CO_2 emissiereductie door watermanagementstrategieën in veenweiden

Onderwaterdrainage kan bodemdaling en CO_2 uitstoot in veenweidegebieden verminderen. Maar hoe beïnvloedt onderwaterdrainage veenafbraak en welke factoren beïnvloeden de effectiviteit van de techniek? Modelsimulaties bieden nieuwe inzichten om toekomstig watermanagement vorm te geven.

Door: Jim Boonman, Mariet M. Hefting, Corine J. A. van Huissteden, Merit van den Berg, Jacobus (Ko) van Huissteden, Gilles Erkens, Roel Melman en Ype van der Velde

Over de auteurs:
Jim Boonman, PhD student bij de Vrije Universiteit Amsterdam
Dr. Mariet Hefting, universitair hoofddocent bij de Universiteit Utrecht
Corine van Huissteden, veldonderzoeker bij de Vrije Universiteit Amsterdam
Dr. Merit van den Berg, postdoc bij de Vrije Universiteit Amsterdam
Dr. Ko van Huissteden, gepensioneerd universitair hoofddocent bij de Vrije Universiteit Amsterdam
Dr. Gilles Erkens, universitair hoofddocent bij Utrecht Universiteit en onderzoeker bij Deltares
Roel Melman, onderzoeker bij Deltares
Dr. Ype van der Velde, universitair hoofddocent bij de Vrije Universiteit Amsterdam
Reageren: Jim Boonman (j.boonman@vu.nl)

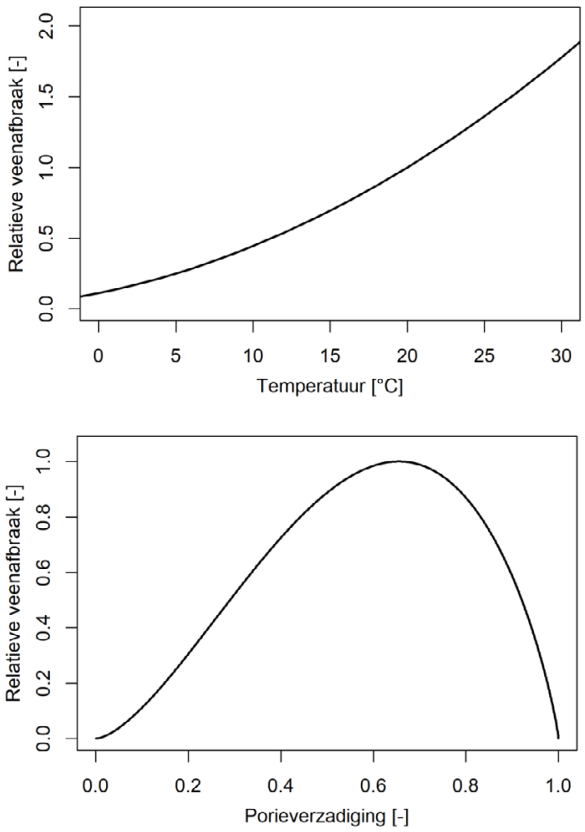
1. Introductie

Na duizenden jaren van veenaccumulatie in natte, zuurstofloze omstandigheden vervullen veenbodems vandaag een belangrijke rol in de wereldwijde koolstofopslag[1]. Drainage (via sloten en soms drainagebuizen) om landbouw te faciliteren zorgt echter voor afbraak van deze veenbodems door indringing van zuurstof, met bodemdaling en CO_2 uitstoot als gevolg[2]. De zuurstofindringing bij lagere grondwaterstanden maakt aerobe veenafbraak mogelijk waarbij veen relatief snel verdwijnt. Een mogelijke manier om deze afbraak tegen te gaan, is het voorkómen van lage grondwaterstanden in de zomer. Dit kan onder andere bereikt worden door het toepassen van verhoogde slootpeilen in combinatie met waterinfiltratiesystemen (WIS)[3].

Op basis van veldmetingen worden in de literatuur verschillende resultaten gerapporteerd met betrekking tot de CO_2 emissiereductie na toepassing van WIS en verhoogde slootpeilen[3, 4, 5]. De mogelijke oorzaak is dat WIS niet onder elke hydrologische en meteorologische situatie dezelfde effecten heeft op veenafbraak. Ook is het grondwaterpeil tot nu toe veelal gebruikt als proxy voor veenafbraak, terwijl de afbraak een veel directere relatie heeft met temperatuur en bodemvocht gehalte, waarop de grondwaterstand indirect een invloed uitoefent[6, 7]. Deze resultaten vragen een verdere duiding van de invloed van WIS op de factoren die veenafbraak veroorzaken.

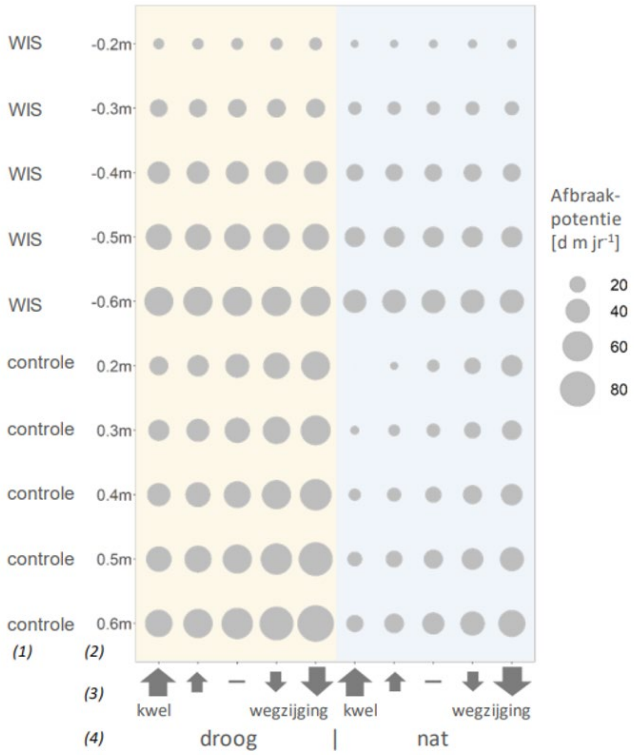
2. Veenafbraak modelleren

In dit artikel stellen we een nieuwe methode voor om het inschatten van veenafbraak te verbeteren onder verschillende hydrologische en meteorologische condities en waterbeheeraspecten van de maatregel (zoals slootwaterpeil). Tot nu toe wordt grondwaterstand veelal gebruikt als indicatie voor CO_2 uitstoot uit veenbodems. Omdat veenafbraak veroorzaakt wordt

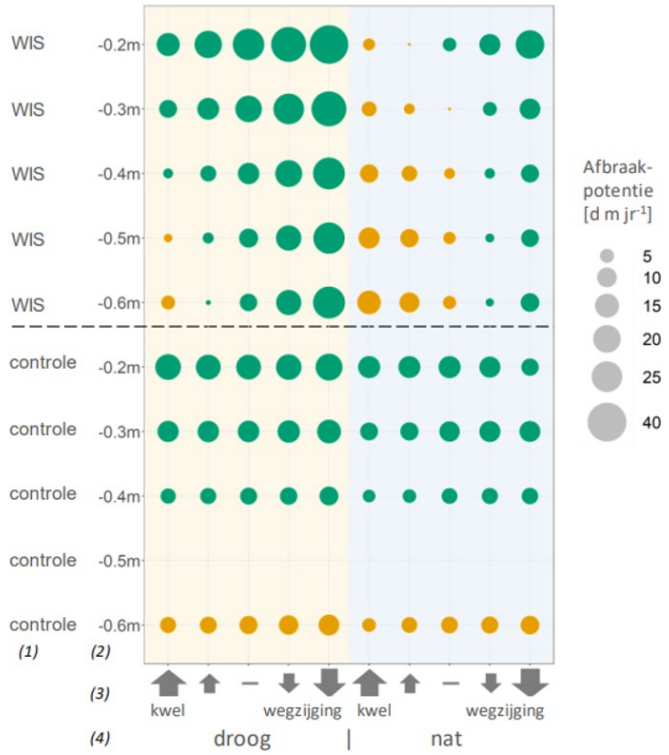


Figuur 1 – Relatieve veenafbraak in relatie tot temperatuur (boven) en porieverzadiging (onder).

Figuur a



Figuur b



Figuur 2 – (a) Stippenplot van de berekende veen-afbraakpotentie (respiratiesnelheid) voor elke modelsimulatie. Modelruns worden onderscheiden door (1) wel of niet toepassen van WIS, (2) slootwaterstand vanaf maaiveld, (3) kwelregime (1 mm d^{-1} kwel, aangegeven met de grootste pijl omhoog, tot 1 mm d^{-1} wegzijging) en (4) meteorologie (2018 als droog jaar, 2012 als nat jaar). (b) Effecten van WIS (boven) en slootwaterstand (onder) op de veen-afbraakpotentie. Groene stippen vertegenwoordigen een afname van de veenafbraak als gevolg van de maatregel (dus een gunstig effect), oranje stippen een toename als gevolg van de maatregel (een ongunstig effect). Effecten van WIS (boven) werden bepaald door modelsimulaties met en zonder WIS te vergelijken. Effecten van slootwaterstand (onder) werden bepaald door de scenario's zonder WIS voor elk slootwaterniveau te vergelijken met het scenario waarin het waterpeil 0.5 m onder het maaiveld ligt. Het vergelijken was in dezelfde categorie op de x-as.

door microben in de bodem, kan veenafbraak met resulterende emissies beter worden ingeschat op basis van condities die een directe invloed hebben op de microbiële activiteit, zoals bodemtemperatuur en bodemvochtigheid. Zo heeft bodemtemperatuur een exponentieel effect op veenafbraak (Fig. 1a). In geval van bodemvocht kent veenafbraak een optimum rond 65% porieverzadiging (Fig. 1b). Dit komt doordat een te natte bodem te weinig droge poriën heeft die zuurstof kunnen transporteren en een te droge bodem te weinig poriewater voor transport van voedingsstoffen voor de microben[7].

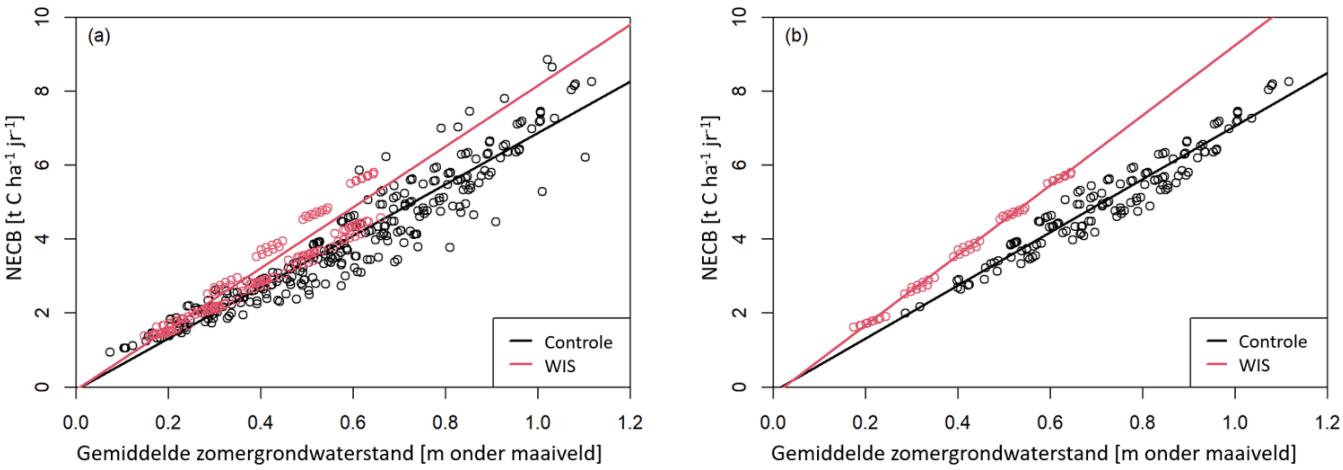
Door temperatuur- en bodemvochtcondities beide mee te nemen in een modelaanpak kan onder verschillende omstandigheden op elke individuele plek en diepte in een perceel de relatieve veenafbraak worden ingeschat over de tijd. Dergelijke berekeningen verschaffen meer inzicht in verschillen binnen een perceel (en over de tijd) dan enkel één gemiddelde waterstand.

3. Modelleren van WIS emissiereductie

We hebben de hydrologie in combinatie met bodemtemperatuur gemodelleerd met het simulatiemodel Hydrus 2D in een doorsnee veenweideperceel om de relatieve veenafbraak in te schatten voor verschillende scenario's. Op deze manier verschaffen we inzicht in de effecten van kwel of wegzijging (op- of neerwaartse grondwaterstroming), jaarlijkse droogte en watermanagementkeuzes. Het perceel dat is gesimuleerd heeft een breedte van 35 m en beschikt over een kleine greppel (0.3 m) in het midden. De gemodelleerde bodemopbouw heeft een toplaag met kleiig veen tot 0.2 m, een laag gedegradeerd veen van 0.4 m en een zeggeveenpakket tot 3 m. Implementatie van WIS is gemodelleerd aan de hand van drains op 70 cm diepte met 6 m afstand.

Figuur 2a toont de resultaten voor verschillende scenario's. In de bovenste bodemlaag (tot 0.2 m) vindt in alle gevallen de hoogste jaarlijkse veenafbraak plaats. Vanzelfsprekend vinden we de hoogste veenafbraak in een droog jaar, bij wegzijging en bij een lage zomerslootwaterstand. Andersom vinden we de laagste veenafbraak in een nat jaar, sterke kwelcondities en bij een hoge slootwaterstand.

Figuur 2b toont de effecten van slootwaterstandverhoging en WIS op veenafbraak ten opzichte van een referentiescenario met een zomerslootwaterstand van 0.5 m onder maaiveld. Een verhoogde slootwaterstand resulteert altijd in een lagere veenafbraak (groene stippen). De mogelijke CO_2 reductie met WIS hangt sterk af van de kwelcondities, slootwaterpeil en zomerdroogte. Bij sterke kwelcondities verhoogt WIS de CO_2 emissies in een aantal gevallen (in combinatie met lage slootwaterstanden) doordat de drains in deze omstandigheden juist een groot deel van de tijd draineren in plaats van infiltreren. De kwelsituatie zorgt normaal gesproken namelijk voor een overwegend hogere grondwaterstand dan het slootpeil en bij introductie van WIS wordt dit kwelwater met de drains afgevoerd wat resulteert in een lagere grondwaterstand. Bij zwakke kwel of wegzijging zorgt WIS in een droog jaar altijd voor een reductie, maar in een nat jaar mogelijk ook voor verhoging van de aerobe veenafbraak.



Figuur 3 – Gemiddelde zomergrondwaterstand en NECB (Net Ecosystem Carbon Balance, als maat voor veenafbraak) voor simulaties met en zonder WIS. In (a) worden alle simulaties weergeven en in (b) alleen de simulaties gekenmerkt door een extreem droge zomer.

Dit komt door de betere drainage bij het WIS systeem in natte tijden, vergeleken met de controle situatie zonder drains. WIS in combinatie met een hogere slootwaterstand zorgt ervoor dat de aerobe veenafbraak het meest effectief afneemt. Voor droge jaren tonen de modelberekeningen een risico dat WIS zorgt voor een stabiele onverzadigde zone met ideale temperatuur en bodemvochtcondities voor veenafbraak, al is er in deze jaren meestal wel een reductie van CO_2 emissies doordat de onverzadigde zone dankzij WIS minder diep reikt.

Het onderzoek laat zien dat de effecten van WIS op aerobe veenafbraak niet onder alle omstandigheden gunstig zijn. Gedurende zomerperioden en in afwezigheid van sterke kwelcondities spelen de volgende effecten van WIS een rol: (1) drainerende werking in natte omstandigheden zorgt voor een diepere onverzadigde zone en verhoogde veenafbraak in natte perioden, (2) kans op een matig temperatuur verhogend effect van de onverzadigde zone wat zorgt voor een hogere veenafbraak (een nattere veenbodem zorgt voor meer warmtegeleiding), (3) waterinfiltratie verkleint de onverzadigde zone in droge perioden waardoor minder zuurstofindringing plaatsvindt en veenafbraak wordt geremd en (4) wanneer bodemcondities ontstaan met optimale vochtomstandigheden kan veenafbraak juist gestimuleerd worden. Uiteindelijk zijn het eerste en derde effect dominant waardoor in een nat jaar WIS minder effectief is en soms nadelig (bij lage slootwaterstanden en kwelsituaties), en in droge jaren meestal een positief effect heeft. Met het vooruitzicht op meer extreem droge zomers in de toekomst door klimaatverandering verwachten we een gunstig effect van WIS over de lange termijn. Dit geldt niet in combinatie met sterke kwelcondities en lage slootwaterstanden.

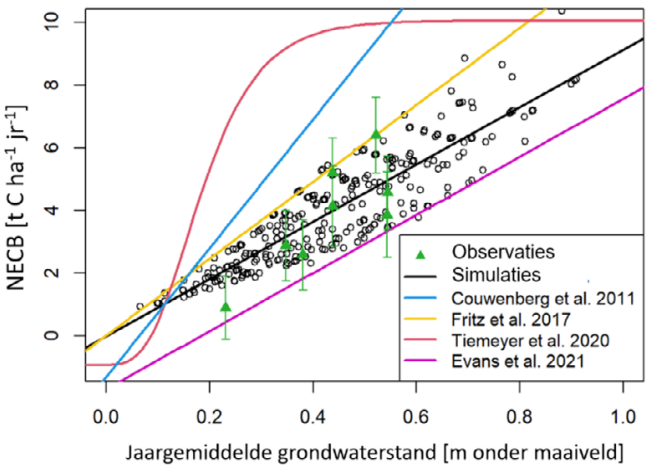
De bovenstaande effecten van WIS onder verschillende omstandigheden komen overeen met metingen uit andere onderzoeken: een redelijk hoge reductie van veenafbraak (45%) bij matige wegzijging en zomerslootwaterstanden van 0.3 m onder maaiveld[3] en een lage -lastig meetbare- reductie (0-10%) bij diepe slootwaterstanden van 0.6 m onder maaiveld[4]. Op korte termijn worden nieuwe inzichten uit metingen verwacht zoals onderzocht binnen het Nationaal Onderzoeksprogramma Veenweiden (NOBV).

De modelstudie focust op de effecten van temperatuur en bodemvocht op aerobe afbraak. Daarnaast is het belangrijk andere effecten van WIS beter te onderzoeken, zoals het infiltreren van zuurstofrijk water en het wegspoelen van organische stof. Tot slot blijft het noodzakelijk dat ook beter zicht komt op de anaerobe veenafbraak inclusief de uitstoot van methaan en lachgas. De CO_2 emissiereducties moeten in perspectief geplaatst worden met de totale broeikasgasemissies om het netto effect op het klimaat te bepalen.

4. Grondwaterstandrelaties

Betekent de introductie van de nieuwe methode om veenafbraak in te schatten (op basis van temperatuur en bodemvocht) dat grondwaterstandrelaties afgeschreven zijn? In principe niet, want de gemodelleerde zomergemiddelde grondwaterstand correleert nog sterk met de gesimuleerde veenafbraak ($r^2 = 0.90$, Fig. 3a), net als de jaargemiddelde grondwaterstand ($r^2 = 0.81$). Doordat veenafbraak een exponentiële relatie heeft met de bodemtemperatuur is de zomergemiddelde grondwaterstand bepalender voor veenafbraak dan de jaargemiddelde grondwaterstand. Het is dan ook opmerkelijk dat er tot dusver voornamelijk gebruik gemaakt wordt van jaargemiddelde grondwaterstandrelaties. Naar aanleiding van dit onderzoek menen we dat het beter is om in de toekomst met de zomergemiddelde grondwaterstand te werken.

Doordat veenafbraak slechts indirect door de grondwaterstand wordt beïnvloed, namelijk via het effect op bodemvocht en temperatuur, wordt een deel van de variatie in veenafbraak tussen scenario's niet door de grondwaterstand verklaard. In een droog jaar zien we daarnaast dat de relatie tussen zomergemiddelde grondwaterstand en veenafbraak sterker is voor WIS scenario's (Fig. 3b). Dit betekent dat de veenafbraak van een WIS perceel bij diepere grondwaterstanden snel onderschat wordt wanneer er met eerder bepaalde relaties tussen grondwaterstand en veenafbraak wordt gerekend. Voor nattere omstandigheden is het verschil in relatie tussen zomergemiddelde grondwaterstand en veenafbraak voor WIS en referentie verwaarloosbaar. Om bovengenoemde modelinzichten te verifiëren zijn er meer veldmetingen nodig.



Figuur 4 – Relatie tussen jaargemiddelde grondwaterstand en NECB (veenafbraak) in deze studie vergeleken met internationale empirische relaties uit de literatuur. Veldmetingen uit deze studie zijn afgebeeld met standaard deviaties.

Figuur 4 toont dat de relatie die is gevonden in deze studie goed overeenkomt met eerder opgestelde empirische relaties tussen veenafbraak (NECB) en jaargemiddelde grondwaterstand, met uitzondering van Couwenberg[8] en Tiemeyer[9]. De verschillen tussen de studies kunnen worden veroorzaakt door een verschil in methodologie om veenafbraak te bepalen in het veld.

5. Discussie

Tot nu toe is veenafbraak, en het effect daarop van maatregelen als WIS en verhoogde slootpeilen, over het algemeen gerelateerd aan de jaargemiddelde grondwaterstand. Bodemvocht en bodemtemperatuur hebben echter een meer directe relatie met de afbraak. In dit onderzoek is het effect van WIS dan ook modelmatig geschat op basis van bodemtemperatuur en bodemvocht. De effectiviteit is sterk afhankelijk van het gebied (kwel/wegzijgingssituatie en bodemopbouw) en het slootwatermanagement. WIS is het effectiefst bij hoge slootwaterstanden (of het gebruik van drukdrainage) en/of in wegzijgingsgebieden. Bij lage slootwaterstanden en kwelsituaties kan WIS juist verhoging van CO_2-emissies veroorzaken doordat het drainerende effect overheerst. Met meer droge zomers in het vooruitzicht verwachten we een netto emissie-reducerend effect van WIS over de lange termijn (kwelcondities uitgezonderd).

Naast het effect op CO_2 emissies is de combinatie met overige broeikasgasemissies bepalend voor het netto klimaateffect. Om methaan of lachgasemissies te voorkomen blijkt uit een studie van Tiemeyer[9] dat jaargemiddelde grondwaterstanden hoger dan 0.2 m –mv niet gewenst zijn. Daarnaast is niet gekeken naar de invloeden van WIS op de anaerobe veenafbraak en overige haalbaarheidsaspecten van WIS, zoals de watervraag en het mogelijk effect van een dunner veenpakket op 'lekkage' naar onderliggende zandlagen.

De watermanagementstrategieën die in dit artikel worden besproken, kunnen toegepast worden bij conventioneel landgebruik (begrazing en veehouderij) van de veenweide, maar er bestaan andere strategieën om broeikasgasuitstoot en veenafbraak te reduceren. Het is essentieel om de toekomst van de veenweiden te bepalen vanuit meerdere disciplines, waarbij de gehele samenleving en biodiversiteit centraal staan in een langetermijnvisie.

Nawoord

Dit artikel is een samenvatting van een wetenschappelijke studie gepubliceerd in Biogeosciences[10]. De studie is onderdeel van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV). Het NOBV is in het kader van het Klimaatakkoord in 2019 gestart in opdracht van het in ministerie van LNV en wordt aangestuurd door STOWA. Het programma wordt uitgevoerd door een consortium van universiteiten en kennisinstituten: Deltares, Radboud Universiteit Nijmegen, Universiteit Utrecht, Vrije Universiteit Amsterdam, Wageningen Environmental Research, Wageningen Universiteit, Technische Universiteit Delft en B-ware.

In het oorspronkelijke artikel wordt duidelijk dat de modelresultaten in lijn zijn met gemeten variabelen op veldlocaties. Verder wordt in het artikel besproken hoe de relatie tussen porieverzadiging en veenafbraak is afgeleid. Om uitspraken in dit onderzoek m.b.t. effectiviteit van WIS en watermanagementstrategiën te bevestigen zijn langetermijnmetingen op verschillende locaties essentieel. Binnen het NOBV worden er over een periode van meerdere jaren metingen gedaan op diverse locaties verspreid over het Nederlandse veenweidegebied. Alle data die in het NOBV worden vergaard zijn toegankelijk.

Referenties

1 Leifeld, J. en Menichetti, L.: The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies /704/47/4113 /704/106/47 article, Nat. Commun., 9, https://doi.org/10.1038/s41467-018-03406-6, 2018.

2 Erkens, G., Van der Meulen, M. J., en Middelkoop, H.: Double trouble: Subsidence and CO_2 respiration due to 1,000 years of Dutch coastal peatlands cultivation, Hydrogeol. J., 24, 551–568, https://doi.org/10.1007/s10040-016-1380-4, 2016.

3 Querner, E. P., Jansen, P. C., van den Akker, J. J. H., en Kwakernaak, C.: Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows, J. Hydrol., 446–447, 59–69, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.029, 2012.

4 Weideveld, S. T. J., Liu, W., Van den Berg, M., Lamers, L. P. M., en Fritz, C., Conventional subsoil irrigation techniques do not lower carbon emissions from drained peat meadows, 18, 3881–3902, https://doi.org/10.5194/bg-18-3881-2021, 2021.

5 Pagenkemper, S., Jansen-Minßen, F., Höper, H., Sieber, A. C., Minke, M., Heller, S., Lange, G., Schröder, U., Gatersleben, P., Giani, L., Landscheidt, S., Buchwald, R., and Kupke, L.: SWAMPS. Zwischenergebnisse der bisherigen Projektlaufzeit (Kernaussagen), 2021.

6 Parmentier, F. J. W., van der Molen, M. K., de Jeu, R. A. M., Hendriks, D. M. D., en Dolman, A. J.: CO_2 fluxes and evaporation on a peatland in The Netherlands appear not affected by water table fluctuations, Agric. For. Meteorol., 149, 1201–1208, https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.11.007, 2009.

7 Moyano, F. E., Manzoni, S., en Chenu, C., Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models, Soil Biol. Biochem., 59, 72–85, https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.002, 2013.

8 Couwenberg, J., et al., Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy, Hydrobiologia, 674, 67–89, https://doi.org/10.1007/s10750-011-0729-x, 2011.

9 Tiemeyer, B. et al., A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application, Ecol. Indic., 109, 105838, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838, 2020.

10 Boonman, J. et al., Cutting peatland CO_2 emissions with rewetting measures, Biogeosciences Discuss., 1–31, 2022.