



Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden

Effecten op maaiveldaling, broeikasgasemissies en het water

Momenteel is 80% van het westelijk veengebied in gebruik als veenweide. De benodigde drooglegging voor een rendabele melkveehouderij is ongeveer 60 centimeter. Dit veroorzaakt echter maaiveldalings tot 13 millimeter per jaar. Er bestaat daarom een grote behoefte aan oplossingen waarbij de maaiveldaling kan worden beperkt met behoud van een goed perspectief voor de melkveehouderij. In tegenstelling tot peilverhoging lijkt toepassing van onderwaterdrains een oplossing te bieden.

Eind jaren 60 zijn in veel veenweidegebieden de slootpeilen verlaagd; in de westelijke veenweiden tot circa 60 centimeter beneden het maaiveld en in de Friese veenweiden tot 100-150 centimeter. Daardoor zijn de maaiveldalings sterk toegenomen. In het Groene Hart werden maaiveldalings gemeten tot gemiddeld 13 millimeter per jaar (Van den Akker et al., 2007a, Beuving & Van den Akker, 1996); in Friesland tot 24 mm per jaar. Een belangrijke oorzaak van de bodemdaling is dat de grondwaterstand in het midden van een veenweideperceel vele decimeters onder het slootpeil kan zakken. In droge zomers is de verdamping van het gras zo groot, dat de infiltratie vanuit de sloot dit niet kan bijhouden. Daardoor wordt veel 'vers' veen aan uitdroging en zuurstof uit de atmosfeer blootgesteld en daarmee aan oxidatie (biologische afbraak). Uit langjarig onderzoek blijkt dan ook dat de bodemdaling sterk afhankelijk is van de laagste grondwaterstanden die in een veenweideperceel optreden. Van den Akker et al. (2007a) vonden dat een 10 centimeter lagere GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) resulteert in 2,4 mm meer maaiveldaling. Zeker op de lange termijn is oxidatie van veen de belangrijkste oorzaak van de maaiveldaling.

Deze afbraak veroorzaakt ook een grote emissie van de broeikasgassen CO₂ en N₂O. Het International Panel on Climate Change (IPCC) onderscheidt voor de landbouw onder andere de categorie "verhoogde achtergrondemissie van

broeikasgassen uit organische bodems in landbouwkundig gebruik." Een maaiveldaling van 1 millimeter per jaar komt overeen met een CO₂-emissie van 2.259 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Van den Akker et al., 2007a). Per jaar is de CO₂-emissie van de Nederlandse veengebieden in landbouwkundig gebruik 4,25 Mton en de N₂O-emissie uitgedrukt in CO₂-equivalenten 0,51 Mton (Kuikman et al., 2005). Dit vertegenwoordigt ongeveer 2,5% van de Nederlandse CO₂-emissie en staat als zodanig op de Nederlandse broeikasgasbalans van het IPCC.

Het beperken van de maaiveldaling in veenweidegebieden is daarom een beleidsdoelstelling met een hoge prioriteit. Veelal worden slootpeilverhogingen voorgesteld als middel om maaiveldalings te beperken (VROM et al., 2006). Dit gaat ten koste van de melkveehouderij, terwijl een rendabele melkveehouderij wordt gezien als een essentiële randvoorwaarde voor de realisatie van een vitaal platteland en behoud van het cultuurhistorische open veenweidelandschap (provincie Zuid-Holland et al., 2009). Om een rendabele melkveehouderij te behouden wordt als alternatief voor peilverhogingen gedacht aan toepassing van onderwaterdrains.

Werking onderwaterdrains

Onderwaterdrains zijn drains die om de vier tot zes meter worden gelegd op ongeveer tien tot twintig centimeter

JAN VAN DEN AKKER,
ROB HENDRIKS, IDSE
HOVING & MATHEIJS
PLEIJTER

Ir. J.J.H. van den Akker Alterra
Wageningen UR, Postbus 47, 6700
AA Wageningen
janjh.vandenakker@wur.nl
Ir. R.F.A. Hendriks Alterra
Wageningen UR
Ir. I.E. Hoving Livestock
Research Wageningen UR
Ing. M. Pleijter Alterra
Wageningen UR

Foto **Bas van de Riet** bunker uit de Tweede Wereldoorlog in de Bethunepolder nabij Utrecht. Door bodemdaling zijn de fundamenten bloot komen te liggen.

onder het slootpeil. In droge perioden kan het slootwater zo via de drains het veenweideperceel infiltreren. Door die infiltratie wordt voorkomen dat het grondwater in het midden van de veenweidepercelen diep onder het slootpeil zakt. In natte perioden draineren onderwaterdrains juist en voorkomen zo dat het grondwater tot aan het maaiveld stijgt. De grond blijft daardoor droger en heeft een betere draagkracht. Voor de melkveehouderij levert dit een belangrijke toename van de bedrijfszekerheid op, omdat het land eerder kan worden bereiden, beweiding eerder en langer kan plaatsvinden en berijding- en vertrappingschade wordt beperkt. Daarnaast wordt er minder water – met daarin vaak meststoffen – via afspoeling en de graszode naar de greppel en sloot afgevoerd. De verbeterde drainage kan ook een alternatief zijn voor gebieden waar aanpassing van het slootpeil (verlaging) aan de maaiveldaling niet meer mogelijk is en biedt zelfs de mogelijkheid om het slootpeil te verhogen, zonder veel nadelen voor de landbouw.

De afgelopen jaren is een serie van onderzoeken verricht om vast te stellen:

- of onderwaterdrains inderdaad de maaiveldalingen beperken met behoud van een rendabele melkveehouderij;
- en wat de effecten zijn op waterkwantiteit (onder andere inlaatbehoefte) en waterkwaliteit.

De onderzoeken bestaan uit veldproeven en modelstudies op perceel- en polderniveau. De veldproeven zijn vooral gebruikt voor bepaling van de effectiviteit van onderwaterdrains wat betreft beperking van maaiveldalingen (en uitstoot van broeikasgassen) en voor bepaling van de effecten op het agrarische bedrijfsresultaat. De modelstudies zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de effecten van onderwaterdrains op de waterkwantiteit en de waterkwaliteit.

Veldproeven

De veldproeven zijn uitgevoerd op drie locaties: Zegveld, Linschoten en polder Zeevang

Zegveld

Op het Praktijkcentrum Zegveld zijn in de herfst van 2003 vier proefpercelen aangelegd. De grondsoort is veen (koopveengrond). De toplaag bestaat voornamelijk uit organisch materiaal dat slechts een beperkte hoeveelheid minerale delen (zand en klei) bevat. Daarmee is deze grond representatief voor een groot deel van de veengronden in het veenweidegebied.

Op de proefpercelen zijn onderwaterdrains aangelegd op onderlinge afstanden van 4, 8 en 12 meter, zowel buisdrains met een doorsnee van 6 centimeter als eenvoudige molldrains. Bij molldrains wordt een torpedovormig lichaam (de ‘mol’) door de grond getrokken zodat een ‘mollengang’ ontstaat die dienst doet als drain zonder buis. Daarnaast is per perceel een deel als referentie zonder drains ingericht. Twee percelen hebben een relatief hoog slootpeil van 15 à 20 centimeter beneden maaiveld (cm -mv) en twee percelen een laag slootpeil van 55 à 60 cm -mv. Toepassing van onderwaterdrains bij een slootpeil van 15 à 20 cm -mv zal in de praktijk leiden tot te natte percelen voor een goede bedrijfsvoering en is in dit geval alleen toegepast om een extreme situatie te beproeven. Het slootpeil van 55 à 60 cm -mv komt goed overeen met de praktijk in het westelijk veenweidegebied. De drains liggen ongeveer 20 centimeter beneden het slootpeil, zodat enige fluctuatie in slootpeil en zelfs een geringe peilverlaging nog mogelijk is zonder dat de drains droog komen te vallen.

Bij één perceel met een hoog slootpeil (Zegveld 13) en één met een laag peil (Zegveld 3) zijn tot een diepte van circa 1,20 meter grondmonsters genomen waaraan verzaadigde en onverzadigde doorlatendheden, waterretentie- en krimpcharacteristieken en afbraakcoëfficiënten zijn bepaald. Gedurende twee jaar zijn maandelijks bodemvocht- en slootwatermonsters genomen en N, P, S, Fe, Al, pH en DOC bepaald. Bij Zegveld 3 zijn in- en uitstroming gemonitord wat betreft waterkwantiteit en -kwaliteit. Op

alle percelen zijn gedurende vier jaar tweewekelijks de grondwaterstanden gemeten zowel tussen de drains als op de referentiedelen. Bij alle percelen zijn bij elke drainafstand en op de referentiedelen proefstroken aangelegd voor bepaling van de grasopbrengsten. Daarbij zijn twee stikstofbemestingsniveaus gehanteerd: praktijkniveau (N1) en geen bemesting (No).

Voor bepaling van de maaiveld dalingen is elk voorjaar in de periode eind februari-half april de hoogte van het maaiveld om de twee meter gemeten. Dat gebeurde langs drie vaste dwarsraaien. Bij de referentiedelen is de onderlinge afstand tussen de raaien 10 meter. Bij de gedeelten met onderwaterdrains zijn de raaien halverwege tussen de drains gelegd. In het vroege voorjaar is de gewasverdamping nog niet begonnen en is het veen maximaal gezwollen. Daarmee wordt zoveel mogelijk voorkomen dat een tijdelijke maaiveld daling door reversibele krimp wordt gemeten. Deze kan in een zeer droog jaar oplopen tot wel 10 centimeter. De hoogtemetingen op de referentiedelen van de percelen Zegveld 3 en Zegveld 13 sluiten aan op een monitoring van de maaiveld daling van deze percelen gedurende meer dan 35 jaar (Beuving & Van den Akker, 1996).

Linschoten

Nabij Linschoten is in 2005 op het bedrijf van Van Leeuwen een proefveld aangelegd deels met en deels zonder onderwaterdrains. Het betreft hier buisdrains met een doorsnede van 6 centimeter en onderlinge afstand van 6 meter. De grondsoort hier is waardveen, een veengrond met een kleidek van circa 35 cm. Deze grond representeert ongeveer 20% van de Nederlandse veengronden en zelfs 45% indien de aanverwante weideveen- en meerveengronden worden meegenomen.

Het meetprogramma komt nagenoeg overeen met dat op het Praktijkcentrum Zegveld. Er is bij de opbrengstbepa-

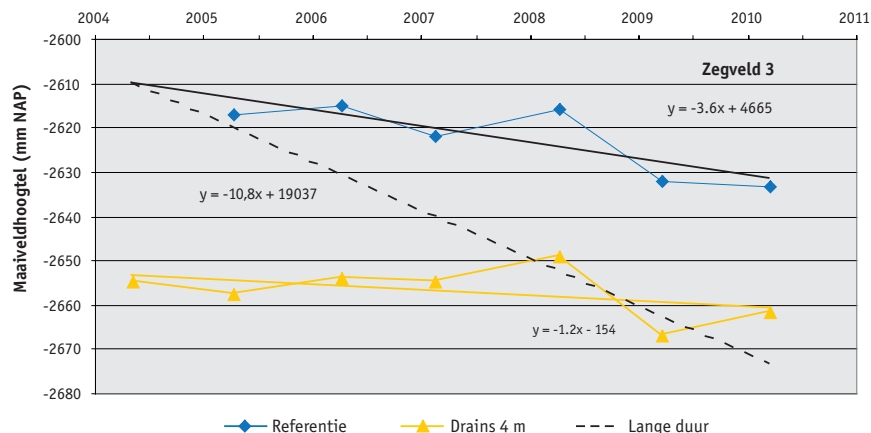
ling echter alleen met praktijkbemesting gewerkt en niet met nulbemesting.

Polder Zeevang

In 2006 zijn hier op twee bedrijven onderwaterdrains met een doorsnee van 6 centimeter aangelegd op een koopveengrond, dezelfde grondsoort als bij het Praktijkcentrum Zegveld. Bij het bedrijf Bakker is de aanleg van de onderwaterdrains gecombineerd met een slootpeilverlaging van 20 tot 60 cm -mv. Bij het bedrijf Steenman is de drooglegging juist verkleind van 80 naar 60 cm. De onderwaterdrains zijn om de 6 meter dwars op de perceelrichting aangelegd met een lengte van 40 meter. Daarnaast zijn ze op een aantal percelen in de lengterichting aangelegd met lengten van 120, 350 en 450 meter en onderlinge afstanden van 6 à 7 meter. De metingen zijn beperkt tot tweewekelijkse grondwaterstandmetingen en jaarlijkse hoogtemetingen van 2007 tot 2009. In 2007 en 2008 zijn de grasopbrengsten bepaald bij praktijkbemesting (N1) en zonder bemesting (No).

Effectiviteit beperking maaiveld dalingen

Ervaring leert dat minstens gedurende zes jaar moet worden gemeten om een trend te kunnen vastleggen (Beuving & Van den Akker, 1996). Alleen op proefpercelen in Zegveld is dit het geval. Figuur 1 toont de maaiveldhoogten van perceel Zegveld 3 in de periode 2004-2010 gemeten op het referentiedeel en het deel met drains om de 4 meter. De maaiveld daling blijkt sterk te zijn beïnvloed door het feit dat 2003 een zeer droog jaar was en de jaren daarna allemaal matig of erg nat. Door de grote droogte in 2003 was het veen in het voorjaar van 2004 nog niet helemaal opgezwollen. Het had de potentie om in latere jaren nog hoger te komen liggen. Deze specifieke omstandigheden resulteerden in een gemiddelde maaiveld daling van de referentie van 3,6 millimeter per jaar, terwijl



Figuur 1 maaiveldhoogte 2004-2010 Zegveld 3 zonder en met onderwaterdrains om de 4 meter. De trend van de maaiveld-daling op de lange duur is 10,8 millimeter per jaar.

Figure 1 surface level 2004-2010 Zegveld 3 with and without submerged drains. The long term subsidence is 10.8 mm per year.

vanaf 1970 het langjarig gemiddelde op 10,8 millimeter ligt (Beuving & Van den Akker, 1996). Het effect van het nog verder opzwellen na 2003 laat zich ook goed zien bij de hoogtemetingen tussen de drains. De maaiveld-daling is maar 1,2 millimeter per jaar en in de lente van 2008, na het zeer natte jaar 2007, was de maaiveldhoogte zelfs hoger dan bij de beginmeting in 2004. Niettemin is het duidelijk dat de maaiveld-daling tussen de drains om de 4 meter slechts een derde is van de maaiveld-daling van de referentie zonder drains.

Vanaf 2006 is in Linschoten het referentiedeel met 11 millimeter in vijf jaar gezakt en het deel met drains om de 6 meter met 1 millimeter gestegen. Dit is een eerste aanwijzing dat de toepassing van onderwaterdrains ook bij deze waardveengrond de maaiveld-daling beperkt. De meetperiode is echter te kort en de maaiveld-daling te klein om gedegen uitspraken te doen.

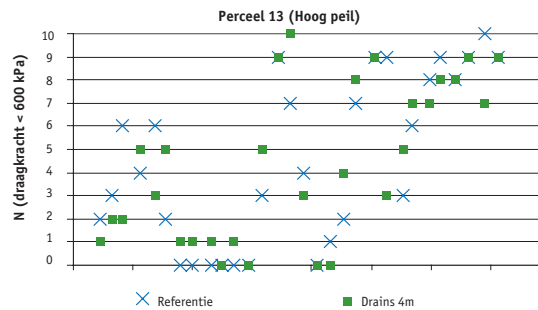
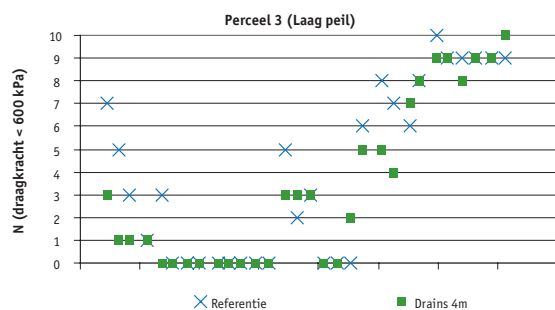
In de polder Zeevang is de meetperiode (2007 – 2009) te kort om uitspraken over maaiveld-dalingen te kunnen doen. De conclusie is dat toepassing van onderwaterdrains de maaiveld-daling sterk kan beperken, maar voortzetting van de hoogtemetingen is noodzakelijk om dit verder te onderbouwen.

Effectiviteit beperking broeikasgassen

Een maaiveld-daling van 1 mm per jaar komt in totaal overeen met een broeikasgasemissie van 2.530 kg CO₂ eq ha⁻¹ jr⁻¹. De gemiddelde langjarige broeikasgasemissie van het proefperceel Zegveld 3 is 27.300 kg CO₂ eq ha⁻¹ jr⁻¹. Door toepassing van onderwaterdrains kan dit worden teruggebracht tot een derde: 9.100 kg CO₂ eq ha⁻¹ jr⁻¹. Bij Zegveld 3 zou 16,3 ton CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹ bespaard kunnen worden. Voor veengronden zijn nog geen emissierechten vastgesteld, maar uitgaande van de waarde in andere sectoren (€ 13 per ton CO₂) zou dit neerkomen op € 211. Hiermee zouden de kosten voor de onderwaterdrains meer dan gedekt worden en zelfs een kleine winst worden gemaakt. Alleen al de maatschappelijke winst van CO₂-reductie zou de aanleg van onderwaterdrains rechtvaardigen.

Effect op rendabiliteit melkveehouderij

De maaiveld-daling is niet uniform over het perceel. Vooral bij brede percelen is de maaiveld-daling in het middendeel groter dan aan de randen dicht bij de sloot en daardoor ontstaat een holle ligging. Bij een relatief grote wegzijging is dit effect nog sterker. Door de holle ligging ontstaan stroken land die langdurig nat zijn en weinig draagkracht hebben, waardoor het perceelbeheer complexer wordt. Ook tussen percelen onderling kunnen de verschillen in maaiveld-daling groot zijn door verschillen in drooglegging en breedte van de percelen en in samenstelling van de bovengrond met meer of minder klei en zand. Onderbemalingen op delen van het bedrijf maken die verschillen alleen maar groter. Toepassing van onderwaterdrains zorgt er niet alleen voor dat de maaiveld-daling (meer dan) gehalveerd wordt, maar ook dat de resterende maaiveld-daling gelijkmatiger verdeeld is, zodat er geen holle percelen ontstaan. Deze lange termijn voordelen wat betreft maaiveld-daling zijn voor de melkveehouderij niet voldoende om de aanleg van onderwaterdrains op korte termijn rendabel te maken.



Onderwaterdrains hebben echter nog een ander effect. In natte perioden draineren zij het perceel en toppen de hoogste grondwaterstanden af waardoor de draagkracht verbetert. Toepassing van onderwaterdrains leidt tot verhoging van het aantal dagen waarop het land kan worden beweide of bereiden. Of de toepassing van onderwaterdrains daardoor rendabel wordt is onderzocht door Hoving *et al.* (2008; 2009) op Praktijkcentrum Zegveld en op de twee praktijkbedrijven in de polder Zeevang.

De resultaten van de proefpercelen bij Zegveld geven aan dat moldrains niet of nauwelijks draineren en daarom landbouwkundig geen waarde hebben. Bij extra vernatting voor de ontwikkeling van natte natuur kunnen moldrains wel interessant zijn. Buisdrains blijken zowel te draineren als te infiltreren. Hun functioneren was daarbij sterk afhankelijk van het slootpeil. De drainerende functie was bij het lage peil van 55 cm -mv sterker dan bij het hoge peil van 15 à 20 cm -mv. Voor de infiltratie gold het omgekeerde. In het algemeen waren de effecten groter bij een kleinere drainafstand. Het drainerende effect bij het lage peil was relatief groter dan het infiltrerende effect bij het hoge peil. Dit kwam niet alleen door de gehanteerde slootpeilen, maar was ook een gevolg van een relatief gering aantal perioden met een neerslagtekort in de jaren 2004-2007. Uit draagkrachtmetingen in 2004 blijkt dat de toepassing van onderwaterdrains inderdaad leidt tot

toename van de draagkracht, zelfs bij een hoog peil, zie figuur 2.

De grasopbrengst werd zowel bij het lage als hoge peil negatief beïnvloed door een lagere N-levering van de bodem (lagere opbrengst onbemest). De lagere N-levering bij de perceeldelen met onderwaterdrains duidt op een verminderde veenafbraak. Bij het lage peil wordt de lagere stikstoflevering door de bodem ruim gecompenseerd door een hogere benutting van de stikstof uit de bemesting. Deze verminderde mineralisatie en betere benutting betekenen dus een duidelijke milieuwinst.

Evenals bij de proef in Zegveld werd bij beide bedrijven in de polder Zeevang een verlaging van de N-mineralisatie gemeten wat duidt op minder veenafbraak.

Voor drie varianten zonder onderwaterdrains en een variant met drains zijn bedrijfseconomische berekeningen uitgevoerd, zie tabel 1. Variant a was daarbij de referentiesituatie. De verhogingen van de loonwerkkosten voor de varianten a en b komen overeen met de praktijk van de melkveehouderij in het veenweidegebied. Door de natere omstandigheden bij deze varianten ten opzichte van c en g wordt namelijk de capaciteit voor mest uitrijden en voederwinning beperkt, wat zich uit in hogere tarieven.

Puur economisch gezien is variant b (een drooglegging van 60 centimeter zonder drains) rendabeler dan variant c2 (een drooglegging van 60 centimeter met drains).

Figuur 2 aantal malen (N) met onvoldoende draagkracht (< 600 kPa) van 10 draagkrachtmetingen per week in de periode april tot december 2004 bij percelen van het proefbedrijf Zegveld met een laag peil (perceel 3, drooglegging circa 55 cm) en een hoog peil (perceel 13, drooglegging 15 - 20 cm), Hoving *et al.* (2008).

Figure 2 number of times (N) an insufficient bearing capacity (< 600 kPa) was measured during 10 measurements per week between April and December 2004 on parcels in Zegveld with freeboard of 55 cm (parcel 3) and with a freeboard of 15-20 cm (parcel 13), Hoving *et al.* (2008).

correctie voerprijs (%)	-25		0		50		zelfvoorziening
	nee	ja	nee	ja	nee	ja	
a) geen drains, drooglegging 20 cm	0	0	0	0	0	0	76%
b) geen drains, drooglegging 60 cm	-155	-194	-208	-247	-314	-353	88%
c) drains, drooglegging 60 cm	-179	-258	-247	-325	-381	-459	100%
c2) variant c inclusief kosten drains	-14	-93	-82	-160	-216	-294	100%
g) geen drains, drooglegging 80 cm	-143	-221	-210	-288	-345	-423	100%

Tabel 1 mate van zelfvoorziening voor ruwvoer en verschil in totale kosten (€ ha⁻¹) voor vier varianten. De berekeningen zijn gemaakt voor de jaren 1992-2001 en houden rekening met lagere en hogere voerprijzen en hogere loonwerkkosten in varianten a en b (respectievelijk +20% en +10%). De kosten van de drains bedragen € 165 ha⁻¹ jr⁻¹ (Hoving *et al.*, 2009).

Table 1 Rate of self-sustenance for feed and differences in total costs (€ ha⁻¹) for four scenarios. Calculations are for 1992-2001 and take account of lower and higher prices for fodder and higher costs for subcontracting in situations a and b (+20% and +10% respectively). The costs of the drains are € 165 ha⁻¹ jr⁻¹ (Hoving *et al.*, 2009).

Echter, dan moet bij variant b wel het slootpeil regelmatig worden aangepast aan de maaiveld daling, omdat anders op den duur de drooglegging en daarmee de rendabiliteit terugloopt. Zo zal in 25 jaar het maaiveld met circa 25 centimeter dalen en de drooglegging nog slechts 35 centimeter zijn. Bij variant c, met drains, is de maaiveld daling zeker gehalveerd en is de drooglegging na 25 jaar nog 47,5 centimeter. Met drains is deze drooglegging nog voldoende om minimaal nog net zo rendabel te zijn als de oorspronkelijke variant b met een drooglegging van 60 centimeter zonder drains (Hoving *et al.*, 2009).

Effect op waterkwantiteit

Toepassing van onderwaterdrains heeft tot gevolg dat de grondwaterstand dicht rond het slootpeil schommelt en het grondwater-/oppervlaktewatersysteem snel en effectief reageert. De verwachting is dan ook dat een polder met onderwaterdrains meer water moet afvoeren en inlaten dan een polder zonder drains. Hoeveel extra is echter onbekend en ook onbekend is of die extra hoeveelheid kan worden beperkt door een grotere fluctuatie van het slootpeil (flexibel en dynamisch peil) toe te staan of door meer open water te creëren. Om hier meer inzicht in te krijgen hebben Jansen *et al.* (2009) en Jansen en Querner (dit nummer) een modelstudie uitgevoerd. Hiermee zijn scenario's doorgerekend met verschillende peilstrategieën zonder en met onderwaterdrains (zie tabel 2). Voor scenario's met onderwaterdrains is een 10 centimeter hoger streefpeil aangehouden dan voor de andere scenario's



Foto Jan van den Akker

om recht te doen aan de primaire functie van deze drains: beperking van de maaiveldddaling. De verwachting is dat ook bij dit hogere peil de voordelen van onderwaterdrains voor de melkveehouderij grotendeels worden behouden. Uit de vergelijking van scenario 1 en 2 blijkt dat toepassing van onderwaterdrains en een 10 centimeter hoger streefpeil leidt tot een relatief grote toename van de hoeveelheid in te laten water in de zomer; in absolute zin (39 millimeter per jaar) valt die toename wel mee. Het effect op de afvoer in de winter is beperkt. Bij scenario 5 (regulier+) is naast een iets grotere fluctuatie van het streefpeil (± 5 centimeter) de oppervlakte open water uitgebreid van 12% naar 20% van het totaal. Uit de modelresultaten blijkt dat deze maatregelen effectief zijn, echter het vergroten van de oppervlakte open water zal in de praktijk niet eenvoudig zijn.

Flexibel peilbeheer houdt in dat de fluctuatie rond het streefpeil ± 10 centimeter is. In de zomer mag het slootpeil tot 10 centimeter onder het streefpeil zakken en daarmee is het een effectief middel om de inlaat in hoge mate te beperken en in mindere mate de afvoer. Wel zal bij toepassing de maaiveldddaling toenemen ten opzichte van de scenario's met een beperkte marge rond het streefpeil. Dynamisch peilbeheer is er in veel vormen. Hier wordt uitgegaan van regulier peilbeheer waarbij, afhankelijk van de grondwaterstand en de neerslagverwachting, het slootpeil met 5 centimeter extra wordt verhoogd of verlaagd. De effectiviteit van deze vorm van dynamisch peilbeheer blijkt sterk tegen te vallen. Op het gebied van maaiveldddaling wordt bijna geen winst behaald en de inlaat en afvoer is aanmerkelijk groter dan bij een regulier peilbeheer ongeacht of nu wel of geen onderwaterdrains worden toegepast.

Jansen et al. (2009) hebben tot slot een optimaal scenario gedefinieerd en doorgerekend voor een situatie met onderwaterdrains. Scenario Optimaal streeft naar een minimale maaiveldddaling en minimale inlaat van gebieds-

scenario	peilbeheer	drains	droog-	marge	inlaat zomer (mm/jr)		afvoer winter (mm/jr)	
			legging (cm)	(cm)	inlaat	toename	afvoer	toename
1	regulier	nee	60	+/- 2	116		299	
2	regulier	ja	50	+/- 2	155	39	304	5
5	regulier + ¹	ja	50	+/- 5	122	7	290	-9
7	flexibel	nee	60	+/- 10	85	-30	283	-16
8	flexibel	ja	50	+/- 10	113	-3	287	-12
11	dynamisch	ja	50	+/- 5	166	51	344	45
13	dynamisch	nee	60	+/- 5	156	41	344	45
0	Optimaal ²	ja	50	+/-10	122	7	346	46

¹regulier+ = met onderwaterdrains, met extra open water en het toelaten van een wat grotere slootpeilfluctuatie.

²optimaal = optimale beperking van de maaiveldddaling en de hoeveelheid inlaatwater in de zomer

vreemd water. In de winterperiode wordt zelfs helemaal geen water ingelaten. In feite is het een vorm van dynamisch peilbeheer waarbij gestuurd wordt op slootpeil en neerslagverwachting. Daarbij wordt een marge in het slootpeil van ± 10 centimeter aangehouden om water te sparen voor drogere perioden en de inlaat te minimaliseren. In droge perioden wordt de marge verkleind tot 2 centimeter onder het streefpeil om het diep uitzakken van het slootpeil en daarmee de grondwaterstand te voorkomen. Ten opzichte van scenario 2, waarbij een regulier peilregime wordt toegepast met onderwaterdrains, blijkt de maaiveldddaling nagenoeg hetzelfde te zijn, maar de hoeveelheid inlaatwater in de zomer wordt sterk gereduceerd en is slechts iets meer dan in een situatie zonder onderwaterdrains. De afvoer in de winter is wel duidelijk hoger dan in referentiescenario 1. Hierop is echter ook niet geoptimaliseerd omdat vooral het inlaten van gebiedsvreemd water als probleem wordt gezien.

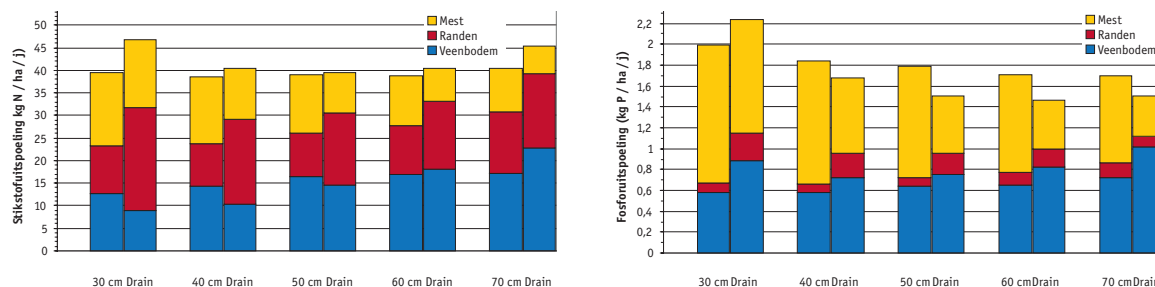
Geconcludeerd kan worden dat toepassing van onderwaterdrains zoals verwacht leidt tot een hogere inlaat en afvoer. Echter, op de inlaat kan sterk worden beperkt door een slimme toepassing van een vorm van dynamisch peil waarbij rekening wordt gehouden met neerslagverwachtingen en grotere marges in slootpeil worden aangehouden om water te sparen. De benodigde hoeveelheid

Tabel 2 samenvatting van de scenarioberekeningen voor veengronden zonder dun kleidek. De toename van inlaat en afvoer wordt berekend ten opzichte van referentiescenario 1.

Table 2 results of the scenario calculations for peat soils without a thin clay layer. The increase in inlet and discharge is calculated against reference scenario 1.

Figuur 3 N- en P-belasting van het oppervlaktewater bij verschillende droogleggingen zonder (linkerkolommen) en met (rechterkolommen "Drain") onderwaterdrains.

Figure 3 N and P load of the open water for different freeboard values with (right columns "Drain") and without (left columns) submerged drains



inlaatwater hoeft daardoor slechts iets meer te zijn dan bij een regulier waterbeheer zonder onderwaterdrains.

Effect op waterkwaliteit

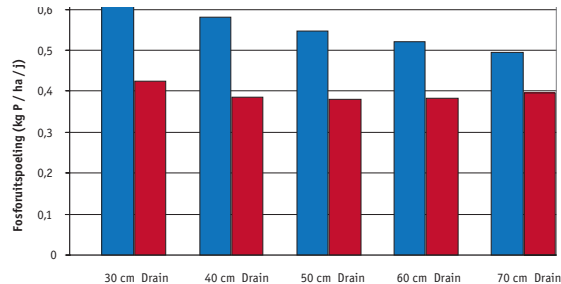
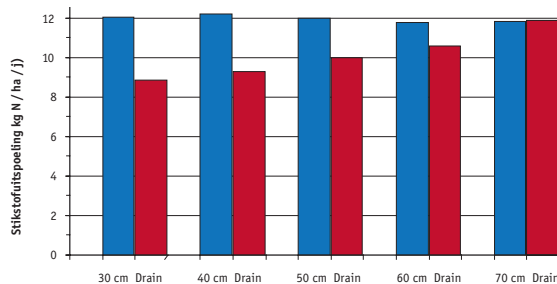
Het effect van onderwaterdrains op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door de veenbodem is onderzocht met het model SWAP-ANIMO (Jansen *et al.*, 2010). Het model koppelt twee dynamische modellen die op perceelschaal werken: SWAP (Kroes *et al.*, 2008), een hydrologisch model en ANIMO (Groenendijk *et al.*, 2005) dat de kringlopen van koolstof (C), stikstof (N) en fosfor (P) simuleert en de daarmee samenhangende lotgevallen van deze stoffen, zoals uitspoeling, op basis van de gesimuleerde hydrologie.

Het model is gekalibreerd met meetgegevens van twee delen van een onderzoeksperceel op proefboerderij Zegveld, één zonder en één met onderwaterdrains op vier meter onderlinge afstand. Het onderzoeksperceel is 54 meter breed met een drooglegging van circa 55 centimeter en een GLV van 60 cm -mv. De grondsoort is koopveengrond op eutroof broekveen met een moerige eerdlaag van 25 centimeter. Het veenpakket is vijf meter dik en ligt op een circa anderhalf meter dik pakket kleilig veen bovenop de zandaquifer. Het perceel kent een netto wegzijging van circa 35 millimeter per jaar. SWAP is gekalibreerd met gemeten grondwaterstanden, drukhoogten en drainde-

bieten; ANIMO met N- en P-concentraties in het bodemvocht, grondwater en uitspoelingsvrachten uit de drains. Met de modellen is het effect van onderwaterdrains op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater onderzocht. Hiertoe zijn vijf droogleggingen in de range 30 - 70 centimeter doorgerekend, met en zonder onderwaterdrains. Voor alle situaties is dezelfde bemesting gebruikt: mestscenario's voor de periode 2000 - 2030 uit de STONE-database (Wolf *et al.*, 2003).

De resultaten zijn weergegeven als jaarlijkse N- en P-uitspoeling, gemiddeld voor de dertigjarige weerreeks 1971 - 2000 (figuur 3). Hierbij is onderscheid gemaakt in drie nutriëntenbronnen: bemesting, de nutriëntenrijke veenbodem (mineralisatie en uitloging) en de randen van het bodemsysteem (atmosferische depositie + aanvoer via nutriëntenrijke kwel vanuit het diepere grondwater + infiltratie van slootwater waarvan de nutriënten weer een bron van uitspoeling vormen).

Belangrijkste bevinding is dat er voor het minimaliseren van de nutriëntenbelasting een optimale diepte blijkt te zijn voor onderwaterdrains. Deze ligt op 50 tot 75 cm -mv, wat overeenkomt met een drooglegging van 40 tot 60 centimeter. Liggen de drains te hoog, dan is de afstand tot het maaiveld kort en voeren ze veel met meststoffen verrijkt water af naar de sloot; liggen ze te diep dan draineren ze de N- en P-rijke veenbodem onder de GLV. Bij de



Figuur 4 N- en P-belasting van het oppervlaktewater bij verschillende droogleggingen zonder en met onderwaterdrains.

Figure 4 N and P load of the open water at different freeboard values with and without submerged drains.

optimale ligging is de N-belasting min of meer gelijk aan de belasting zonder drains. De P-belasting is in dat geval zelfs lager door de betere vastlegging van P uit meststoffen in een drogere bodem.

De uitspoeling via onderwaterdrains gaan gepaard met grotere hoeveelheden uitstromend water dan bij de situatie zonder drains. Dat impliceert dat de concentraties gemiddeld gezien (fors) lager zijn (figuur 4). Dat heeft mogelijk een positief effect op de waterkwaliteit in termen van lagere gemiddelde zomerhalfjaarconcentraties, maar dit moet met veldonderzoek en/of modelberekeningen van N- en P-concentraties in het oppervlaktewater worden aangetoond. Vanwege deze omissie in de kennis en vanwege het feit dat uitspoeling zo klein mogelijk moet zijn, zijn de conclusies over de optimale diepte van onderwaterdrains uit figuur 3 leidend en worden geen optimale diepten afgeleid uit de bevindingen in figuur 4.

De drooglegging heeft een groot effect op de uitspoeling, zowel in de situatie zonder als met onderwaterdrains:

1. geringere drooglegging leidt tot meer uit- en afspoeling van meststoffen: bemesting en natte veenweiden houden zich slecht. Dit effect is iets minder bij onderwaterdrains. Die houden in het voorjaar de bovengrond droger, waardoor de nutriënten uit mest veel beter worden benut door het gewas en vastgelegd in de bodem, maar verkorten bij ondiepe ligging de transportroute

van water met meststoffen naar de sloot. Vanwege de relatief geringe bijdrage van de overige P-bronnen is dit effect hier relatief groter voor P dan voor N;

2. geringere drooglegging leidt, vooral bij onderwaterdrains, tot meer infiltratie van slootwater. Hierdoor neemt de bijdrage van deze nutriëntenbron toe, want de geïnfiltreerde nutriënten spoelen deels ook weer uit. Kwel als nutriëntenbron wordt dan echter onderdrukt. Bij onderwaterdrains is dit laatste effect zo groot dat het saldo positief is (minder uitspoeling) en het grootst bij de geringste drooglegging. Voor de situatie zonder drains geldt dit niet en is het effect van grotere kwel bij grotere drooglegging doorslaggevend;
3. grotere drooglegging leidt tot een grotere bijdrage van mineralisatie en uitloging van de veenbodem aan de uitspoeling. Bij N treedt dit op door extra mineralisatie in het drogere profiel maar ook door meer uitloging als gevolg van het doorstromen van diepere stroombanen; bij P vooral door het laatste. Onderwaterdrains bij grote drooglegging beperken de mineralisatie nauwelijks, maar versterken door hun diepe ligging de doorstroming via diepere stroombanen en daarmee de uitspoeling van veenbodemnutriënten.

Geconcludeerd kan worden dat onderwaterdrains de uitspoeling van stikstof en fosfor niet bevorderen mits ze op de juiste diepte worden gelegd. Tussen een draandiepte

Foto Jan van de Akkert, aanleg van onderwaterdrains.



van 50-75 cm -mv lijkt er geen gevaar te zijn voor toename van de N- en P-belasting. Bovendien nemen in de modelberekeningen de gemiddelde uitspoelingconcentraties af. De resultaten van dit modelonderzoek zullen wel verder geverifieerd moeten worden met veldonderzoek. Ook moet er in de toekomst nog meer onderzoek gedaan worden naar het belang van infiltratie van gebiedsvreemd water. Dardoor zou de veenbodem versneld afgebroken kunnen worden en vooral P gemobiliseerd. Ervaringen uit het veld (van den Akker *et al.*, 2007b) en een literatuurstudie (Kemmers & Koopmans, 2010) lijken er op te duiden dat dit niet of nauwelijks speelt in het Groene Hart.

Samenvatting en conclusies

De afbraak van veen en maaiveld dalen zijn sterk afhankelijk van de diepste grondwaterstanden die optreden (Van den Akker *et al.*, 2007a). Deze kunnen decimeters onder het slootpeil liggen. Het voorkomen hiervan zou theoretisch gezien de maaiveld daling kunnen halveren (Van den Akker, 2007a). De hoogtemetingen gedurende 6 jaar vanaf 2004 laten zien dat dit in de praktijk met onderwaterdrains haalbaar is. De hoogtemetingen laten zelfs een reductie tot een derde van de maaiveld daling in de referentiesituatie (zonder drains) zien. Dit is bij een veengrond zonder een mineraal dek. Hoogtemetingen bij een veengrond met

mineraal dek geven de indruk dat toepassing van onderwaterdrains de maaiveldddaling bij deze veengronden tot nihil zouden kunnen reduceren. Echter, de maaivelddalings zijn zo klein en de meetperiode te kort om deze conclusie hard te maken. Geconcludeerd kan worden dat de metingen tot nu toe de theorie bevestigen dat onderwaterdrains maaivelddalings sterk kunnen beperken.

Door sommigen wordt er op gewezen dat onderwaterdrains op den duur niet meer functioneren. Door de voortgaande maaiveldddaling en daaraan gekoppelde peilaanpassingen komen de drains uiteindelijk boven het slootpeil te liggen waardoor ze alleen nog maar draineren en de maaiveldddaling versnellen. Deze redenering is nogal pessimistisch. Met drains is de maaiveldddaling circa 5 millimeter per jaar. In 20 jaar is dat 10 centimeter. Indien het peil in die 20 jaar is verlaagd en de maaiveldddaling precies heeft gevolgd, dan is het peil ook 10 centimeter gezakt. Als het goed is gedaan zijn de drains 20 centimeter onder het slootpeil aangelegd. Daarvan resteert na 20 jaar nog 10 centimeter. Er is geen reden om te veronderstellen dat het functioneren van de onderwaterdrains verslechtert doordat ze na 20 jaar relatief 10 centimeter 'hoger' liggen dan bij de aanleg. Bovendien neemt door de kleiner wordende drooglegging de maaiveldddaling af en worden de onderwaterdrains steeds effectiever in het verder afremmen daarvan. Bij een veengrond met kleidek zijn de vooruitzichten nog beter. Door toepassing van onderwaterdrains zou de maaiveldddaling zo klein kunnen worden dat deze te verwaarlozen is en het probleem min of meer opgelost.

Positieve conclusies kunnen ook getrokken worden wat betreft de beperking van broeikasgassen dankzij de toepassing van onderwaterdrains. Als er verhandelbare emissierechten zouden bestaan voor de beperking van CO₂-emissie door oxidatie van het veen, zouden alleen die al de investering in onderwaterdrains rendabel maken.

Een belangrijke vraag is in hoeverre de toepassing van onderwaterdrains aantrekkelijk is voor de melkveehouderij. Uit het onderzoek van Hoving *et al.* (2008, 2009) blijkt dat het rendement van het melkveebedrijf op de korte termijn sterk afhankelijk is van de kosten voor loonwerk en voer. Hoe hoger deze kosten, hoe meer onderwaterdrains aan kostenbesparing opleveren, zie tabel 1. Indien in een situatie zonder drains aanpassing van het slootpeil aan de voortgaande maaiveldddaling niet langer mogelijk is of sterk wordt beperkt, dan is aanleg van onderwaterdrains al snel een goede investering. Onderwaterdrains maken het bedrijf toekomstbestendiger en leveren direct al percelen op die in natte perioden eerder en langer berijdbaar en beweidbaar zijn. De conclusie is dat toepassing van onderwaterdrains ook bijdraagt aan de instandhouding van een vitale melkveehouderij in het veenweidegebied. Een belangrijk nadeel van onderwaterdrains is dat ze zullen leiden tot meer inlaat en afvoer in veenweidegebieden. Vooral de inlaat van gebiedsvreemd water baart grote zorgen. Uit onderzoek (Jansen *et al.*, 2009) blijkt echter dat een uitgekiend peilbeheer kan zorgen dat deze inlaatbehoefte sterk afneemt als wat grotere peilvariaties worden aangehouden en wordt geanticipeerd op de weersverwachting.

Een andere zorg betreft de waterkwaliteit. In een kwel situatie zullen onderwaterdrains kunnen leiden tot een verbeterde en versnelde afvoer van kwelwater naar de sloot. En in veenweidegebieden kan het kwelwater vaak nutriëntenrijk en soms zelfs brak zijn. In situaties met een duidelijke kwel moeten daarom per definitie geen onderwaterdrains worden toegepast. Bij een geringe kwel moet in ieder geval zorgvuldig bepaald worden of in die specifieke omstandigheden onderwaterdrains eventueel gecombineerd met een zekere peilverhoging de nutriëntenbelasting op de sloot wel of niet verhogen. Uit modelonderzoek (Jansen *et al.*, 2010) blijkt dat indien er geen

netto kwel optreedt bij aanleg van onderwaterdrains op een diepte van 50 tot 75 cm -mv er geen gevaar bestaat voor toename van de N en P belasting op het oppervlakte-water. Een voordeel is zelfs dat de uitspoelconcentraties afnemen.

Toepassing van onderwaterdrains leidt enerzijds tot beperking van de veenafbraak en de mineralisatie van nutriënten en anderzijds tot een betere benutting van nutriënten uit bemesting (Hoving *et al.*, 2008, 2009). Dit betekent dat er veel minder nutriënten in het milieu terecht komen die naar de sloot zouden kunnen uitspoelen. En de afnemende grasopbrengst die het gevolg is van verminderde mineralisatie blijkt volledig te worden gecompenseerd door de betere nutriëntenbenutting uit mest.

Wat betreft de waterkwantiteits- en -kwaliteitsaspecten is de conclusie dat zorgvuldigheid bij de aanleg van onderwaterdrains en het bijbehorende waterbeheer noodzake-

lijk is. Als dat gebeurt, zal de watervraag slechts in beperkte mate toenemen en de waterkwaliteit niet verslechteren. Omdat veel van bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op modelberekeningen wordt voorgesteld om deze te verifiëren met veldproeven op praktijkschaal. Veldproeven in de polders Groot Wilnis-Vinkeveen, Keulervaart en waarschijnlijk Krimpenerwaard zijn hierop gericht.

Andere aanbevelingen voor nader onderzoek betreffen onder andere de effecten van onderwaterdrains op weidevogels, de ecologische toestand van sloten en de klimaatbestendigheid van veenweidegebieden. Een ontwikkeling die eveneens onderzoek verdient is de omslag – door de voortdurende maaiveld daling en bijbehorende peilaanpassingen – van gebieden met wegzijging naar kwelgebieden en de gevolgen daarvan voor de waterkwaliteit.

Summary

Effectiveness and effects of submerged drains

Jan van den Akker, Rob Hendriks, Idse Hoving & Matheïjs Pleijter

Peat soils, subsidence, oxidation, submerged drains, GHG emissions

About 9% of the area of the Netherlands is covered by peat soils, mainly in use for dairy farming. Peat soils in the densely inhabited western part of the Netherlands are valued as an open landscape with a rich cultural history. However, these peat soils are drained and so the organic matter is exposed to air (oxygen) and biological degradation (oxidation) starts. This causes subsidence rates up to 13 millimeter per year and emissions of CO₂ and N₂O

equal to about 3% of the annual anthropological CO₂ emission in the Netherlands. Raising ditch water levels to limit subsidence and GHG emissions will make an economic viable dairy farming impossible. Experiments show that subsurface irrigation by submerged drains to raise ground water levels will reduce subsidence and so GHG emissions with two thirds, while circumstances for viable dairy farming will improve. However, more inlet water will be needed than in the situation without submerged drains and improved water management is needed to reduce this extra water demand as much as possible. The effect on water quality seems to be negligible or positive, however, more research on this topic is needed. Dairy farmers accept the use of submerged drains, which makes them a promising tool to preserve the valued peat soil landscape.



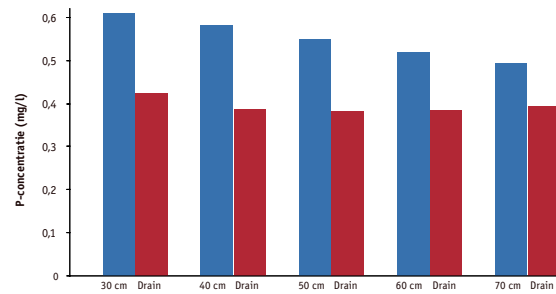
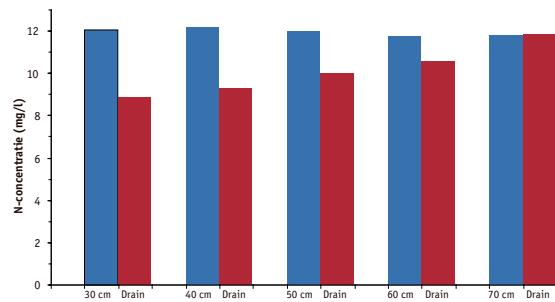
Foto Jan van den Akker

Literatuur

- Akker, J.J.H. vanden, J. Beuving, R.F.A. Hendriks & R.J. Wolleswinkel, 2007a.** Artikel 5510: Maaiveldvaling, afbraak en CO₂-emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, afl. 83. Den Haag. Sdu.
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks & J.R. Mulder, 2007b.** Invloed van infiltratiewater via onderwaterdrains op de afbraak van veengrond; Helpdeskvraag HD2057 Onderwaterdrains van Drunen 1106. Wageningen. Alterra, Alterra-rapport 1597.
- Beuving, J. & J.J.H. van den Akker, 1996.** Maaiveldsdaling van veengrasland bij twee slootpeilen in de polder Zegveldbroek. Vijftientig jaar zakkingsmetingen op het ROC Zegveld. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 377.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud & J. Roelsma, 2005.** Prediction of Nitrogen and Phosphorus leaching to groundwater and surface waters; Process descriptions of the ANIMO 4.0 model. Wageningen. Alterra-Report 983.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker & M. Pleijter, 2008.** Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik van 'onderwaterdrains' op veengrond. Rapport 102 Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker & M. Pleijter, 2009.** Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing 'onderwaterdrains' in polder Zeevang. Rapport 188 Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Jansen, P.C. & E.P. Querner, dit nummer.** Behoud veenweiden door aangepast peilbeheer. Landschap 27/3: p 129-135.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & C. Kwakernaak, 2007.** Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden. Een scenariostudie rond Zegveld. Alterra, Wageningen. Alterra-Rapport 1516.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & J.J.H. van den Akker, 2009.** Onderwaterdrains in het veenweidegebied en de gevolgen voor de inlaatbehoefte, de afvoer van oppervlaktewater en voor de maaiveldvaling. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 1872.
- Jansen, P.C., R.F.A. Hendriks & C. Kwakernaak, 2010.** Behoud van veenbodems door ander peilbeheer; Maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied. Wageningen, Alterra, rapport 2009.
- Kemmers R.H. & G.F. Koopmans, 2010.** Het effect van toepassing van onderwaterdrains op interne eutrofiering en veenafbraak; literatuuronderzoek. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1980.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005.** Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems. Alterra Wageningen UR, Wageningen. Alterra-rapport 1035-2.
- Kroes, J.G., J.C. Van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks & C.M.J. Jacobs, 2008.** SWAP version 3.2. Theory description and user manual. Wageningen, Alterra. Alterra Report 1649.
- Provincies Zuid-Holland, Utrecht & Noord-Holland, 2009.** Het Groene Hart icoon van Nederland. Voorloper 2009-2020. Utrecht. Programmabureau Groene Hart.
- Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rotter & H. van Zeijts, 2003.** The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. Environmental Modelling & Software 18, 597-617.
- VR0M, LNV, VenW & EZ, 2006.** Nota Ruimte, Ruimte voor ontwikkeling. Deel 4: tekst na parlementaire instemming.

Rectificatie

In het artikel van Van den Akker et al. in Landschap 2010/3 zijn op pagina 145 een verkeerde figuur en bijschriften opgenomen. De juiste versies staan hieronder.



Figuur 4 N- en P-belasting van het oppervlaktewater als gemiddelde uitspoelingsconcentratie (N- en P-vracht gedeeld door watervracht) bij verschillende droogleggingen zonder en met onderwaterdrains

Figuur 4 N- and P-load of the open water as mean concentration flux (N- and P-load divided by water flux) at a range of free-board values with and without submerged drains.