatie in veengronden zakken de zomer grondwaterstanden weg naar 80 cm tot 1 meter onder maaiveld. Om deze reden kan overwogen worden om het zomerpeil te verhogen naar 50-60 cm onder maaiveld. In deze situatie is het wenselijk om een constant peil te behouden.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport XXXX
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2735
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

