



VOLKUNDE

ATZU1460

Onderwaterdrainage in veenweidegebieden

Is dat wel zo'n goed idee?

In de klimaatdebatten van het afgelopen voorjaar kwam de Klimaattafel Landbouw en Landgebruik met een vrij spectaculaire oplossing voor het probleem van zakkende veenweidegebieden. Door een slimmere manier van draineren zouden de CO₂-emissies minstens gehalveerd worden en zouden de boeren gewoon door kunnen gaan met de veehouderij. Te mooi om waar te zijn?

Door de bodemdaling in veenweidegebieden ontstaat schade aan infrastructuur en worden de kosten om deze gebieden droog te houden steeds hoger (PBL, 2016). Er wordt al langere tijd onderzoek gedaan naar mogelijkheden om de bodemdaling te stoppen of af te remmen. Dit leidt tot verschillende scenario's, maar de conclusie is altijd dat er meer ruimte nodig is voor waterconservering: niet alleen om de CO₂-uitstoot te beperken, maar ook om water te bergen voor droge perioden én om het verzakken van huizen en wegen tegen te gaan. Er zijn voorbeelden uitgewerkt voor Friesland (De Ruyter, 2018), Aldeboarn-De Deelen (Wetterskip Fryslan & Provincie Fryslan, 2019) en voor de polders van Kamerik-Kockengen, nabij Utrecht (Flux landscape architecture, 2019). De daarbij ontwikkelde scenario's omvatten onder andere drastische vernatting met stopzetting van bodemdaling, wat positieve effecten heeft voor de biodiversiteit en mogelijkheden biedt voor natte landbouw, zoals het kweken van riet (*Phragmites australis*), lisdodde (*Typha L.*), els (*Alnus spec*), veenmos (*Sphagnum L.*) en cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). Ook nieuwe verdienmodellen voor boeren worden onderzocht, zoals de mogelijkheid om broeikasgasemissie te voorkomen en deze reductie te vermarkten ('Valuta voor veen'; zie ook Tanneberger & Wichtman, 2011).

In bovengenoemde studies staat het tegengaan van bodemdaling centraal, niet het verminderen van de CO₂-uitstoot. De Klimaattafel Landbouw en Landgebruik en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) dat de voor-

stellen van de klimaattafels doorrekent, hebben de vermindering van de CO₂-emissies centraal gezet en daarmee een extra dimensie aan de discussie toegevoegd. Op dit moment beheerst een ander scenario de discussie: onderwaterdrainage (figuur 1), waarbij de gangbare veehouderij wordt gecontinueerd en CO₂-uitstoot wordt gereduceerd. (Wanneer we CO₂-uitstoot schrijven, bedoelen we overigens de uitstoot van CO₂-equivalenten, inclusief CH₄ en N₂O.)

Bodemdaling in veenweidegebieden: een korte terugblik

Al in 2016 publiceerde het Planbureau voor de Leefomgeving een rapport, voornamelijk gebaseerd op studies van Wageningen Environmental Research (o.a. Van den Akker et al., 2008), waarin gesteld werd dat door peilfixatie (het stoppen van peilaanpassingen in veengebieden) de veenbodemdaling zal afnemen. Als de bodem daalt en het slootpeil even hoog blijft, wordt de effectieve drainage beneden maaiveld (-mv) immers geringer. Het toepassen van peilfixatie in alle veengebieden zou leiden tot een jaarlijkse emissiereductie van ongeveer 1 miljoen ton CO₂, stelt het rapport, maar leidt ook tot opbrengstderving in de landbouw. Onderwaterdrainage daarentegen zou leiden tot een jaarlijkse emissiereductie van 0,9 miljoen ton CO₂ en een halvering van de bodemdaling, zonder gevolgen voor de gewasopbrengst (PBL, 2016).

Bij het doorrekenen van deze cijfers concludeerde het

klimaatadaptaties
veenweidegebieden
CO₂-emissies
veenzakking
onderwaterdrainage

A.P. (Ab) Grootjans

Instituut voor Energie en Milieu Studies (IVEM),
Rijksuniversiteit Groningen,
Nijenborgh 9, 9747 AG
Groningen
a.p.grootjans@rug.nl

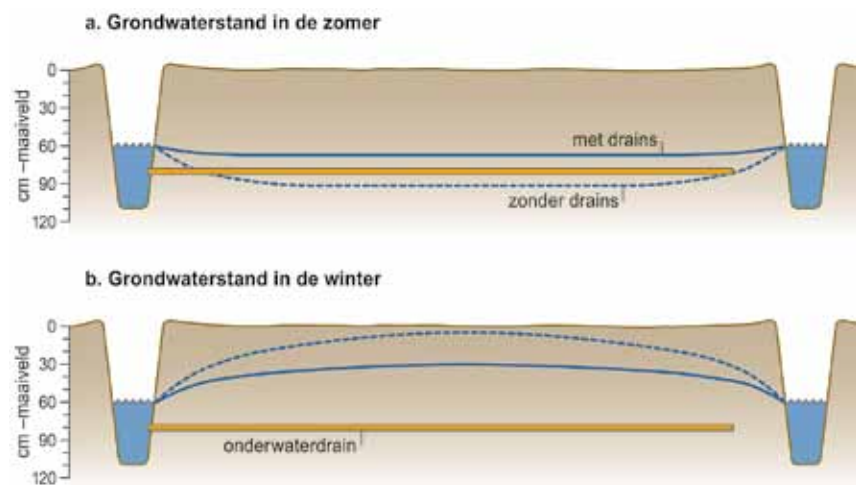
E. (Ella) de Hullu

Stichting Bargerveen

J. (Jan) Sevink

Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED),
Universiteit van Amsterdam

Foto **Ingrid de Coo, LaMi**
Drukdrainage in het veenweidegebied.



Figuur 1 Onderwater-drainage is het aanleggen van drainagebuizen onder het lage slootpeil, waardoor in de zomer water kan toestromen naar de landbouwpercelen, die daardoor minder uitdrogen. In de winter draineren de buizen (naar Hendriks & Van den Akker, 2018).

Figure 1 Installing submerged drainage below ditch level allows surface water to infiltrate into the agricultural grasslands during summer. This prevents severe desiccation of the soil. In winter the drainage tubes cause lower groundwater levels in the center of the field (based on Hendriks & Van den Akker, 2018).

Planbureau voor de Leefomgeving dat de landbouw in 2030, bij het invoeren van onderwaterdrainage in 80.000 ha veenweidegebied, een jaarlijkse emissiereductie van 0.72 Mton zou kunnen realiseren (PBL, 2018). Bij het installeren van pompen die in de zomer het slootwater in de drainagebuizen pompen (drukdrainage; Hoving et al., 2018) zou de uitstoot van CO₂ nog verder geremd kunnen worden. Verschillende waterschappen, provinciale bestuurders en LTO-Noord zagen onderwater- en drukdrainage als een goed alternatief om bodemdaling tegen te gaan, en propageren deze technieken in rapportages, folders en in de media.

In de nazomer van 2018 zetten verschillende onderzoekers vraagtekens bij de effectiviteit van onderwaterdrainage (Hein, 2018; Couwenberg, 2018) en de wetenschappelijke basis van de vertaling van waterstandsveranderingen naar CO₂-emissies (Couwenberg, 2018; Grootjans, 2018). Een internationale groep van onderzoekers van de International Mire Conservation Group (IMCG) was bijeen in Nederland en nam daar in de zomer van 2018 een resolutie aan waarin gesteld wordt

dat de claims van de voorstanders van onderwaterdrainage niet gedragen worden door onderzoek van algemeen aanvaard wetenschappelijk niveau (IMCG, 2018). Bij het doorrekenen van de maatregelen van de klimaat Tafels, in maart 2019, paste het PBL de eerdere verwachtingen van CO₂-emissiereducties aan en beschreef deze als “niet concreet genoeg om te kunnen doorrekenen” (PBL, 2019). In een achtergronddocument wordt aangegeven dat kennisontwikkeling en pilots noodzakelijk zijn voor er geïmplementeerd kan worden. Andere pilots, zoals natte landbouw, worden slechts terloops genoemd.

In dit artikel analyseren we de wetenschappelijke basis en daarmee de realiseerbaarheid van de gehoopte CO₂-reductie door onderwater- en drukdrainage.

Conceptuele modellen van veenoxidatie

Omdat in bovengenoemde studies van het PBL vooral wordt verwezen naar onderzoek van WENR nemen we deze studies nader onder de loep. Hoe kijken de betreffende onderzoekers aan tegen het proces van veenoxidatie? Hun positie is, veelal impliciet, dat:

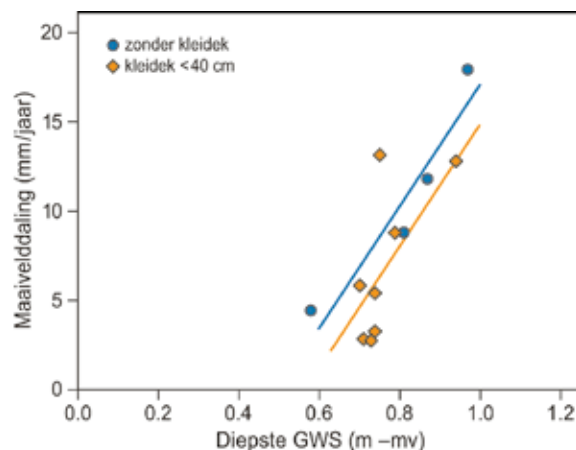
1. er geen veenoxidatie optreedt als het veen verzadigd is met water;
2. veenoxidatie voornamelijk optreedt in de zomer bij hoge temperaturen;
3. de relaties tussen bodemdaling en veenoxidatie, en dus ook tussen vochtigheid en temperatuur, lineair zijn;
4. bodemdaling voornamelijk optreedt wanneer diepere lagen, die nooit eerder aan oxidatie zijn blootgesteld, worden aangesneden. De laagste grondwaterstanden moeten dus worden voorkomen. De gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) wordt gezien als de beslissende factor voor maaiveld daling en daarmee ook voor de CO₂-emissies (figuur 2).

Ad 1) De aanname dat veen dat permanent waterverzadigd is geen CO₂ uitstoot delen wij, mits het (natte) evenwicht zich heeft kunnen stabiliseren (bij vernatting van verdroogde veengronden kan tijdelijk nog emissie van CO₂ optreden).

Ad 2) Ook de aanname dat veenoxidatie vooral plaatsvindt bij hogere temperaturen onderschrijven wij. Echter ook bij matig lage temperaturen kan nog veel mineralisatie optreden (Kechavarzi *et al.*, 2010).

Ad 3) Lineaire relaties gelden voor hydrologisch stabiele systemen, waarbij de bovenste lagen zich in een zeker evenwicht bevinden (Couwenberg & Hooijer, 2013). Als er een ander hydrologisch regime wordt geïntroduceerd, zoals onderwaterdrainage of drukdrainage, waarbij warm oppervlaktewater wordt ingebracht, kunnen bodemprocessen en dus ook CO₂-productie anders verlopen. Maaiveldddaling kan een proxy voor veenoxidatie zijn, maar het is geen simpele parameter (Schothorst, 1967). Een verandering in hydrologisch regime veroorzaakt verschuivingen tussen krimp, compactie en veenoxidatie, die samen de bodemdaling bepalen. Ze zijn niet eenvoudig uit elkaar te halen, vooral niet als maaiveldhoogtes in een proefopzet verschillen (zie ook Van den Akker *et al.*, 2012). Bij vernatting kan dan tussen percelen een verschillende mate van zwellings optreden.

Ad 4) Wij zijn het oneens met de aanname dat de GLG een goede voorspeller is voor veenoxidatie en CO₂-emissie. Wij menen dat veenoxidatie vooral wordt gestuurd door waterstand- en temperatuurverloop over het gehele jaar (Lafleur *et al.*, 2005; Mäkiranta *et al.*, 2009). De gemiddelde waterstanden blijken een goede proxy te zijn voor CO₂-emissies uit Europese landbouwgronden (Couwenberg, 2018),



Figuur 2 Relatie tussen maaiveldddaling en diepste (gemiddelde laagste) grondwaterstand in veenweidegebieden met en zonder een kleidek (Hendriks & Van den Akker *et al.*, 2018).

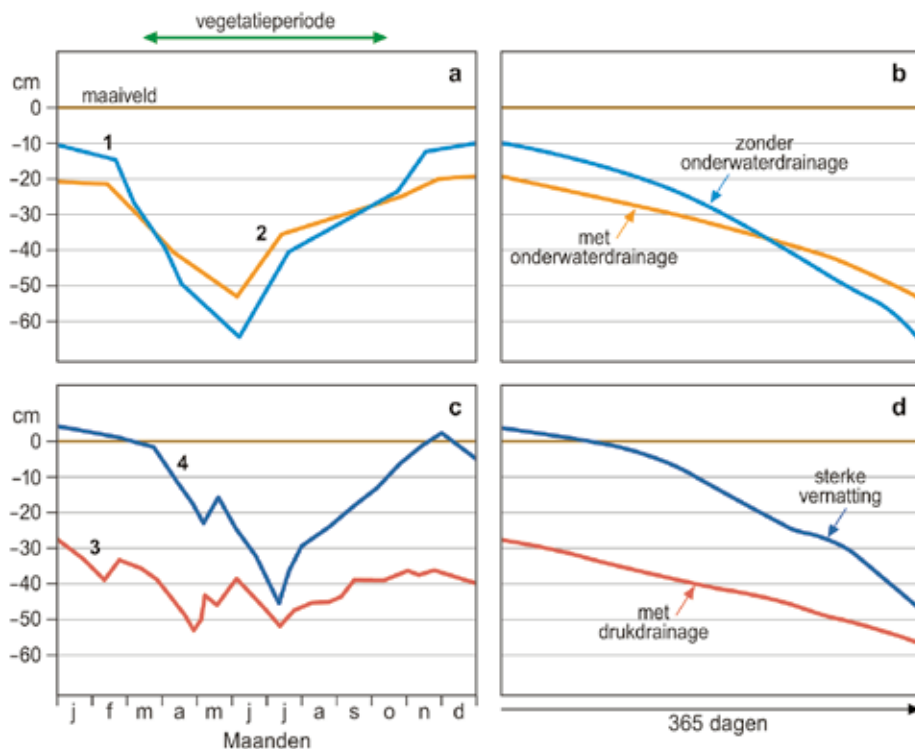
Figure 2 Relationship between soil subsidence and mean lowest water level in agricultural peat meadows with and without a shallow clay layer (Hendriks & Van den Akker *et al.*, 2018).

en voor de soortensamenstelling van natte graslanden en moerassen (als reflectie van optredende bodemprocessen) (Grootjans & Ten Klooster, 1980; Couwenberg *et al.*, 2011).

Figuur 3 laat zien waarom de GLG nauwelijks geschikt is om verschillen in CO₂-uitstoot te voorspellen in situaties met en zonder onderwaterdrainage. Daartoe hebben we een inschatting gemaakt van het grondwaterregime van vier verschillende maatregelen in veenweidegebieden:

1. agrarisch landgebruik zonder onderwaterdrainage;
2. onderwaterdrainage zonder pompen;
3. onderwaterdrainage met aanvullend pompen (drukdrainage);
4. sterke vernatting door peilverhoging.

In de figuur is het waterstandsverloop gedurende het jaar weergegeven (a en c) en vertaald in cumulatieve overschrijdingsduurlijnen (b en d) die weergegeven hoe lang de grondwaterstand zich boven een bepaalde diepte in het bodemprofiel bevindt. De gebruikte data zijn



Figuur 3 Verschillen in grondwaterstanden (a en c) vertaald naar overschrijdingsduurlijnen (b en d) op basis van metingen in Zegveld.

(1) agrarische grond zonder onderwaterdrainage; (2) onderwaterdrainage; (3) drukdrainage, waarbij de grondwaterstand het hele jaar zo veel mogelijk op een stand van 40-50 cm -mv wordt gehouden; (4) Moerasvegetatie (data: Tüxen, 1954). Het groene bereik geeft de vegetatieperiode aan.

Figure 3 Groundwater fluctuation patterns (a and c) and groundwater duration lines (b and d) based on data from Zegveld. (1) in an agricultural peat pasture; (2) submerged drainage; (3) pressured submerged drainage using pumps that keep the groundwater level at a depth of ca 40-50 cm throughout the year; (4) rewetted former pasture (data: Tüxen, 1954). The green range indicates the vegetation period.

gebaseerd op Zegveld 2003-2013 (Hoving et al., 2013), de data over drukdrainage op metingen in Zegveld (2017-2018; lezing Van den Akker, Fryske Academie, 11 april 2019). De sterk vernatte referentie is ontleend aan metingen in een voedselrijk moeras (*Glyceria maxima*-vegetatie; Tüxen, 1954).

Uit figuur 3 blijkt dat een veengrond bij onderwater- en drukdrainage het hele jaar waterstanden dieper dan 20 cm heeft, terwijl sterke vernatting ertoe leidt dat de waterstanden vrijwel het hele jaar boven 40 cm blijven. Alle drie de meetreeksen hebben een vergelijkbare gemiddelde laagste grondwaterstand (ca 50 cm), alleen de meetreeksen zonder onderwaterdrainage of vernatting hebben een iets lagere GLG. Wanneer we een volcapillaire zone van 15 cm veronderstellen, die ook tot zuurstofloosheid in de bodem kan leiden, dan is bij natuurlijke vernatting de bodem meer dan acht maanden per jaar volledig verzadigd. Bij 'normaal' agrarisch gebruik is dat minder dan twee maanden. Bij onderwaterdrainage en drukdrainage bereikt de volcapillaire zone het maaiveld nooit. Een iets hogere GLG heeft dan nauwelijks effect op de veenoxidatie: deze vindt niet alleen plaats in de diepere lagen maar vooral in de bovenste 40 cm, die het meest aan zuurstof blootgesteld wordt (vergelijk Lafleur et al., 2005; Tiemeyer et al., 2016).

Door het sterk veranderde hydrologisch systeem bij verdroging en vernatting doet zich een belangrijk methodologisch probleem voor. Het model van WENR veronderstelt dat onderzoek naar veenoxidatie door slootpeilwijzigingen één op één vertaald kan worden naar een sterk gewijzigd hydrologisch systeem met onderwaterdrainage. Dit zijn in feite voorspellingen buiten de grenzen van de gevonden relaties, wat in beginsel wetenschappelijk niet verantwoord is. Als bijvoorbeeld uit onderzoek aan secundaire wegen blijkt wat de relatie is tussen het aantal autoritten en het optreden van files,

dan mag men op grond daarvan voorspellen hoe bij afname van het aantal autoritten de lengte van de files op de secundaire wegen afneemt. Maar het is ontoelaatbaar om diezelfde relatie te gebruiken om de filelengte op een autosnelweg te voorspellen. Deze fout maken Hendriks & Van den Akker (2018) wanneer ze relaties verkregen uit onderzoek naar de effecten van traditionele slootpeilverlagingen gebruiken om de effecten van onderwaterdrainage te voorspellen. Klassieke slootpeilverlagingen zijn qua effect onvergelijkbaar met (druk) drainage waarbij relatief warm en voedselrijk water in de veenbodem wordt gebracht, met sterk veranderende mineralisatieprocessen. Bij zomerse waterstanden van -40 cm kunnen zeer hoge emissies optreden (Van den Bos, 2003; Beetz et al., 2013). Het is uit laboratoriumproeven zelfs gebleken dat een waterstand van 50 cm -mv de mineralisatie van veen juist optimaliseert (Wessolek et al., 2002; Kechavarzi et al., 2010).

Onderwaterdrainage kan, mits goed uitgevoerd, in beperkte mate extreem lage grondwaterstanden in de zomer voorkomen. Drukdrainage slaagt daar nog beter in, maar draineert sterk in het vroege voorjaar en in het najaar. Wij verwachten niet dat onderwater- en drukdrainage de CO₂-uitstoot substantieel zullen beperken ten opzichte van de bestaande praktijk. Voor Friesland laten de eerste metingen over 2017 en 2018 zien dat de CO₂-emissies bij het invoeren van onderwaterdrainage niet afnemen (presentatie Weideveld, Fryske Academie, 11 april 2019). Het is noodzakelijk meer CO₂-metingen uit te voeren om de effecten van de verschillende methoden van landgebruik beter te begrijpen.

Hoe nu verder?

Wat de discussie over veenzakking frustreert is het uitgangspunt dat, door technische oplossingen te zoeken, het landgebruik niet hoeft te worden aangepast. Dat is

niet alleen het geval bij de discussie over onderwaterdrainage, maar ook bij discussies over mogelijke positieve effecten bij regelbare drainage. Rozemeijer et al. (2017) onderzochten mogelijkheden om met geringe aanpassingen in het peilbeheer de CO₂-uitstoot uit veengronden in het Hunzedal te beperken. De auteurs zijn hierover duidelijk: “Het verdient de aanbeveling om het landgebruik op veenbodems in de beekdalen aan te passen aan de gewenste hogere grondwaterstanden.” De discussie over grootschalige invoering van onderwaterdrainage heeft nog steeds iets van ‘te mooi om waar te zijn’: het is onwaarschijnlijk dat mét functiebehoud de uitstoot van meer dan 1 Mton CO₂ voorkomen kan worden. Het omarmen van onderwater- en drukdrainage leidt al snel tot een tunnelvisie, waarbij andere landgebruiksmogelijkheden te weinig aandacht krijgen. De effecten van onderwaterdrainage op CO₂-emissiereductie lijken tegen te vallen, terwijl de investeringen in de techniek, met name bij drukdrainage, zeer hoog zijn (Hein, 2018). Daarbij blijft maaiveld daling doorgaan, dus het betekent hooguit een tijdelijke verlenging van het huidige gebruik (Jansen et al., 2009). Hoe je het ook bekijkt: onderwaterdrainage blijft een zaak van ‘pappen en drooghouden’.

Wij zijn van mening dat we af moeten van tunnelvisies waarbij de discussie over de zakkingsproblematiek wordt versmald tot een keuze tussen onderwaterdrainage of lisdodden kweken (paludicultuur). Beide opties bieden op korte termijn geen oplossing: onderwaterdrainage niet omdat het de problemen alleen maar vooruitschuift, de zakking niet stopt en de uitstoot van CO₂ waarschijnlijk niet wezenlijk beperkt; paludicultuur niet omdat het weliswaar de zakking stopt en de uitstoot van CO₂ sterk remt (Karki et al., 2016; Tiemeyer et al., 2016; Günther et al., 2017), maar als weidevogelgebied niet erg geschikt is. Bovendien zijn volledige pro-

ductielijnen bij paludicultuur vooralsnog niet beschikbaar, waardoor boeren en andere ondernemers niet gemakkelijk zullen overstappen.

Wij raden het investeren in een dure en niet bewezen techniek sterk af. Betrokkenen en bestuurders zullen hun aandacht moeten richten op de al eerder ingeslagen weg van geïntegreerde oplossingen met een scala aan landgebruiksmogelijkheden binnen een kader van gefaseerde vernatting. Waterschappen en overheid zul-

len moeten investeren om in 2050 CO₂-neutraal te zijn, zoals afgesproken in het akkoord van Parijs. Dat kan in veenweidegebieden alleen als de gemiddelde waterstand niet verder zakt dan 10-20 cm onder maaiveld, dan zijn de emissies vrijwel nul.

Summary

Submerged drainage and reducing CO₂ emissions from agricultural peat meadows: too good to be true?

Ab Grootjans, Ella de Hullu & Jan Sevink

Climate adaptations, peat meadows, GHG emissions, subsidence, submerged drains

Soil subsidence in Dutch agricultural peat meadows is a growing threat to water management, agriculture and urban infrastructure. Proposals on how to reduce subsidence and associated CO₂ emissions include the im-

plementation of submerged drainage on 80,000 ha of agricultural peatland, in order to prevent very low water tables in summer. We argue that claims to reduce ca 1 Mton CO₂ emissions by introducing submerged drains are unsubstantiated and not based on scientifically sound analysis. The idea that submerged drainage will facilitate the continuation of intensive dairy farming on peat soils, while at the same time considerably reducing greenhouse gas emissions, is in our view just wishful thinking.

Literatuur

Akker, J. J. H. van den, P. J. Kuikman, F. De Vries *et al.*, 2008. Emission of CO₂ from agricultural peat soils in the Netherlands and ways to limit this emission. In: Proceedings of the 13th International Peat Congress After Wise Use - The Future of Peatlands, 8-13 June 2008, Vol. 1 Oral Presentations, Tullamore, Ireland: 645-648.

Akker, J. J. H. van den, P.C. Jansen, R.F.A. Hendriks *et al.*, 2012. Submerged infiltration to halve subsidence and GHG emissions of agricultural peat soils. In: Proceedings of the 14th International Peat Congress Peatlands in Balance, abstract no. 383.

Akker, J. J. H. van den, I. Hoving, R.F.A. Hendriks *et al.*, 2018. Onderwaterdrains zijn effectief. Wageningen Environmental Research. Rapport no. 2922.

Beetz, S., H. Liebersbach, S. Glatzel *et al.*, 2013. Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog. Biogeosciences 10: 1067-1082. doi.org/10.5194/bg-10-1067-2013.

Bos, R. van den, 2003. Human influence on carbon fluxes in coastal peatlands; process analysis, quantification and prediction. Amsterdam. PhD thesis Vrije Universiteit Amsterdam.

Couwenberg, J., J. Augustin, D. Michaelis *et al.*, 2008. Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. DUENE Greifswald / RSPB Sandy.

Couwenberg J., A. Thiele, F. Tanneberger *et al.*, 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. Hydrobiologia 674: 67-89.

- Couwenberg J. & A. Hooijer, 2013.** Towards robust subsidence-based soil carbon emission factors for peat soils in south-east Asia, with special reference to oil palm plantations. *Mires and Peat* 12 Article 1: 1-13.
- Couwenberg, J., 2018.** Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures. *IMCG Bulletin* 1806 June-July 2018: 9-21.
- Flux landscape architecture, 2019.** Cope scape. Toekomstperspectief voor de blokpolders van Kamerik en Kockengen, ontwerp onderzoek bodemdaling, watersysteem en landgebruik. Utrecht.
- Grootjans, A.P., 2018.** Five reasons why not to invest in underwater drains to reduce subsidence in intensively used peat grasslands. In: Van den Akker J.J.H. (ed.). *Book of Abstracts* p. 19. Symposium IPS 50 years, Rotterdam, 13 September 2018.
- Grootjans, A.P. & W. Ph. ten Klooster, 1980.** Changes of groundwater regime in wet meadows. *Acta Botanica Neerlandica* 29: 541-554.
- Günther, A., G. Jurasinski, K. Albrecht *et al.*, 2017.** Greenhouse gas balance of an establishing Sphagnum culture on a former bog grassland in Germany. *Mires and Peat* 20 Article 2: 1-16.
- Hein, L., 2018.** We kunnen veengronden niet blijven ontwateren voor de boeren. *Financieel Dagblad*, 27-10-2018.
- Hendriks, R.F.A. & J.J.H. van den Akker, 2018.** Deltafact Onderwaterdrains. Amersfoort. Stowa.
- Hoving, I. E., P. F. G. Vereijken, K. M. van Houwelingen *et al.*, 2013.** Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond. Lelystad. Wageningen UR Livestock Research. Rapport no. 719.
- Hoving, I.E. J.J.H. van den Akker, H.T.L. Massop *et al.*, 2018.** Precisiewatermanagement op veenweidegrond met pompgestuurde onderwaterdrains. Lelystad. Wageningen Livestock Research. Rapport no. 1123.
- IMCG General Assembly, 2018;** IMCG Resolution on drained peatlands, with special reference to the Netherlands. *IMCG Bulletin* 1807: 10-11.
- Jansen, P. C., R. F. A. Hendriks & C. Kwakernaak, 2009.** Behoud van veenbodems door ander peilbeheer: maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied. Wageningen. Alterra. Rapport no. 2009.
- Karki, S, L. Elsgaard, T.P. Kandel *et al.*, 2016.** Carbon balance of rewetted and drained peat soils used for biomass production: a mesocosm study. *Global Change Biology Bioenergy* 8: 969-980. doi: 10.1111/gcbb.12334.
- Kechavarzi, C., Q. Dawson, M. Bartlett *et al.*, 2010.** The role of soil moisture, temperature and nutrient amendment on CO₂ efflux from agricultural peat soil microcosms. *Geoderma* 154: 203-210.
- Lafleur, P.M., T.R. Moore, N.T. Roulet *et al.*, 2005.** Ecosystem respiration in a cool temperate bog depends on peat temperature but not water table. *Ecosystems* 8: 619-629. doi: 10.1007/s10021-003-0131-2.
- Mäkiranta, P., Laiho, R., Fritze, H. *et al.*, 2009.** Indirect regulation of heterotrophic peat soil respiration by water level via microbial community structure and temperature sensitivity. *Soil Biology and Biochemistry* 41(4): 695-703.
- PBL, 2016.** Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving. PBL-publicatienummer 1064.
- PBL, 2018.** Effecten ontwerp Klimaatakkoord. Doorrekening voorstellen van de klimaattafels. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving. PBL-publicatienummer 3380.
- PBL, 2019.** Effecten ontwerp Klimaatakkoord. Doorrekening voorstellen van de klimaattafels. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving. PBL-publicatienummer 3619.
- Rozemeijer, J., S. Ball & B. van der Grift, 2017.** Regelbare drainage in het venige Hunzedal: winst voor akkerbouw en natuur? Amersfoort. Stowa. Rapport 2017-06.
- Ruyter, P. de, 2018.** Naar een weerbaar en volhoudbaar laagveenlandschap. *Landschap* 35: 184-195.
- Schothorst, C. J., 1967.** Bepaling van de componenten van de zakking na grondwaterstands daling. *Landbouwkundig Tijdschrift* 79(11): 402-411.
- Tanneberger, F. & W. Wichtman (eds.), 2011.** Carbon credits from peatland rewetting; climate-biodiversity-land use. Stuttgart. Schweizerbart Science Publishers.
- Tiemeyer, B., E.A. Borraz, J. Augustin *et al.*, 2016.** High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology* 22: 4134-4149. doi: 10.1111/gcb.13303
- Tüxen, R, 1954.** Pflanzengemeinschaften und Grundwasser-Ganglinien. *Angewandte Pflanzensoziologie* 8: 64-98.
- Wessolek, G., K. Schwärzel, M. Renger *et al.*, 2002.** Soil hydrology and CO₂ release of peat soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165: 494-500.
- Wetterskip Fryslan & Provincie Fryslan, 2019.** Gebiedsproces Aldeboarn-De Deelen. www.veenweidefryslan.frl/projecten/aldeboarn-de-deelen