

Mix van maatregelen ADD

Overzicht maatregelen water, bodem en landgebruik

A&W-rapport 21-381d



in opdracht van

provinsje fryslân
provincie fryslân 

Mix van maatregelen ADD

Overzicht maatregelen water, bodem en landgebruik

A&W-rapport 21-381d

M. Brongers
E. Wymenga

Foto Voorplaat

Natte greppel in droge voorjaarsperiode, foto A&W

M. Brongers, E. Wymenga 2023

Mix van maatregelen ADD. Overzicht maatregelen water, bodem en landgebruik . A&W-rapport 21-381d.
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever**Provinsje Fryslan**

Tweebaksmarkt 52
8911 KZ Leeuwarden

Uitvoerder**Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

Vestiging Amsterdam
Sciencepark 400
1098 XH Amsterdam
Matrix II, Unit 1.08 en 1.09

Tekeningen

Mariska van Reijn

VAN REIJN
LANDSCHAPSONTWERP

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer

21-381

Projectleider

E. Wymenga

Status

Werkdocument, versie 31 juli 2023

Autorisatie

Goedgekeurd

Paraaf

R. de Jong

Datum

31 juli 2023

Kwaliteitscontrole

Goedgekeurd

Paraaf

E. Oosterveld

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Inkadering en type maatregelen	3
2.1	Inkadering	3
2.2	Typen maatregelen	3
2.3	Het belang van de schaal en samenhang van maatregelen	5
3	Presentatie van maatregelen	7
3.1	Peilverhoging jaarrond – watersysteem	8
3.2	Peilverhoging via flexibel peilbeheer volgens HAKLAM - watersysteem	10
3.3	Verkleinen peilvakken – watersysteem	12
3.4	Verruimen duikers - watersysteem	13
3.5	Hoofd- of zijwatergangen met flauwe taluds - watersysteem	14
3.6	Knijpen van de afvoer - watersysteem	15
3.7	Extensiveren onderhoud watergangen - watersysteem	16
3.8	Bergingsgebieden inrichten - watersysteem	18
3.9	Peilbeleid en normering - watersysteem	19
3.10	Verbreden sloten – waterbeheer perceelsniveau	20
3.11	Nieuwe sloten – waterbeheer perceelsniveau	21
3.12	Greppelinfiltratie – waterbeheer perceelsniveau	22
3.13	Waterinfiltratiesystemen (WIS) – waterbeheer perceelsniveau	25
3.14	Bevloeien - waterbeheer perceelsniveau	27
3.15	Overlagen - bodembeheer perceelsniveau	29
3.16	Klei IN veen - bodembeheer perceelsniveau	30
3.17	Profielkeren - bodembeheer perceelsniveau	31
3.18	Bodemvruchtbaarheid – bodembeheer perceelsniveau	32
3.19	Geen kerende grondbewerking - bodembeheer perceelsniveau	33
3.20	Flauwe begroeide taluds – bodem- en waterbeheer perceelsniveau	35
3.21	Onbemeste bufferzone langs watergangen – bodembeheer perceelsniveau	36
4	Kennishiaten	38
5	Literatuur	40

1 Inleiding

Aanleiding

In het kader van het gebiedsproces Aldeboarn-De Deelen (ADD) wordt gewerkt aan het ontwikkelen van gebiedsplannen voor ADD-Zuid en ADD-Noord. Centraal daarin staan de vier doelen van het Veenweideprogramma 21-30 (bodemdaling, reductie CO₂, perspectief landbouw, robuust en klimaatbestendig watersysteem) en de gebiedsdoelen van ADD (natuur & landschap, cultuurhistorie, rood, energie, recreatie & toerisme). Deze worden in een separate gebiedsvisie uitgewerkt.

In het kader van de voorbereiding van de gebiedsplannen gaat veel aandacht uit naar het watersysteem, met een uitwerking van peilverhoging en drooglegging. Peilverhoging is een belangrijk middel om de doelen ten aanzien van bodemdaling en reductie CO₂-emissie te bereiken maar met peilverhoging alleen gaat dat niet. Er zijn ook aanvullende maatregelen nodig, bijvoorbeeld om negatieve effecten voor landbouw of klimaat te mitigeren dan wel maatregelen om de grondwaterstanden op peil te houden. Uiteindelijk gaat het om een mix van maatregelen die in samenhang worden genomen, en die in een bepaald deel van het gebied of op een bepaald bedrijf passend is. Hoe die mix precies is samengesteld, hangt samen met de doelen die in dat deel van het gebied leidend zijn, de ontwikkelingsrichting van de landbouw die daarbij past en, niet in de laatste plaats, de keuzes die een boer daar in maakt. In het gebiedsproces ADD was behoefte aan een overzicht van de mogelijke maatregelen. Daartoe is dit rapport opgesteld.

Doel

De focus in dit werkdocument ligt op maatregelen die gericht zijn op de veenweidedoelen en te maken hebben water, bodem en landgebruik. Het doel is om een overzicht te maken van de verschillende maatregelen, kort samen te vatten wat die inhouden en aan te geven wat bekend is over de effectiviteit, risico's en onzekerheden. Sommige van die maatregelen zijn al bewezen effectief, andere zijn nog in de fase van onderzoek of ideevorming.

Aanpak en opzet

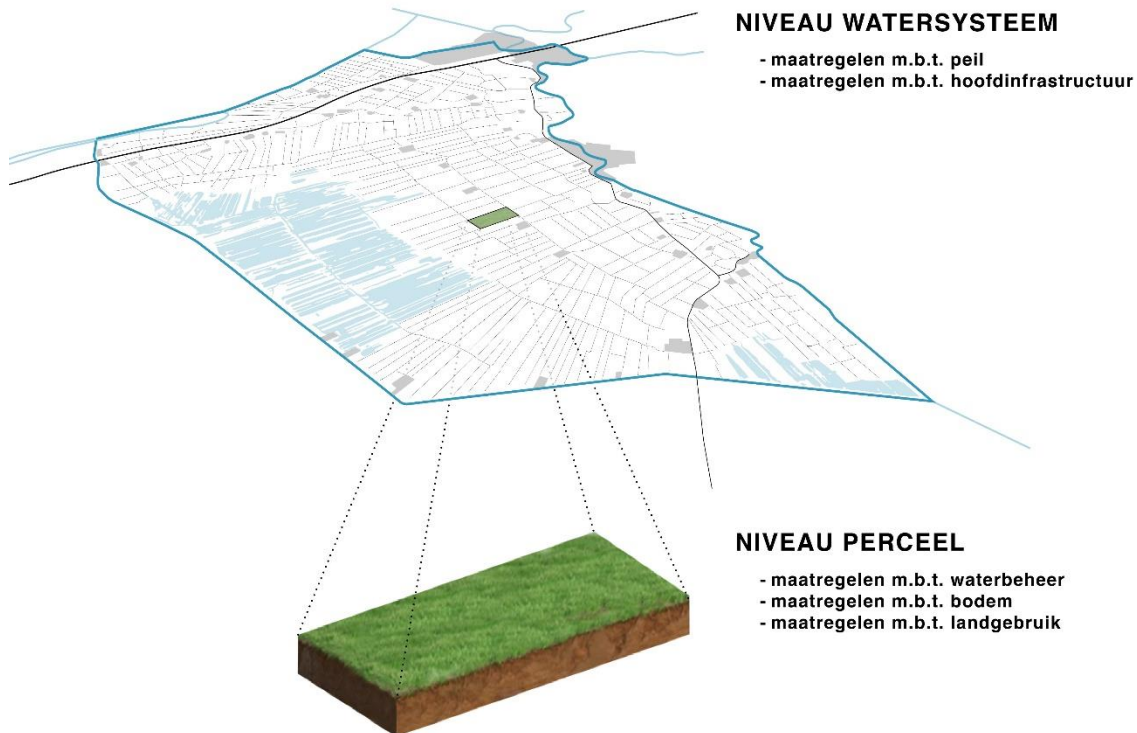
Het overzicht is gemaakt op basis van ideeën en voorstellen die zijn ingebracht in het gebiedsproces ADD, informatie uit de Deltafacts van STOWA¹, factsheets van maatregelen van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling², haalbaarheidsstudies en onderzoeksresultaten van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV)³, het rapport 'Inventarisatie haalbaarheid maatregelen in het veenweidegebied' (Pijlman *et al.* 2021), en de eindrapportage project Integrale Bodemverbetering Feangreiden 2020-2022 van Louis Bolk Instituut (Hoekstra *et al.* 2023). Daarnaast zijn nuttige aanvullingen verkregen vanuit het Innovatieteam Veenweiden (N. Hartong, N. Bosma) en is een aanvullende verkenning gedaan van overige maatregelen om CO₂-emissie te reduceren of koolstof vast te leggen (Oosterveld *et al.* 2023).

In hoofdstuk 2 gaan we in op de inkadering en indeling van maatregelen. De maatregelen worden gepresenteerd in hoofdstuk 3. Daarbij wordt per maatregel aandacht besteed aan de effectiviteit, onzekerheden en risico's, toepasbaarheid en kennisontwikkeling. Het werkdocument sluit af met een overzicht van kennisvragen.

¹ <https://www.stowa.nl/deltafacts/list>

² <https://www.kennisprogrammabodemdeling.nl/home/factsheets/>

³ <https://www.nobveenweiden.nl/over-nobv/>



Figuur 2.1. Soort van maatregelen in het veenweidegebied Aldeboarn-De Deelen (kaartondergrond ADD-Zuid). Maatregelen kunnen betrekking hebben op het niveau van het watersysteem (peilbeheer, inrichting watersysteem, infrastructuur) en op het niveau van het perceel (waterbeheer, bodem, landgebruik).

Leeswijzer

Bij het lezen van dit rapport zijn vier opmerkingen van belang.

- Het voorliggende rapport is bedoeld voor deelnemers in het gebiedsproces ADD en andere betrokkenen in het Friese veenweidegebied. Het biedt een overzicht van mogelijke maatregelen in het kader van de veenweidedoelen op het gebied van water, bodem en landgebruik;
- Het rapport bevat een opsomming van maatregelen met per maatregel een kort overzicht van doel en inhoud, risico's en onzekerheden, toepasbaarheid en kennisontwikkeling. De maatregelen zijn bekeken vanuit het perspectief van de veenweidedoelen, in het bijzonder vermindering uitstoot CO₂ en bodemdaling, en een klimaatbestendige inrichting. Risico's zijn vooral bekeken vanuit het perspectief van de landbouw.
- De kennis omtrent de effectiviteit van maatregelen leunt sterk op de onderzoeken die worden uitgevoerd vanuit het NOBV, STOWA en onderzoeken die geïnitieerd worden vanuit het Innovatieteam Feangreide van de Provinsje Fryslân. Er is veel kennis ontwikkeld en tegelijkertijd is het nodig dit onderzoek voort te zetten om onzekerheden te verkleinen en de betrouwbaarheid te vergroten. Wat dat betreft is dit overzicht een momentopname (juli 2023).
- De afzonderlijke maatregelen staan niet op zichzelf. Juist door een integrale gebiedsaanpak, waarbij maatregelen op schaal en in samenhang worden genomen, kunnen effecten van maatregelen goed tot hun recht komen. De effectiviteit van maatregelen moet ook in die context worden beoordeeld. Zie daarvoor paragraaf 2.3.

2 Inkadering en type maatregelen

2.1 Inkadering

ADD is in het kader van het Veenweideprogramma 21-30 (VP21-30) aangewezen als ontwikkelgebied. Vanuit VP21-30 is de inzet vooral gericht op het verminderen van de negatieve effecten van bodemdaling en de reductie van de emissie van broeikasgassen, en daarvoor is peilverhoging nodig. Dit vraagt een aanpassing van de waterhuishouding in het gebied en dat heeft gevolgen voor het landgebruik op perceelsniveau, met een doorwerking in de bedrijfsvoering.

Als criterium voor het onderscheiden van maatregelen hebben we ingezoomd op mogelijke maatregelen in de sfeer van water, bodem en landgebruik in de melkveehouderij die bijdragen aan het halen van de genoemde veenweidedoelen incl. de KRW. Hetzij vanwege de directe positieve effecten op de beoogde doelen, hetzij om negatieve neveneffecten van maatregelen te mitigeren. Voor wat betreft landgebruik kijken we vooral naar maatregelen die bijdragen aan het vastleggen van CO₂ dan wel het verminderen van de emissie van broeikasgassen. We gaan dus niet in op maatregelen als het aanpassen van de bemesting⁴ voor kruidenrijk grasland (zie daarvoor Mettrop *et al.* 2021), weidevogelbeheer of bijvoorbeeld alternatieve teelten bij een hoog peil (natte teelten, veenmos voor maaiveldverhoging).

2.2 Typen maatregelen

De maatregelen die relevant zijn in het veenweidegebied onderscheiden zich naar ruimtelijk schaalniveau (watersysteem, bedrijf of perceel) waar de maatregel op ingrijpt (watersysteem, bodemsysteem of landgebruik) en type maatregel (inrichting, beheer of beleid). Zie figuur 2.1.

Maatregelen op watersysteemniveau

Aangezien peilverhoging wordt ingezet als het belangrijkste middel om de veenweidedoelen te bereiken en het daarnaast een doel is om een robuust en klimaatbestendig watersysteem te ontwerpen, is het eerste niveau waarop maatregelen genomen worden dat van het watersysteem (figuur 2.2). Daarbij zijn maatregelen relevant die betrekking hebben op a) het peilbeheer, b) de inrichting van de hoofdwaterinfrastructuur en c) het waterbeleid.

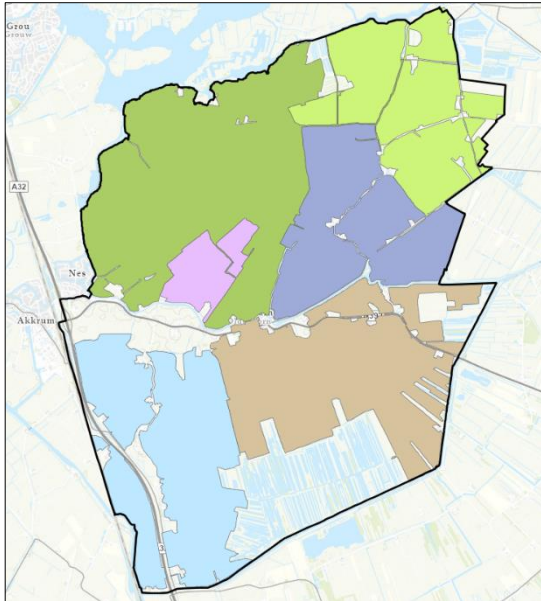
Maatregelen peilbeheer

Het peilbeheer wordt gevoerd door WSF en de gekozen peilen worden vastgelegd in peilbesluiten. Om effecten van bodemdaling en de emissie van broeikasgassen te verminderen wordt een peilverhoging in ADD voorbereid. Deze verschilt per peilvak, al naar gelang bodem, hoogteligging en ontwikkelingsrichting van de landbouw. Een peilverhoging is niet facultatief maar wordt vastgelegd en doorgevoerd per watersysteem, en in een watersysteem per peilvak.

Maatregelen hoofdinfrastructuur watersysteem

Via de hoofdinfrastructuur van het watersysteem kan een adequaat peilbeheer worden gevoerd, in het bijzonder voor de aan- en afvoer van water. Maatregelen kunnen betrekking hebben op de inrichting, dimensionering en het onderhoud van de (hoofd)watergangen, het vasthouden of afvoeren van water en de detaillering van het watersysteem (grootte van de peilvakken).

⁴ Voor de effecten van mestaanwending op de bodem en gewasopbrengst in Friese veenweidegebieden verwijzen we naar het lopend onderzoek van het Louis Bolk Instituut (Hoekstra *et al.* 2023b-c). Zie Box 1 (blz. 24).



Figuur 2.2. In het veenweidegebied Aldeboarn De Deelen worden zes watersystemen onderscheiden, elk met een eigen bemaling.

Maatregelen voortvloeiende uit waterbeleid

Het uiteindelijke waterbeheer vindt plaats binnen de kaders die zijn vastgesteld in het (regionale) waterbeleid. Deze kaders kunnen al dan niet worden aangepast tegen de achtergrond van klimaatverandering en functie-aanpassing. Zo is in dat kader recent de conceptnotitie peilbeleid Veenweidegebied door het Wetterskip opgesteld (WSF 2022).

Maatregelen op perceelsniveau

Het tweede schaalniveau is dat van een perceel of groep van percelen. Daarbij zijn maatregelen relevant die betrekking hebben op a) inrichting (vooral ten aanzien van de detailontwatering), b) bodem en c) landgebruik. De complete set aan maatregelen op perceelsniveau vormt daarbij de gereedschapskist waaruit gekozen kan worden, voor zover passend binnen de eerder gestelde doelen en opgaven. Een deel van de maatregelen hangt samen met de mate van vernatting, andere maatregelen staan daar meer of minder los van.

Maatregelen inrichting detailontwatering

Inrichtingsmaatregelen voor de detailontwatering die betrekking hebben op de sloten (breedte, taluds), drainage (onderwaterdrainage, drukdrainage en/of greppels) en grondwaterbeheer (greppelinfiltratie). Het gaat derhalve niet alleen om afvoer (ontwatering) maar ook om aanvoer om de grondwaterstanden op peil te houden. Ook bevoeien hoort daarbij.

Maatregelen bodem

Vanuit het Innovatieteam Feangreide van de Provinsje Fryslân worden verschillende maatregelen onderzocht die ingrijpen op het bodemsysteem zoals het ophogen van bodems ('overlagen'), het inbrengen van klei (klei in veen), verandering van het bodemprofiel en bodemvruchtbaarheid.

Graslandbeheer en landgebruik

Naast de emissie van broeikasgassen wordt wereldwijd veel aandacht geschonken aan vormen van landgebruik die koolstofvastlegging bevorderen (www.drawdown.org). In de publicatie 'Farming our Way Out of the Climate Crisis'⁵ worden verschillende van deze vormen van 'carbon

⁵ https://drawdown.org/sites/default/files/pdfs/DrawdownPrimer_FoodAgLandUse_Dec2020_01c.pdf

farming beschreven (Toensmeier *et al.* 2020), waaronder regeneratieve landbouw. Vaak betreft dat landgebruik op minerale gronden. Oosterveld *et al.* (2023) hebben de kennis in beeld gebracht over de betekenis van graslandbeheer voor koolstofvastlegging in veenweiden. Dat heeft vooral betrekking op niet-kerende grondbewerkingen en afbouw van bemesting.

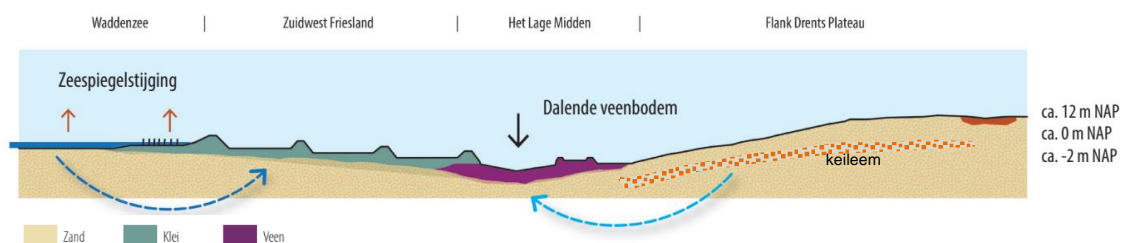
2.3 Het belang van de schaal en samenhang van maatregelen

Om de veenweidedoelen te realiseren wordt er, conform VP21-30, op ingezet om via maatwerk (in gebiedsprocessen) te komen tot een grondwaterstand van gemiddeld 40 cm -mv (streefpeil) in de gebieden met een veenpakket dikker dan 80 cm en een kleidek dunner dan 40 cm. Het doel is om het uitzakken van de grondwaterstand in droge zomers zoveel mogelijk te voorkomen.

Modelberekeningen in het kader van een brede grondwaterstudie (Provinsje Fryslân, WSF; Boukes *et al.* 2019) laten het belang zien van de schaal waarop maatregelen worden toegepast. Een integrale peilverhoging in het veenweidegebied – via maatwerk en rekening houdend met de dikte van het veenpakket en het kleidek – resulteert in een integrale verhoging van de grondwaterstand, tot in het zandgebied. Dat laat ook zien hoe groot de invloed van het veenweidegebied is op het Friese grondwatersysteem.

Door het combineren en stapelen van maatregelen, zoals bijvoorbeeld peilverhoging in combinatie met WIS-maatregelen⁶, wordt op gebiedsniveau gezorgd voor een hogere drainagebasis in het watersysteem. Het onder het veen liggende (dek)zand speelt daarin een belangrijke rol (figuur 2.2). Al met al hebben maatregelen voor peilverhoging in alle gebieden tezamen een elkaar versterkend effect op de diepe en middeldiepe stijghoogte van het grondwater. Deze verhoogde druk heeft als gevolg dat vooral de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) minder ver uitzakt.

Bovenstaande betekent dat de effectiviteit van een maatregel op de grondwaterstand niet op zichzelf (bijv. op perceelsniveau) moet worden beoordeeld, maar altijd vanuit het perspectief dat deze in samenhang met andere maatregelen wordt genomen, op de schaal van een gebied en in meerdere gebieden tezamen. Dat ‘integrale’ effect kan veelal niet worden afgeleid van metingen op perceelsniveau, maar alleen wanneer (model)berekeningen worden gedaan van alle maatregelen samen op gebiedsniveau (zie de Grondwateratlas Fryslân, blz. 69).



Figuur 2.2. Sterk vereenvoudigde doorsnede van Fryslân, met zand, veen en klei. Aangepast naar Mettrop *et al.* (2022).

⁶ WIS-maatregelen: Waterinfiltratie systemen, hetzij passief zoals greppelinfiltratie en onderwaterdrainage, hetzij actief via drukdrainage. Zie ook NOBV 2023.



ADD-Noord, april 2023, met plas-dras in de Soarre Moarre, foto A&W

3 Presentatie van maatregelen

Op de volgende bladzijden worden de maatregelen volgens een vast stramien gepresenteerd, eerst de maatregelen op het niveau van het watersysteem en dan die op het niveau van percelen of sloten. Voor elke maatregel is een vereenvoudigde schets gemaakt en een korte tekstuele toelichting.

Informatie over de maatregelen

Bij de presentatie van maatregelen gaat het om de volgende aspecten. In de eerste plaats betreft dat een eenduidig begrip van een maatregel: wat houdt deze in, en wat wordt precies gedaan. In de tweede plaats waar de maatregel voor bedoeld is, in hoeverre deze effectief is en op welke andere aspecten de maatregel van invloed is, positief of negatief. De kennis over de werking en effectiviteit van een maatregel verschilt nogal. Voor sommige maatregelen is de effectiviteit bewezen, bij andere is de werking onzeker of wordt deze verondersteld (hypothese). Hier is nog nader onderzoek nodig. Voor elke maatregel geven we aan: doel en inhoud van de maatregel, risico's en onzekerheden, toepasbaarheid en kennisontwikkeling. Ten aanzien van de kennisontwikkeling geldt, dat in het kader van het VP21-30 en door het Innovatieteam Feangreide veel kennisvragen zijn uitgezet⁷. Daar is voor dit rapport gebruik van gemaakt.

In dit werkdocument voor ADD-Zuid is voor de maatregelen geen LCA (Levenscyclusanalyse) opgenomen. In een LCA worden alle aspecten (milieu, water, klimaat, biodiversiteit) van een maatregel meegenomen en gewogen, van aanleg tot een lange periode van uitvoering. Zo kunnen maatregelen onderling beter op hun merites worden beoordeeld, zeker waar het gaat om het totaal van emissies. Zonder LCA wordt op slechts een deel van de aspecten beoordeeld. Dat kan een vertekend beeld geven. Om die reden moet dit werkdocument gezien worden als eerste stap voor ADD-Zuid. In breder veenweide-verband is het zinvol de LCA van deze maatregelen in kaart te brengen (zie hoofdstuk 4).

Nodig voor de opgaven/doelen of aanvullend?

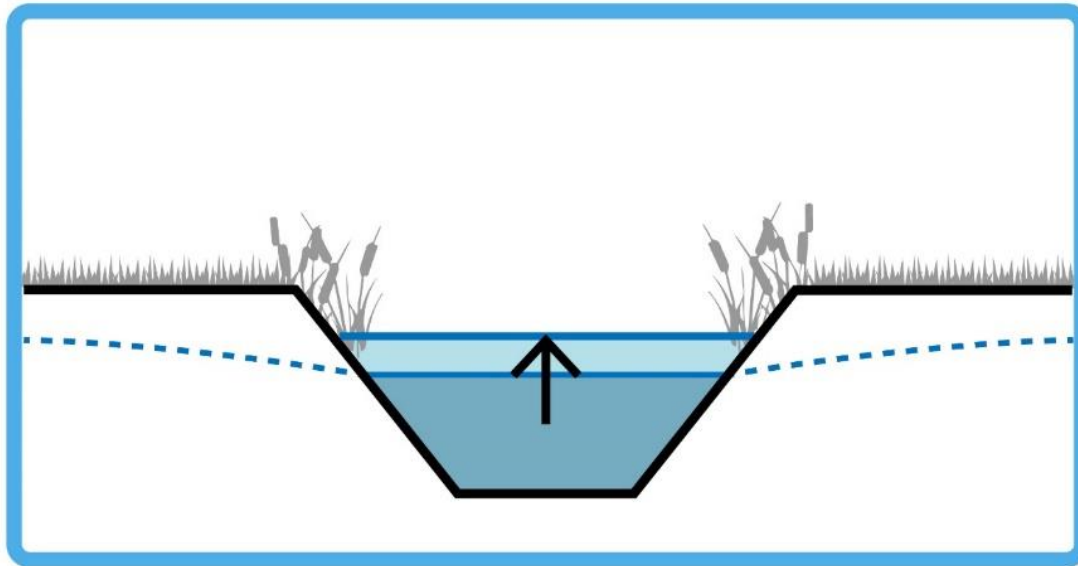
We maken voorts onderscheid in maatregelen die nodig worden geacht om de opgaven te halen en maatregelen die aanvullend kunnen worden genomen om op maat effecten te mitigeren of te versterken. Dit wordt aangegeven met een kleur van het kader rond de vereenvoudigde schets:

Blauw – Alle maatregelen die voortvloeien uit de opgaven, inclusief de inrichting van het watersysteem. Deze worden genomen op initiatief van - en komen voor verantwoordelijkheid van de overheid via het flankerend beleid.

Groen – maatregelen die op initiatief van en voor verantwoordelijkheid van de boer op bedrijfs- of perceelsniveau kunnen worden genomen om eventuele effecten te mitigeren of te versterken.

Oranje – idem als groen. Bij deze maatregelen is nog sprake van veel onzekerheden over effectiviteit of toepasbaarheid, of ze zijn niet relevant voor ADD maar worden voor de volledigheid wel genoemd.

⁷ <https://www.veenweidefryslan.frl/onderzoeken/onderzoeken>



3.1 Peilverhoging jaarrond – watersysteem

Doel en inhoud maatregel: peilverhoging heeft als doel de grondwaterstand te verhogen (zie paragraaf 2.3) om zo de veenbodem nat te houden en daarmee de bodemdaling en de uitstoot van CO₂ te verminderen. Een hoger waterpeil wordt per eenheid (peilvak als onderdeel van het watersysteem) ingesteld en geregeld met stuwen of gemalen. De hoogte van het peil wordt geregeld in een peilbesluit. Peilverhoging kan jaarrond worden ingesteld of een differentiatie hebben naar winter- en zomerpeil. Het ingestelde peil is een streefpeil omdat in de praktijk afwijkingen voorkomen door verhang en variatie door verdamping en regenval (voor flexibel peilbeheer/HAKLAM, zie paragraaf 3.2).

Risico's en onzekerheden: het risico van peilverhoging vanuit landbouwkundig perspectief is dat een hoger peil kan leiden tot een verminderde draagkracht en een korter groeiseizoen, vooral bij een drooglegging <40 cm beneden maaiveld. Bij hoge peilen (<50 cm -mv) neemt het risico op oeverafkalving (De Pater & Van Rotterdam 2021) en Leverbot toe (Vellema 2020).

Een snelle peilopzet, gewenst vanuit de urgentie van de klimaatopgave, draagt daarnaast twee risico's met zich mee. Bij een snelle peilopzet bestaat het risico op schade door opwaartse druk, zwel e.d. Dit kan leiden tot veenrot, verweking en instabiele taluds (zie ook Pijlman *et al.* 2020). Een tweede risico bij snelle vernatting en de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden (vaak een gecombineerde opgave bij vernatting) is het vrijkomen van fosfaat, met als gevolg sterke Pitrusvorming. Mettrop *et al.* (2021) hebben daartoe een stappenschema uitgewerkt, waarbij eerst sprake is van een fase van uitmijning. Vanuit beide risico-aspecten is het wenselijk te komen tot een stapsgewijze peilverhoging, waarbij periode en snelheid passen bij het doel. De eerste stap (tot c. 40-60 cm -mv) kan overigens wel vrij snel gezet worden.

In het veenweidebeleid is met betrekking tot de CO₂-reductie door middel van peilverhoging uitgegaan van het model SOMERS (NOBV; Erkens *et al.* 2022). De rekenregels uit dit model gaan min of meer uit van een lineair verband tussen peilverhoging en afname van CO₂-emissie (tot een peilverhoging van 20 cm -mv; daarna wordt reductie onzeker door een toename van CH₄-emissie). Dit lineaire verband komt uit eerdere vergelijkende studies van o.a. Evans *et al.* (2021). Tiemeyer *et al.* (2020) en Freeman *et al.* (2022) laten zien, dat het verband niet lineair is, en belangrijker, dat er pas boven een grondwater niveau van 40 cm -mv sprake is van een

sterke reductie van broeikasgassen. Vooralsnog worden in het veenweidebeleid de rekenregels van het model SOMERS aangehouden, omdat op basis daarvan ook de uitstoot en reductiedoelen zijn bepaald. Recent onderzoek van het NOBV (Nijman *et al.* in voorbereiding) naar de broeikasgasemissie van Friese veenweiden in verschillende situaties (HAKLAM, ODW, greppelinfiltratie) laat eveneens zien dat het verband niet lineair is, en voor verschillende veentypen anders kan zijn. In een nieuwe versie van het SOMERS-model worden de nieuwe inzichten verwerkt.

De recente uitkomsten van het NOBV (2023⁸) tonen een duidelijke relatie tussen zowel de jaargemiddelde als zomergemiddelde grondwaterstand en de NECB (NECB = de netto koolstofbalans op jaarbasis). Met de kanttekening dat de bandbreedte groot is, wijzen de resultaten na drie jaar meten op een lagere uitstoot: van 2,2 tot 2,9 ton CO₂ p/ha p/jr per 10 cm stijging van de jaargemiddelde grondwaterstand (verschillende meetmethoden en grote bandbreedte; zie voor details NOBV 2023). Het NOBV benadrukt dat het van groot belang is om de meetreeksen voort te zetten om de onzekerheden te verkleinen en de betrouwbaarheid te vergroten.

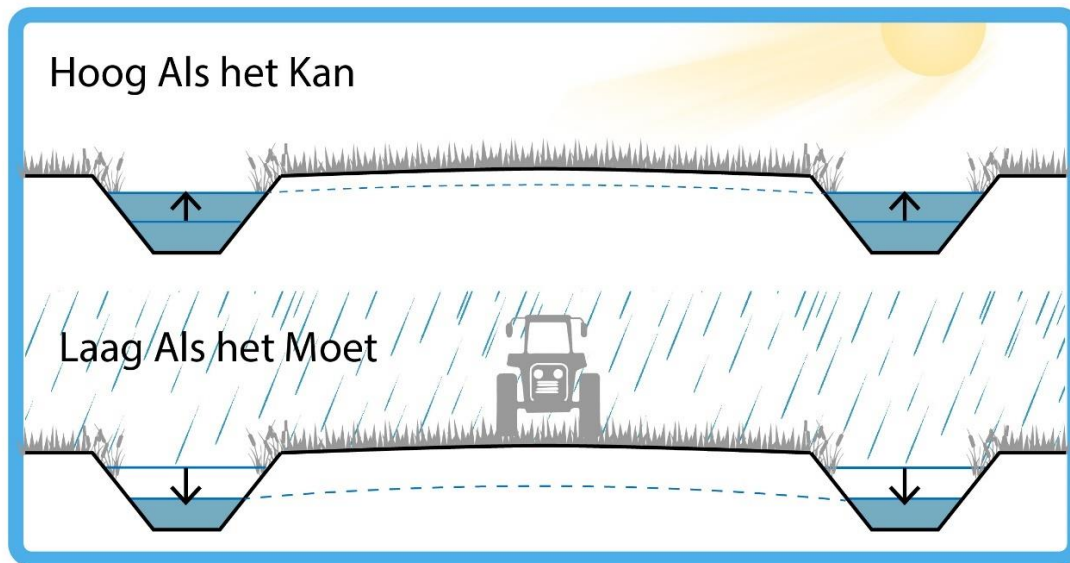
Een belangrijk punt van aandacht bij peilverhoging is voorts de beperkte invloed van het slootpeil op grondwaterstanden binnen het perceel (NOBV 2023). Dat heeft te maken met de lage waterdoorlatendheid van het veen. De verwachting van het NOBV is daarom, dat een slootpeilverhoging alleen veel minder effectief is op het terugdringen van emissies dan een peilverhoging in combinatie met andere maatregelen, zoals WIS-systemen (maatregel 13, ook maatregel 12). Ook is het effect naar verwachting geringer bij grotere slootafstanden (smallere percelen – maatregel 11). NB. deze uitkomsten zeggen alleen iets over het effect op perceelsniveau en niets over het effect van peilverhoging op gebieds- of regionaal niveau (paragraaf 2.3).

Toepasbaarheid: peilverhoging wordt – zeker gezien bovenstaande – beschouwd als de ‘basis-maatregel’ die in heel ADD kan worden toegepast, en dan vooral op pure veengrond met een dik veenpakket (veel resultaat te behalen qua CO₂-uitstoot en bodemdaling). In sommige delen is het een jaarrond peilverhoging, in andere delen een verhoging volgens de methode HAKLAM (zie hierna). In sommige gebieden kan een koppeling gemaakt worden met een overgangszone tussen landbouw en natuur en met weidevogelbeheer.

Kennisontwikkeling: Zoals bij onzekerheden benoemd wordt door het NOBV onderzoek gedaan naar de effectiviteit van maatregelen voor broeikasgasemissiereductie, waaronder in het Friese veenweidegebied (<https://www.kennisprogrammabodemdeling.nl/>). In dit programma wordt de kennis omtrent de relaties tussen peilverhoging en reductie broeikasgasemissie steeds verder aangescherpt. Het NOBV-onderzoek wordt ook in de komende jaren voortgezet.

Naast deze problematiek ligt er de vraag naar meer kennis over het optreden van veenrot, de snelheid van peilverhoging in relatie tot de stabiliteit van taluds en de mogelijkheden om kruidenrijke graslanden te ontwikkelen (ervaring opdoen met uitmijning). Voor deze risico's / onzekerheden is meer praktijkgerichte kennis nodig.

⁸ <https://www.nobveenweiden.nl/3-juli-2023-webinar-drie-jaar-nobv-waar-staan-we/>



3.2 Peilverhoging via flexibel peilbeheer volgens HAKLAM - watersysteem

Doel en inhoud maatregel: peilverhoging heeft als doel om de grondwaterstand te verhogen en zo de veenbodem nat te houden en daarmee de bodemdaling en de uitstoot van CO₂ te verminderen. HAKLAM - *Hoog Als het Kan, Lager Als het Moet* - is een vorm van flexibel peilbeheer op het niveau van watersystemen en, zo mogelijk peilvakken. Bij normale of droge weersomstandigheden wordt een hoog slootpeil aangehouden. Bij natte weersomstandigheden en/of wanneer de boer bewerkingen moet uitvoeren op het land, kan het slootpeil naar beneden worden aangepast. Zo wordt geprobeerd het grondwaterpeil zo hoog mogelijk te houden.

Risico's en onzekerheden: een potentieel risico van flexibel peilbeheer volgens HAKLAM is een negatief effect op de waterkwaliteit (Oosterveld *et al.* 2023). Voor HAKLAM is het nodig dat de aan- en afvoer van water optimaal is, om relatief snel te kunnen reageren op droogte en natte situaties. Daarvoor wordt veel water in- en uitgelaten, waardoor HAKLAM mogelijk zou kunnen leiden tot een verhoogde nutriëntbelasting. En daarmee tot verhoogde broeikasgasemissies uit wateren. Het uiteindelijke effect hangt ook samen met de kwaliteit van het inlaatwater en de bestaande bodem- en waterkwaliteit in de betreffende sloten. Ook zou HAKLAM kunnen leiden tot meer baggervorming. Hier is meer kennis over nodig.

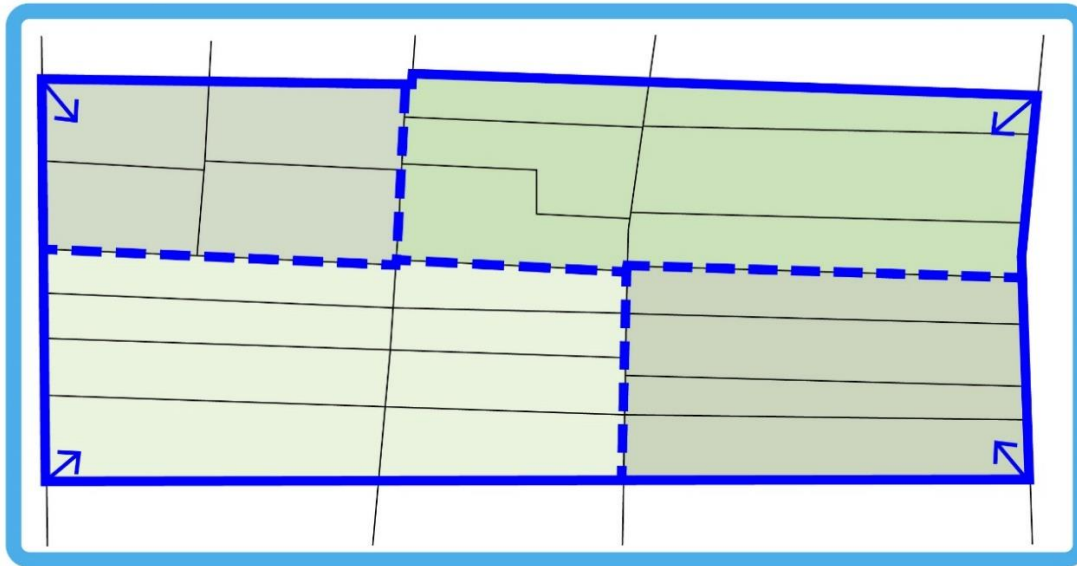
Waterpeilverhoging leidt tot een verlaging van de broeikasgasemissie (zie vorige maatregel). HAKLAM veronderstelt een heel flexibel functionerend watersysteem en een besluit waarin een minimum peil is vastgesteld. Er zijn evenwel nog onzekerheden over de slagkracht bij langdurige droogte en veel neerslag, en dan vooral de mate waarin voorkomen kan worden dat het grondwaterpeil toch uitzakt en bij wateroverlast snel kan worden gereageerd via peilaanpassing. Dat ver wegzakken van het grondwaterpeil is mogelijk ook de reden, dat in het lopende NOBV-onderzoek nog geen positieve resultaten van HAKLAM op de CO₂-reductie zijn gevonden (Nijman *et al.* 2023, NOBV 2023). Verder onderzoek is nodig om de onzekerheden te verkleinen; definitieve conclusies kunnen nu nog niet worden getrokken.

Een onzekerheid van geheel andere orde is de realisatie van HAKLAM. Het flexibele peilbeheer vraagt – organisatorisch gezien – van het waterschap een nieuwe manier van werken en een nieuwe vorm van samenwerking tussen waterschap en boeren.

Toepasbaarheid: in principe overal waar zich een kleidek op het veen bevindt (minder resultaat te behalen qua CO₂-uitstoot en bodemdaling) en waar het lange termijn perspectief voor de landbouw redelijk tot goed is, kan de methode HAKLAM worden toegepast.

Kennisontwikkeling: het is nog onbekend hoe groot de effecten van HAKLAM zijn. Het onderzoek wordt verder voortgezet, in ADD en andere veenweidegebieden (NOBV 2023). Daarbij gaat het vooral over de vraag in hoeverre via HAKLAM effectief gestuurd kan worden op de grondwaterstanden. Dezelfde vraag geldt (deels) voor een vaste peilverhoging. Dat inzicht wordt middels ervaring in meerdere gebieden in Friesland (ADD, Idzegea, Hommerts) opgedaan. Ook in ADD loopt momenteel een GLB-pilot die zich in het bijzonder richt op de effecten en effectiviteit van flexibel peilbeheer.

Tot slot is specifiek met betrekking tot de mogelijke effecten op de waterkwaliteit meer kennis nodig; daarvoor is in 2023 voor ADD een onderzoek opgestart (WSF ism. Witteveen+Bos).



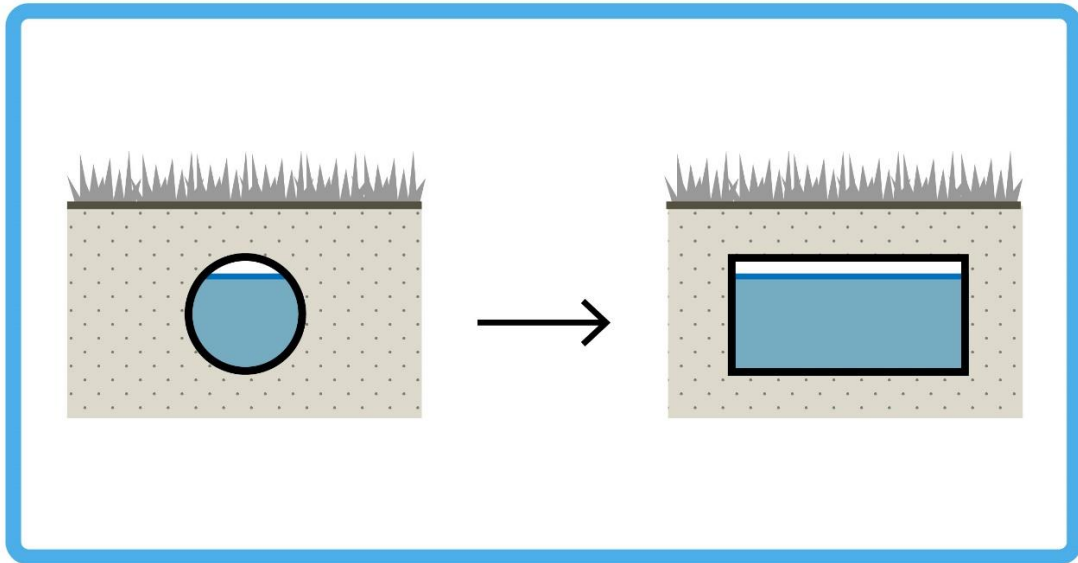
3.3 Verkleinen peilvakken – watersysteem

Doel en inhoud maatregel: het verkleinen van peilvakken is bedoeld om het peil beter te kunnen reguleren. Binnen grote peilvakken zijn er vaak verschillen in de hoogte van het maaiveld, de bodem, het gebruik en de positie binnen het watersysteem. Daardoor kan één gemiddeld peil niet alle functies bedienen. Door de peilvakken kleiner te maken, wordt beter aangesloten op de ruimtelijke differentiatie in een gebied. Verkleinen is tegen de trend in van de afgelopen decennia, waarbij juist grotere peilvakken werden gemaakt om het waterpeilbeheer eenvoudiger te maken.

Risico's en onzekerheden: geen. Wel geldt dat schaalverkleining van het waterpeilbeheer meer aandacht van het waterschap vraagt.

Toepasbaarheid: daar waar peilvakverkleining bijdraagt aan het bereiken van de veenweideopgaven en waar het vanuit kosten–baten overwegingen een goede investering blijkt te zijn.

Kennisontwikkeling: niet van toepassing.



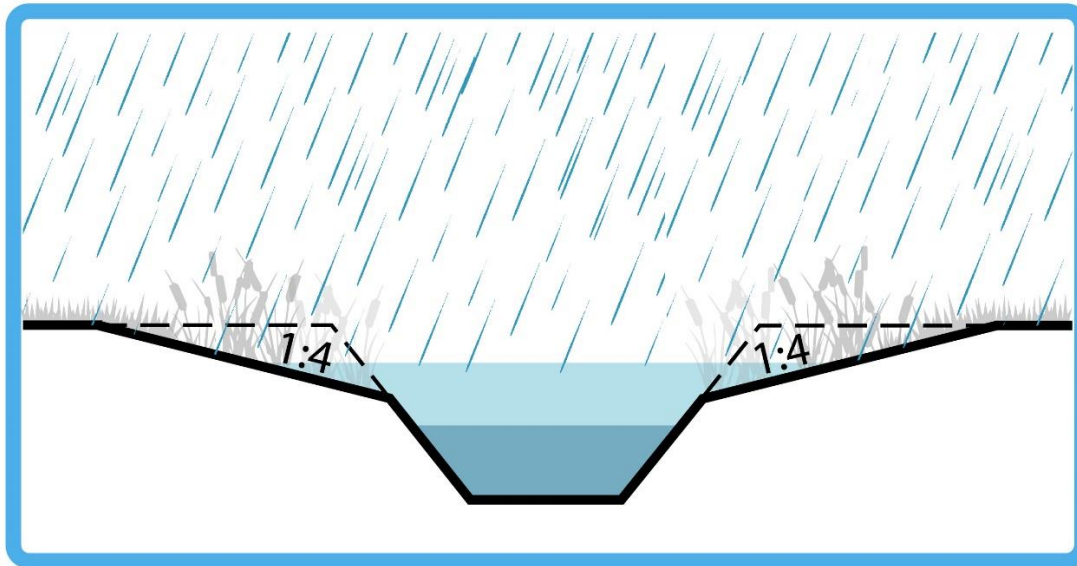
3.4 Verruimen duikers - watersysteem

Doel en inhoud maatregel: het verruimen van duikers is bedoeld om een betere aan- en afvoer van water te kunnen garanderen. Om twee redenen is een ruime aan- en afvoercapaciteit van groot belang voor het watersysteem: met het oog op de toepassing van HAKLAM en de klimaatverandering. Naar verwachting zullen extremen – zeer zware of langdurig zware buien en perioden met droogte – vaker voorkomen. In de huidige watersystemen in ADD zijn de dimensies van de duikers aan de krappe kant. Door verruiming van duikers naar grotere dimensies, wordt het watersysteem robuuster.

Risico's en onzekerheden: geen.

Toepasbaarheid: in principe in heel ADD, vanuit de opgave een 'robuust watersysteem' te ontwerpen en het feit dat toepassing van HAKLAM een optimale aan- en afvoer van water veronderstelt.

Kennisontwikkeling: Dat het verruimen van duikers meer ruimte geeft voor water aan- en afvoer is geen kennisvraag. Echter, de modellering van het watersysteem door WSF genereert kennis over de doorwerking en effectiviteit op gebiedsniveau, ook ten opzichte van andere maatregelen als ruimere hoofdwatgangen of het knippen van de afvoer. Deze kennis wordt ingebracht in het gebiedsproces.



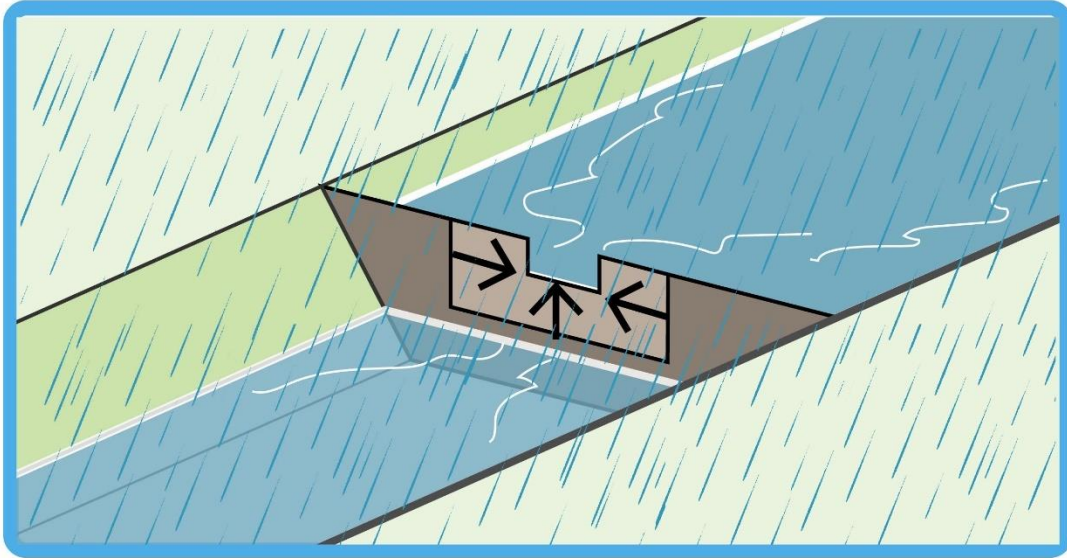
3.5 Hoofd- of zijwatergangen met flauwe taluds - watersysteem

Doel en inhoud maatregel: om te zorgen voor meer berging in het watersysteem en een grotere capaciteit voor aan- en afvoer in perioden met extremen kunnen de hoofd- of zijwatergangen van het watersysteem worden voorzien van flauwe taluds. Het gaat daarbij om taluds van in beginsel 1:4 vanaf de waterrand. Flauwe taluds zijn gunstig voor de stabiliteit van de oevers. Met een goed ontwikkelde begroeiing wordt bovendien bijgedragen aan een betere waterkwaliteit (zie ook maatregel 21) en biodiversiteit.

Risico's en onzekerheden: bij watergangen met veel aan- en afvoer van water, en hogere peilen bestaat bij steile taluds het risico op oeverafkalving (De Pater & Van Rotterdam 2021). Flauwere taluds kunnen dat risico wegnemen. Nadeel van flauwe taluds is het ruimtebeslag (ook in termen van mestplaatsingsruimte), des te meer naarmate de taluds flauwer zijn. Daarom zijn flauwe taluds niet altijd inpasbaar. Boeren wijzen altijd op de noodzaak van goed beheer. Gebeurt dat niet dan ontstaat er opslag (wilgen, elzen).

Toepasbaarheid: in principe in heel ADD, vanuit de opgave een 'robuust watersysteem' te ontwerpen en het feit dat toepassing van HAKLAM een optimale aan- en afvoer van water veronderstelt. Zie ook maatregelen 3.20, voor flauwe, begroeide taluds vanuit de KRW-opgave.

Kennisontwikkeling: Om meer zicht te krijgen op de stabiliteit van oevers bij peilverhoging is in het kader van het Uitvoeringsprogramma Veenweidevisie 2019-2020 een onderzoek gedaan naar de stabiliteit van oevers (De Pater & Van Rotterdam 2021). De uitkomsten zijn ook relevant bij deze maatregel. Uit dit onderzoek bleek, dat de belangrijkste oorzaak voor afkalving stroming is. Peilbeheer, grootte van het peilvak, bodem en ondergraving (oude holen muskusratten) en slootonderhoud zijn (lokaal sterk) van invloed op afkalving. Een verandering naar een hoger en meer flexibel peilbeheer wordt als positief ervaren.



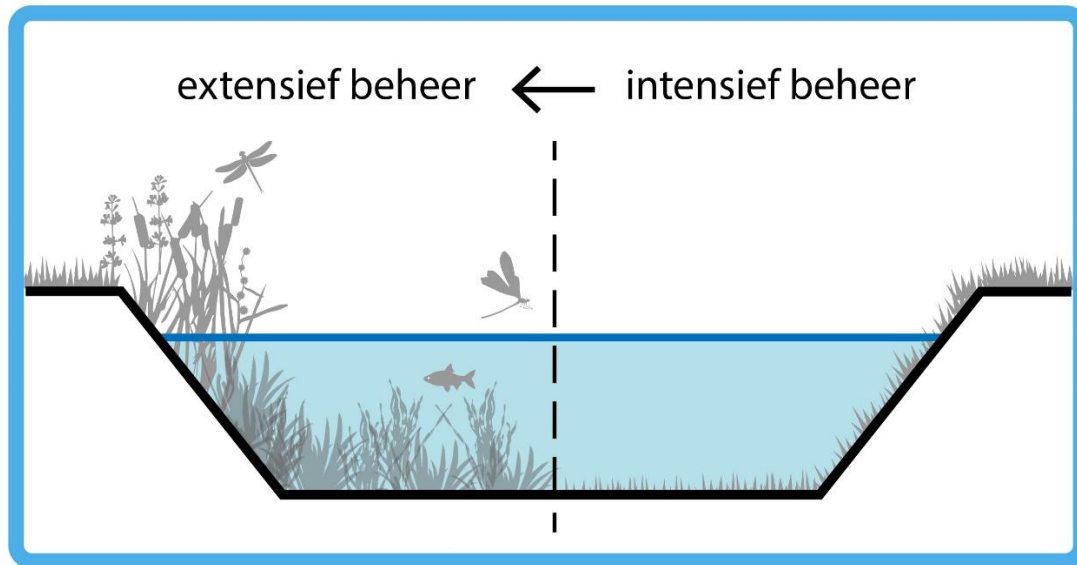
3.6 Knijpen van de afvoer - watersysteem

Doel en inhoud maatregel: het 'knijpen van de afvoer' is bedoeld om in perioden met (extreem) veel neerslag, daar waar het kan de afvoer te vertragen, om zo wateroverlast en overstroming van kwetsbare gebieden elders in het watersysteem te verminderen of te voorkomen. 'Knijpen' veroorzaakt opstuwning met als gevolg: vertraging van de afvoer.

Risico's en onzekerheden: in de gebieden met geknepen afvoer kan het tijdelijk natter worden.

Toepasbaarheid: in gebieden waar door de hogere ligging en aanzienlijke drooglegging voldoende ruimte is om water tijdelijk vertraagd af te voeren en zo lager gelegen gebieden te ontzien. En in gebieden waar gekozen wordt voor extra vernatting omdat er 1. veel resultaat te behalen is wat betreft CO₂-uitstoot en bodemdaling en 2. het lange termijn perspectief voor de landbouw daar onder druk staat.

Kennisontwikkeling: niet van toepassing.



3.7 Extensiveren onderhoud watergangen - watersysteem

Doel en inhoud maatregel: extensiveren van het onderhoud van watergangen is bedoeld voor het verbeteren van de waterkwaliteit (KRW) en daarmee de biodiversiteit. Door een extensiever onderhoud neemt de begroeiing toe (opname nutriënten) en krijgt het slootsysteem de tijd zich te ontwikkelen. Een betere, minder voedselrijke waterkwaliteit leidt tot minder uitstoot van broeikasgassen. De hoofdwatgangen in het watersysteem worden nu jaarlijks enkele keren onderhouden (zomer- en najaarschouw) door vegetatie te verwijderen. Zo wordt, met het oog op een optimale af- en aanvoer van water, de stromingsweerstand van de watergangen laag gehouden. Bij extensivering wordt de frequentie verlaagd en/of alleen het midden geschoond.

Risico's en onzekerheden: De waarde voor de stromingsweerstand van een watergang wordt uitgedrukt met de zogenaamde Manning-waarde (K_{manning}). Hoe hoger de K_m hoe lager de stromingsweerstand (tabel 3.1 – volgende pagina). In het voorlopige ontwerp is voor de zomer een K_m van 10 (75%) of 15 (25%) aangehouden en voor de winter een K_m van 20. Er is een risico op een hogere stromingsweerstand bij minder onderhoud.

Er zijn praktijksituaties in ADD waar de aan- en afvoerfunctie van watergangen in het geding komt door sterke groei van oeverplanten vanaf de rand. De mate van onderhoud dient daarom afgestemd te worden op de functie van de watergangen in het watersysteem. In het voorlopig ontwerp voor het watersysteem ADD-Zuid is rekening gehouden met een extensiever onderhoud (E. van Tuinen, Witteveen+Bos).

Toepasbaarheid: toepasbaar in de hoofdwatgangen maar ook in grotere zijwatergangen. Ook in sloten aan het voeteneinde en in de haarvaten van het systeem.

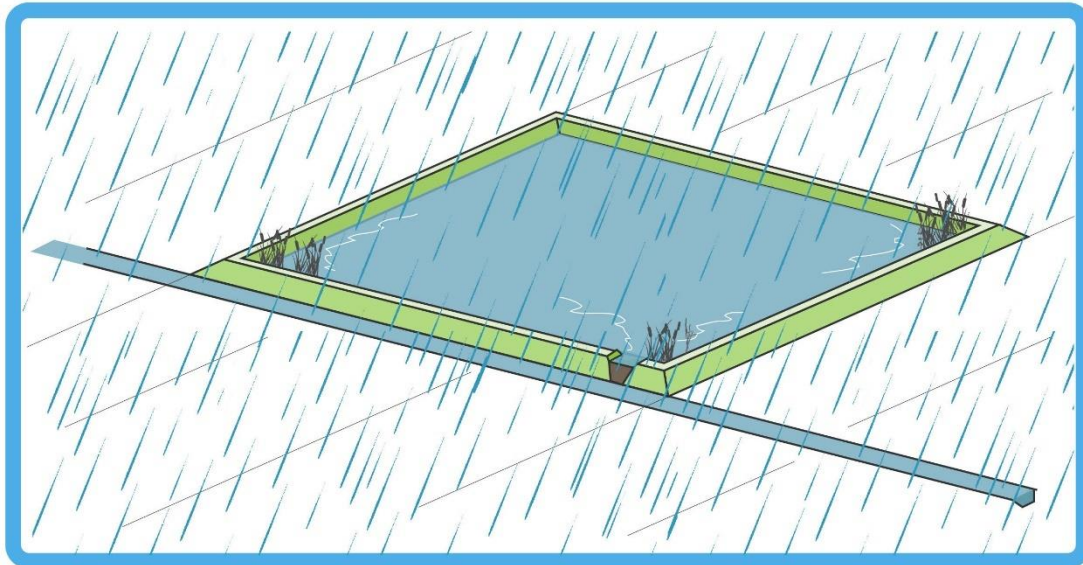
Kennisontwikkeling: Monitoring (begroeiing met oever- en waterplanten, nutriënten in water en bodem, stromingsweerstand) van de nieuwe situatie is wenselijk om praktijkgerichte ervaring te kunnen onderbouwen met data, en na te gaan of de veronderstellingen kloppen.

OMSCHRIJVING TOESTAND WATERLOOP	k _M -waarde maximaal [m ¹⁰ s ⁻¹]	k _M -waarde minimaal [m ¹⁰ s ⁻¹]
Zeer schone waterloop; in beginsel bodem en taluds volkomen schoon. Hier en daar een beetje riet of andere begroeiing of enige flap. Tot enkele cm onder waterspiegel kan op de taluds gras groeien of in het water hangen.	45	30
Schone waterloop. Bodem en taluds zeer licht begroeid (enkele cm) of plaatselijke begroeiing met veel kale plekken. Weinig riet.	35	20
Licht begroeide waterloop. Lichte aaneengesloten begroeiing van bodem en taluds, met waterpest, riet en flap. Soms stroomgeulen in bodem en begroeiing	25	15
Matig begroeide waterloop. Bodem en taluds dicht begroeid. Stroomgeulen in begroeiing. Begroeiing bestaat voor deel uit waterpest. Bodem slechts plaatselijk zichtbaar.	20	10
Vrij sterk begroeid. Profiel voor deel volgegroeid, hier en daar tot oppervlakte. Soms doorlopende rietkragen. Verder waterpest en flap.	15	5
Zeer sterk begroeide waterloop. Rietkragen (of russen) langs de kanten. Zware begroeiing met waterplanten in midden van het profiel.	10	--

Tabel 3.1. Toestand van een waterloop en corresponderende k_M waarde. Bron STOWA.



Hoog water en wateroverlast in januari 2011. Het water in de boezem liep hoog op en juist dan zijn gebieden voor tijdelijke wateropslag zinvol (tijdelijke bergingsgebieden – zie volgende pagina). Foto's E. Wymenga, A&W.



3.8 Bergingsgebieden inrichten - watersysteem

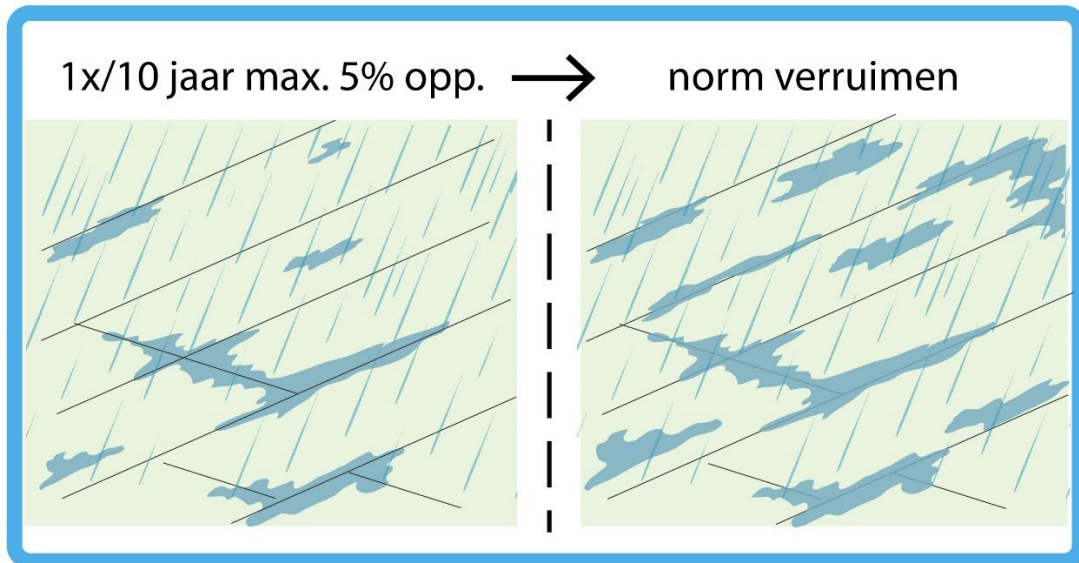
Doel en inhoud maatregel: het watersysteem moet in staat zijn extremen (lange perioden met veel neerslag of zeer zware buien) op te vangen, bijvoorbeeld door watergangen ruimer te dimensioneren (maatregel 10) of de afvoer te knijpen (maatregel 6). Daarnaast kunnen bergingsgebieden worden ingericht, voor tijdelijke wateropslag. In die gebieden kunnen percelen enige tijd onder water staan tot dat het waterniveau op de boezem en in het regionale watersysteem voldoende is gezakt om het water alsnog af te voeren.

Risico's en onzekerheden: in bergingsgebieden met onregelmatige inundaties is regulier agrarisch gebruik niet goed mogelijk. De functie moet daarop worden aangepast.

Toepasbaarheid: in principe op laaggelegen plekken (putjes) waar het water van nature naartoe stroomt en waar, door berging te creëren, het omliggende gebied in zeer natte periodes van ontlast wordt.

Langdurige wateropslag– bijvoorbeeld om in een later stadium bij langdurige droogte weer te gebruiken – is een veel lastiger opgave om in te passen in het watersysteem, omdat grote volumes nodig zijn en door verdamping het waterpeil zakt. Hier is nog heel weinig ervaring mee, maar zou in sommige situatie wel opportuun kunnen zijn (bijvoorbeeld voor bevoeiing).

Kennisontwikkeling: Sinds in Nederland geregeld sprake is van wateroverlast zijn veel waterbergingsgebieden ingericht en is er veel begeleidend onderzoek en monitoring uitgevoerd. Dat onderzoek richt zich onder meer op bergingsvolumes, hydrologische effecten naar de omgeving, landbouwkundige gebruikswaarde en effecten op milieu en natuur (o.a. Kok & Hoving 2003, STOWA 2004, Stuifzand 2008). Een belangrijk aandachtspunt voor waterberging in natuurgebieden is met name het effect op de bodemkwaliteit en de doorwerking op weidevogels (van der Hut *et al.* 2014).



3.9 Peilbeleid en normering - watersysteem

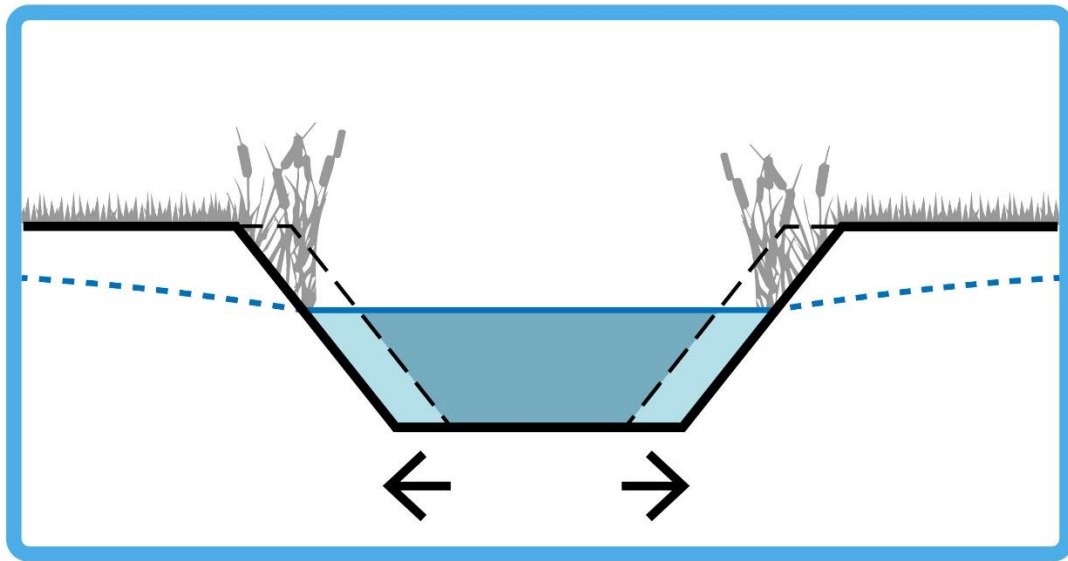
Doel en inhoud maatregel: in het kader van de Waterwet zijn normen vastgesteld voor wateroverlast, uitgedrukt in de kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het maaiveld overschrijdt. Voor graslandgebieden is de huidige norm dat 1x/10 jaar maximaal 5% van de oppervlakte mag overstromen bij zware buien. Het watersysteem wordt ingericht op basis van die normen. Een potentiële maatregel is het verruimen van de normen zodat minder vergaande aanpassingen van het watersysteem nodig zijn voor waterafvoer en waterberging.

In de conceptnotitie peilbeleid Veenweidegebied (WSF 2022) is het peilbeleid van het Wetterskip uitgewerkt. Daarin wordt voor het hele veenweidegebied uitgegaan van het principe van peilfixatie gedurende de programmaperiode van 2021-2030 tot het moment dat er een nieuw peilbesluit is vastgesteld. Nadat in een gebied een nieuw peilbesluit is opgesteld, dat voldoet aan de opgaven van het veenweideprogramma, worden de waterpeilen geïndexeerd wanneer het maaiveld met meer dan 5 cm is gedaald, zodat de drooglegging weer overeenkomt met de drooglegging die de resultante was van het gebiedsproces.

Risico's en onzekerheden: bij verruiming van de norm is er een grotere marge in het watersysteem ingebouwd voor het optreden van incidentele wateroverlast. Het is onzeker of de huidige norm voor grasland gezien de klimatologische veranderingen op langere termijn houdbaar is. De vastlegging van peilfixatie in het beleid is een belangrijk gegeven voor het gebiedsproces, aangezien dat betekent dat er in de autonome ontwikkeling, zonder aanpassing van het peilbesluit, door de voortgaande bodemdaling sprake zal zijn van een steeds geringere drooglegging.

Toepasbaarheid: in principe toepasbaar op ADD. Aanpassing van de norm lijkt niet direct noodzakelijk in geval van het Optimalisatiescenario, dat tot nu toe is ontworpen voor ADD-Zuid.

Kennisontwikkeling: niet van toepassing.



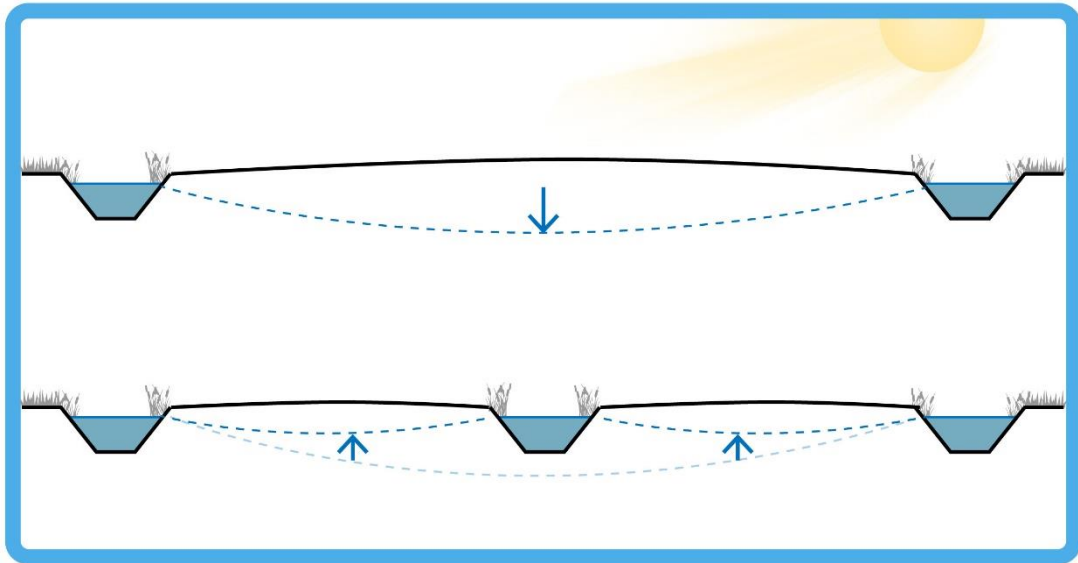
3.10 Verbreden sloten – waterbeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: om te zorgen voor meer berging in het watersysteem kan lokaal – in bijvoorbeeld laaggelegen gebieden - meer wateroppervlak gecreëerd worden door sloten te verbreden. Verbreden van sloten heeft geen of nauwelijks invloed op de grondwaterstanden in het perceel, vanwege de slechte doorlatendheid van het veen.

Risico's en onzekerheden: een kanttekening bij bredere sloten is het ruimtebeslag, en wel meer naarmate de taluds flauwer zijn. Verbreden is daarom niet altijd inpasbaar.

Toepasbaarheid: in principe in heel ADD maar vooral in lager gelegen gebieden.

Kennisontwikkeling: niet van toepassing.



3.11 Nieuwe sloten – waterbeheer perceelsniveau

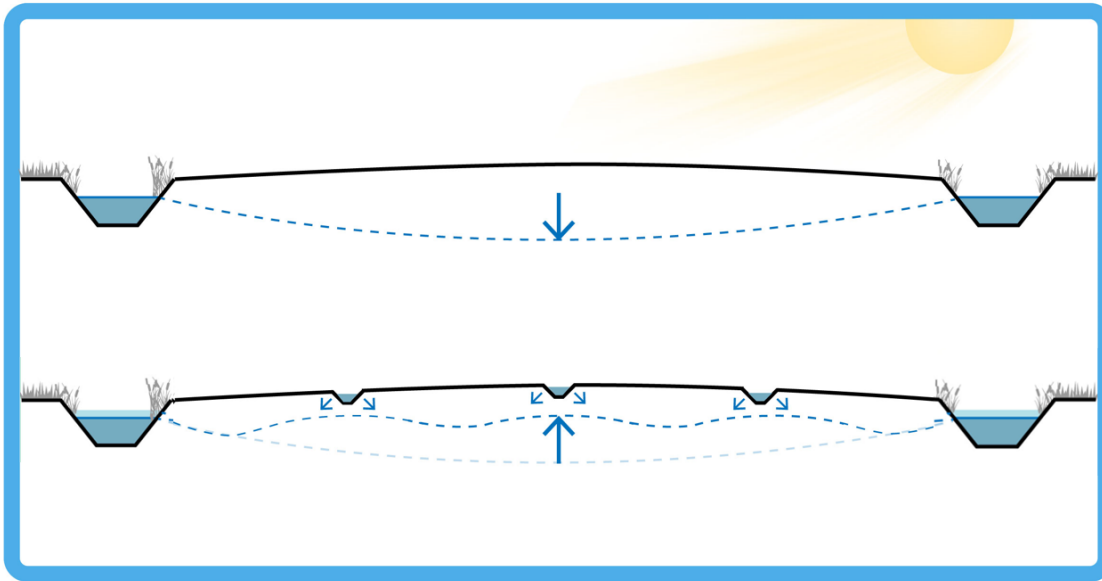
Doel en inhoud maatregel: om in brede percelen het wegzakken van de grondwaterstand in het zomerhalfjaar tegen te gaan, en daarmee de bodemdaling en CO₂-uitstoot te beperken, kan een extra sloot worden aangelegd, ter 'voeding' van het grondwaterpakket. Dit kan gaan om gangbare sloten, maar ook om brede, watervoerende greppels. Een voordeel vanuit landbouwkundig perspectief is verminderde droogteschade.

Uit metingen blijkt dat de grondwaterstand in het zomerhalfjaar in droge zomers – ondanks een soms hoog peil - ver weg kan zakken, vooral bij bredere percelen. Het effect van hoge slootpeilen reikt hooguit enkele tientallen meters tot in het perceel, door de hoge weerstand van het veenpakket. De verwachting is dat het effect van een extra sloot met de afstand tot de sloot afneemt (NOBV 2023). De meest effectieve afstand is afhankelijk van de bodemgesteldheid, het historische gebruik (ontwatering) en de hydrologische situatie (stijghoogte van het grondwater).

Risico's en onzekerheden: er zijn nog onzekerheden over de effectiviteit van het toevoegen van extra sloten, omdat de weerstand van het veenpakket blijft. Dit hangt dan ook nauw samen met de afstand tussen sloten/greppels die het meest effect sorteert. Een kanttekening daarbij is het ruimtebeslag en daarnaast, met de introductie van de verplichte bufferstroken, de extra onbemeste bufferstroken die daardoor ontstaan.

Toepasbaarheid: in principe toepasbaar op plaatsen met een dik veenpakket, een hoog peil en brede percelen. Vooral op plaatsen waar in het verleden sloten zijn gedempt of waar extra maatschappelijke doelen gerealiseerd worden, zoals in een overgangszone tussen natuur en landbouw. Greppelinfiltratie kan een alternatief zijn.

Kennisontwikkeling: De afstand tot waarop het effect van sloten merkbaar is op de grondwaterstanden. Vooral de mate waarin de grondwaterstand wegzakt, varieert met o.a. de doorlatendheid van de bodem, de bodemopbouw e.d. Om te kunnen vaststellen bij welke perceelsbreedte nieuwe sloten wegzakking voorkomen, is het gewenst om de informatie hierover uit de lopende metingen in ADD en andere veenweidegebieden op een rij te zetten.



3.12 Greppelinfiltratie – waterbeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: om het wegzakken van de grondwaterstand in het zomerhalfjaar tegen te gaan, en daarmee bodemdaling en CO₂-uitstoot te beperken, kan greppelinfiltratie worden toegepast. De greppels draineren in dit geval niet, maar worden gevoed vanuit sloten met een hoog peil. Het doel is dat de natte greppels het grondwatersysteem van bovenaf voeden waardoor de grondwaterstand minder uitzakt. Een voordeel vanuit landbouwkundig perspectief is verminderde droogteschade. Daarbij hebben greppels als voordeel dat er geen onbemeste bufferstrook nodig is.

Risico's en onzekerheden: deze maatregel lijkt effectiever te zijn dan de vorige, maar praktijktesten zijn nodig (en deels al gaande). Tot nu toe zijn door het NOBV op beperkte schaal, en over slechts één meetjaar gegevens verzameld over de uitstoot van CO₂. De resultaten wijzen op een duidelijke afname van de emissie bij greppelinfiltratie, maar meer en langere meetreeksen zijn nodig om de onzekerheid te beperken.

Er zijn ook risico's bij greppelinfiltratie. Aandachtspunten uit de praktijk (ADD) zijn risico's op pitrusvorming, uitbreiding van Rietgras, Leverbot (Vellema 2020) en het dichttrappen van de bodem zodat greppelbuizen dichtlopen en de wateraanvoer wordt belemmerd. Wisselende waterstanden zijn bevorderlijk voor Pitrus en Rietgras, zeker in combinatie met extensivering.

Toepasbaarheid: in principe op laaggelegen locaties (waar gemakkelijk water kan worden aangevoerd) met een dik veenpakket, een hoog peil en extra maatschappelijke doelen.

Kennisontwikkeling: Greppelinfiltratie is betrekkelijk nieuw als beheermaatregel om de grondwaterstand te verhogen; greppels waren a priori bedoeld voor een betere detailontwatering. In verschillende veenweidenproeftuinen in Nederland wordt onderzoek gedaan aan greppelinfiltratie, in Noord-Holland (www.innovatieprogrammaveen.nl) en op vier locaties in Fryslân (Idzegea, Haskerdijken, Warniahuizen, De Lytse Deelen). De verwachting is dat het effect van greppels afneemt met de afstand tot de greppel (NOBV 2023). Meer onderzoek is nodig om grip te krijgen op de optimale afstanden en het meest effectieve inlaatregime, ook in relatie tot de hiervoor genoemde risico's in de praktijk.

Zoals hiervoor benoemd bestaat het risico op pitrus- en rietgrasontwikkeling door wisselende waterstanden. Meer (praktijk)kennis is nodig over het gewenste beheer (waterpeilbeheer, maaien, weiden) om dit risico te beheersen. Dit punt speelt ook bij plas-drassen voor weidevogels.

In het kader van het Veenweideprogramma 2019-2020 is al verkennend onderzoek gedaan naar Leverbot (Vellema 2020); in 2022 is een vierjarig vervolgonderzoek gestart om leverbot- en salmonellabesmetting in Friese veenweiden te monitoren. Hier is wel tijd voor nodig. Volgens Vellema (2020) duurt het na verhoging van het grondwaterpeil minimaal twee jaar tot meer dan tien jaar voor introductie van de leverbotslak plaatsvindt. Vervolgens kan het nog weer enkele jaren duren voor introductie van infectie plaatsvindt.



Greppelinfiltratie op een perceel in ADD, op een locatie waar ook een plas-dras voor weidevogels is ingericht. Wisselende waterstanden leiden tot uitbreiding van Rietgras. Foto A&W, juli 2023.

Box 1. Hydrofobie, scheurvorming en mesttoediening op veengrond

Boeren op veengrond, en dan vooral op lichte veengronden en schalterveen, hebben in droge voorjaren en zomers veel te maken met scheurvorming en droogte, met als gevolg dat de gewasopbrengst sterk achterblijft en ook slecht herstelt na regenval. Factoren als droogte, mestinjectie en hydrofobie van de veengrond spelen daarin een rol, en wel sterker in combinatie met uitbraken van veldmuizen. Samen met zes melkveehouders in het Friese veenweidegebied is in 2019 het project “Integrale bodemverbetering Feangreiden” gestart om meer grip te krijgen op deze bodemprocessen, die (in)direct te maken hebben met (het tegengaan van) veenafbraak. En ook om praktische aangrijpingspunten voor de boeren te ontwikkelen. Het onderzoek is uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut (Hoekstra 2023a-e). In deze box lichten we hydrofobie, scheurvorming en mesttoediening eruit.



Scheurvorming en sterk uitgedroogde veengrond, Koufunderige, foto's WSF, A&W, zomer 2019

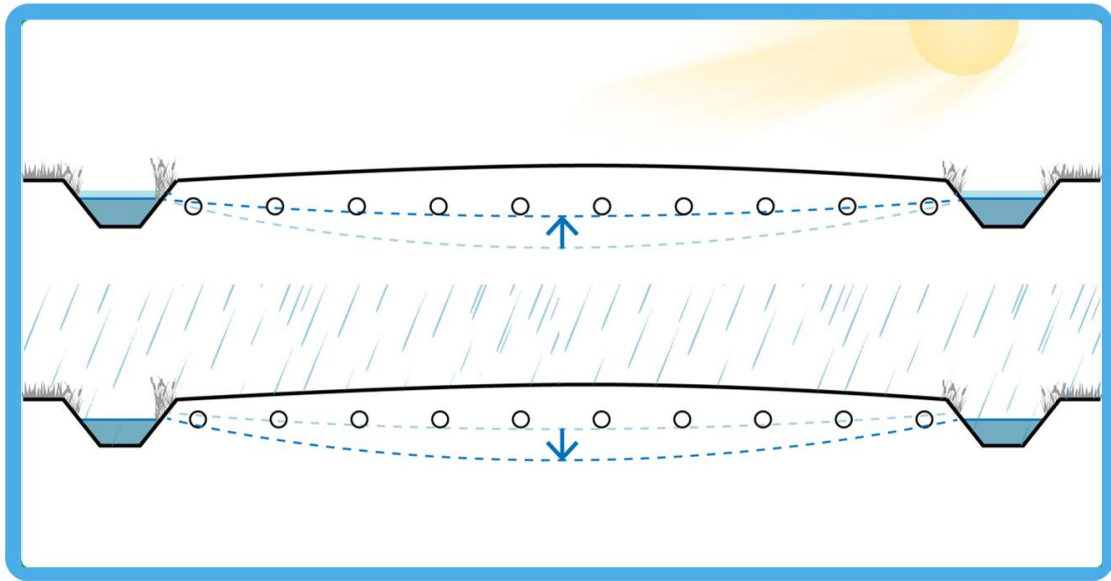
Waterafstotendheid veenbodems (hydrofobie)

Veengronden kunnen bij sterke indroging waterafstotend zijn en neerslag niet meer opnemen en vasthouden, waardoor de bodems lange tijd droog blijven ondanks neerslag. Op deze droge veengronden speelt verstuiving ook een rol. De bodem herstelt pas na aanhoudende regen. Hoekstra *et al.* (2020) vatten de uitkomsten van een literatuur- en labonderzoek als volgt samen: Hydrofobie blijkt sterk gerelateerd aan het lutum- en siltgehalte (⁻⁹), het organische stofgehalte (+), het bodemvochtgehalte (-) en de pH (-). De belangrijkste maatregel om waterafstotendheid van veen te voorkomen is het niet te ver laten uitdrogen. In een lopend praktijkonderzoek (Hoekstra *et al.* 2023d) wordt onderzocht of het toevoegen van surfactant, kalk, gips of klei effect heeft op het verminderen van hydrofobie. De eerste resultaten wijzen voorzichtig op een positief effect van kalk en klei.

Scheurvorming en mesttoediening in klei-op-veenbodems

Scheurvorming in veenbodems wordt mogelijk versterkt door droogte, de wijze van mesttoediening en soms muizenutbraken (muizengangen in de ondergrond). Scheurvorming is een belangrijk aandachtspunt met het oog op effecten op het grondwater, het uitspoelen van regenwater en afspoelen van nutriënten, en de mogelijke effecten op veenafbraak. Onderzoek door Hoekstra *et al.* (2023d-e) leverde in het droge jaar de volgende resultaten: op percelen met een hoog lutumgehalte werd scheurvorming versterkt door zodebemesting (ondergronds mest toedienen). De scheuren op deze percelen waren gemiddeld 15 cm diep en maximaal 38 cm diep, en ten minste tot in november zichtbaar. Op een klei-op-veen perceel liepen de scheuren door het kleidek heen tot in het onderliggende veen. Deze scheuren (in klei-op-veen) waren dieper en intensiever (grotere frequentie) bij zodebemesting dan bij bovengrondse bemesting. Dit speelt lokaal ook in ADD.

⁹ Een – betekent hier, hoe lager het lutum- en siltgehalte hoe minder gevoelig voor hydrofobie. Idem + : hoe hoger het organisch stofgehalte hoe sterker de hydrofobie bij uitdroging (Hoekstra *et al.* 2020).



3.13 Waterinfiltratiesystemen (WIS)¹⁰ – waterbeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: waterinfiltratie – vaak nog onderwaterdrainage genoemd - in veenweiden kan om twee redenen plaatsvinden. In het winterhalfjaar om voldoende drooglegging te realiseren in natte perioden (conventionele drainage) en in de zomer om de grondwaterstand te verhogen. In de zomer, bij hoog peil, liggen de drains ca. 15 cm onder het slootpeil waardoor in droge perioden slootwater via de drains in het perceel kan infiltreren. Het doel daarvan is het wegzakken van de grondwaterstand te voorkomen. In droge tijden bevorderen zij de infiltratie van slootwater in de veenbodem en in natte tijden voorkomen zij door hun drainerende werking te natte percelen voor de landbouw.

Bij WIS wordt passieve en actieve waterinfiltratiesystemen onderscheiden. Bij passieve waterinfiltratie wordt het water onder verval (slootwaterpeil hoger) in de drains geleid, terwijl dat bij actieve waterinfiltratie (drukdrainage) met een pomp gebeurt. Drukdrainage bestaat net als onderwaterdrainage uit evenwijdige in de bodem aangebrachte geperforeerde buizen (drainagebuizen) maar in dit geval komen ze via een verzamelbuis of rechtstreeks uit op een waterreservoir. Het water in het waterreservoir kan met een pomp hoger worden gezet dan de sloot of zelfs tot boven maaiveld, waardoor er meer druk op de drainagebuizen ontstaat en er effectiever vernat kan worden.

Risico's en onzekerheden: Het aanbrengen van drainage is kostbaar (1000n euro's per ha). Vanuit landbouwkundig oogpunt zijn er geen grote risico's maar een risico kan wel zijn dat op termijn het plastic van de drains niet voor eeuwig in de bodem mag blijven zitten en dus uit de bodem gehaald moeten worden. Op dit moment is dat nog niet zo. Er wordt al gewerkt aan het ontwikkelen van duurzame drains, van biobased materiaal.

Er zijn nog onzekerheden omtrent het precieze effect van WIS-systemen op de grondwaterstand en broeikasgasemissie, reden waarom het onderzoek wordt voortgezet (zie hierna). Het is nog onzeker hoe WIS-systemen uitpakken voor weidevogels.

¹⁰ Een mogelijke WIS-maatregel is ook druppelirrigatie: slangen met veel gaatjes circa 40 cm onder maaiveld, afstand tussen de slangen rond 1 meter). Hier is in Nederland al enige ervaring mee opgedaan in de akkerbouw en in gras op zandgrond. Mogelijk gaat ook in het veengebied in Noord-Holland en in de Hege Warren een experiment plaatsvinden.

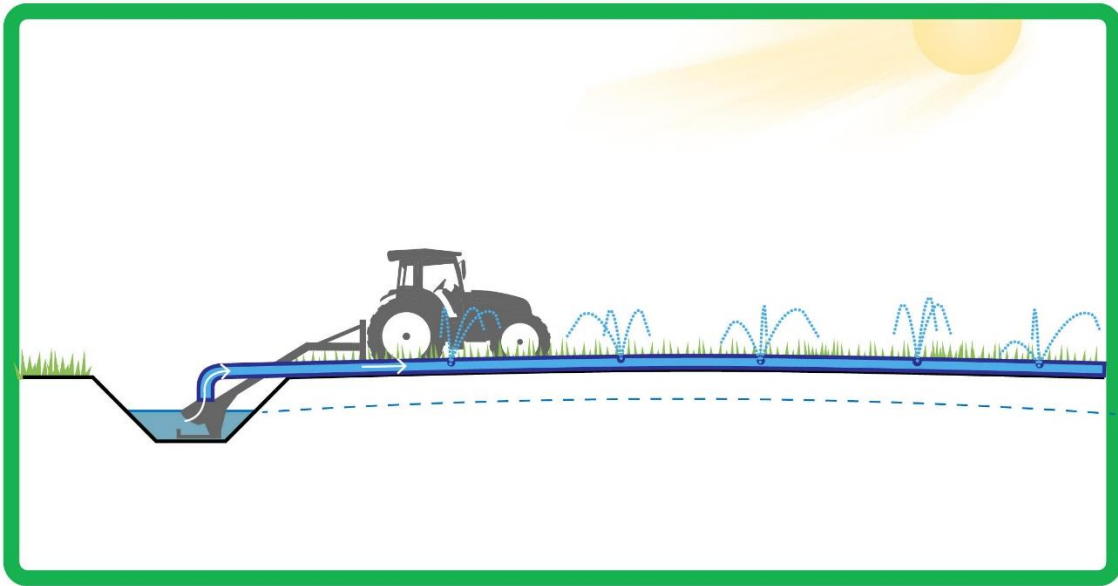
Toepasbaarheid: In principe overal in combinatie met een slootwaterpeil (minimaal boven 50 cm -mv; NOBV 2023). En in situaties waar de bedrijfsvoering het plaatselijk nodig maakt om bij hogere peilen een voldoende lage grondwaterstand te hebben zonder dat de veenbodem wordt ontwaterd. Bijvoorbeeld om beweiding mogelijk te maken op laaggelegen huiskavels.

Kennisontwikkeling: Inmiddels heeft de aandacht voor WIS een grote vlucht genomen als potentiële maatregel om broeikasgasemissie te reduceren (Stowa Deltafact 2018, NKB 2018, NOBV 2023). Dit komt omdat een hoog *sloot*peil alleen, vanwege de hoge infiltratieweerstanden van het veenpakket, vaak niet voldoende is om te zorgen voor een hoog *grondwater*peil.

Het NOBV onderzoekt de effecten van actieve en passieve WIS op de grondwaterstand en de uitstoot van broeikasgassen (NOBV 2023). Daaruit blijkt, dat op drie van de vijf locaties waar in Nederland gemeten wordt, de freatische grondwaterstand in de zomer minder uitzakt dan op de referentiepercelen. In de winter is dat effect minder uitgesproken. Onderwaterdrainage kan volgens het NOBV (2023) de grondwaterstand door infiltratie verhogen (vaak 10-30 cm) in droge perioden (vooral in droge zomers), terwijl het in natte perioden (winterhalfjaar) vaak een verlagend effect heeft op de grondwaterstand. WIS-systemen zorgen aldus voor een grondwaterstand met minder fluctuaties. Het effect is groter bij een kleinere afstand tussen de drains.

Aanvankelijk was het beeld dat onderwaterdrainage niet leidde tot een lagere broeikasgasemissie (zie Fritz *et al.* 2021, Weideveld *et al.* 2020). Het beeld daarbij was dat de drainafstand en de drooglegging te groot waren (bij geringere drooglegging mogelijk wel effectief). Na drie jaar onderzoek zijn er evenwel aanwijzingen voor een positief effect op de uitstoot van broeikasgas (de NECB = de netto koolstofbalans op jaarbasis), maar de resultaten zijn statistisch nog niet sterk. Zoals eerder aangegeven benadrukt het NOBV (2023) dat het belang om de meetreeksen voort te zetten om de onzekerheden te verkleinen en de betrouwbaarheid te vergroten.

Er is nog geen kennis over hoe WIS-systemen uitpakken voor weidevogels, in het bijzonder de voedselbeschikbaarheid (beschikbaarheid regenwormen in relatie tot grondwaterstanden, zie ook Onrust *et al.* 2019).



3.14 Bevloeiën - waterbeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: bevloeiën via slangen en pompen is in Fryslân in eerste instantie ontwikkeld in het kader van grote muizenuitbraken (2015 en 2019-2020; Wymenga *et al.* 2021). Voor dit doel zijn apparaten ontwikkeld waarbij een geperforeerde slang over het grasland wordt getrokken, waarbij het perceel systematisch wordt bevloeid. In genoemde jaren is die methode veel toegepast op zowel klei- als veengronden. De capaciteit van de gebruikte pompen loopt uiteen van 800-1400 m³ per uur.

Bevloeiing op perceel- of polderniveau bleek in 2015 en 2019-2020 ook een manier om de effecten van droogte te beperken. Systematische bevoeiing met als doel de grondwaterstand te verhogen en zo het veen nat te houden wordt voor zover bekend nog maar zeer lokaal toegepast¹¹. Over de effectiviteit als maatregel om het wegzakken van de grondwaterstand tegen te gaan is geen informatie voorhanden, met uitzondering van lokale metingen die een (tijdelijk) positief effect laten zien.

Risico's en onzekerheden: deze maatregel lijkt effectief te zijn voor het bevorderen van de grasgroei, en is in die zin vergelijkbaar met beregenen, maar de gebruikte volumes per tijdseenheid zijn veel groter (om het grasland te kunnen inunderen). Er treedt, vooral bij herhaling, wel achteruitgang op van de graskwaliteit op (Hoekstra & van Eekeren 2023). Net als bij beregening is er bij gebruik van oppervlaktewater naar verwachting nauwelijks een negatief effect op het grondwaterniveau.

Een reëel risico bij te grote volumes (te grote pompcapaciteit) is dat er niet genoeg water kan worden aangevoerd, en sloten worden droog getrokken (met gevolgen voor waterkwaliteit, uitstoot en biodiversiteit). Dat probleem deed zich in 2019-2020 geregeld voor (van Assen *et al.* 2020) en speelt ook in ADD. Opties om water op te slaan voor bevoeiing in droge tijden zijn zeer beperkt vanwege de grote volumes die nodig zijn.

¹¹ T. Wouda 2023. Veenweideboer bevoeit grasland: meer droge stof en hoger grondwaterpeil. Nieuwe Oogst – 26 mei 2023. Er wordt een gunstig effect op grondwater genoemd, gemeten met aquapins in het project Boeren Meten Water.

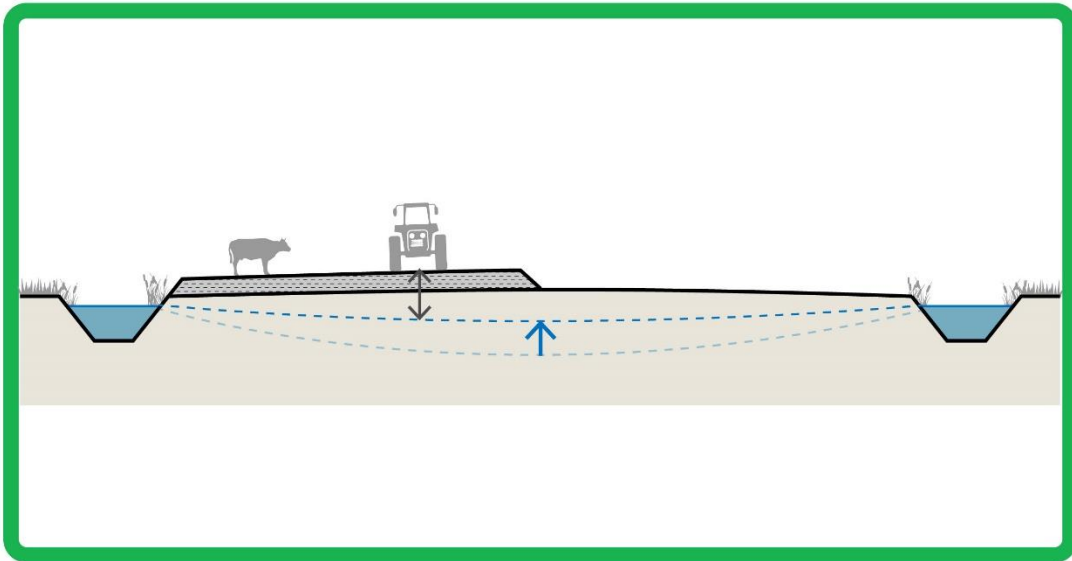
Toepasbaarheid: in beginsel overal waar excessieve schade door droogte en/of muizen ontstaat. Over de toepasbaarheid voor het voorkomen van uitzakken van de grondwaterstand bestaat nog onzekerheid. Tijdige bevoeiing – of beregening - in droge perioden kan wel voorkomen dat het veen zo sterk uitdroogt dat het hydrofoob wordt (box 1, blz. 24). De toepasbaarheid kan ook worden beperkt door het beschikbare oppervlaktewater, omdat er voldoende oppervlaktewater in het watersysteem aanwezig moet zijn, ook voor het realiseren van een voldoende hoog waterpeil.

Gezien de hoge kosten per bedrijf (aanschaf systeem) en de grote tijdsinspanning per ha (ervaringen gedurende de muizenuitbraken), lijkt bevoeiing als systeem-maatregel om het wegzakken van grondwater te voorkomen niet voor de hand liggend. Voordeel van deze maatregel is dat bij sterke droogte de grasgroei wordt bevorderd.

Kennisontwikkeling: Ten aanzien van de watervraag is voor bevoeiing meer water per tijdseenheid nodig dan voor beregening, omdat anders het land niet onder water komt te staan (en dan als inzet om schade in perioden muizenuitbraken te voorkomen, niet goed werkt). Om die reden wordt bevoeiing met oppervlaktewater gedaan. Voor zover bekend is er nauwelijks systematisch onderzoek gedaan naar de effecten op de grondwaterstand, buiten enkele lokale metingen (zie hiervoor). Wel is er kennis ontwikkeld over de grasopbrengst, de graskwaliteit en de uitspoeling van nutriënten.



Bevoeiien in de Vegelingsoordpolder, foto Niek Bosma, 2019, Detail Koufunderige, foto A&W, september 2018.



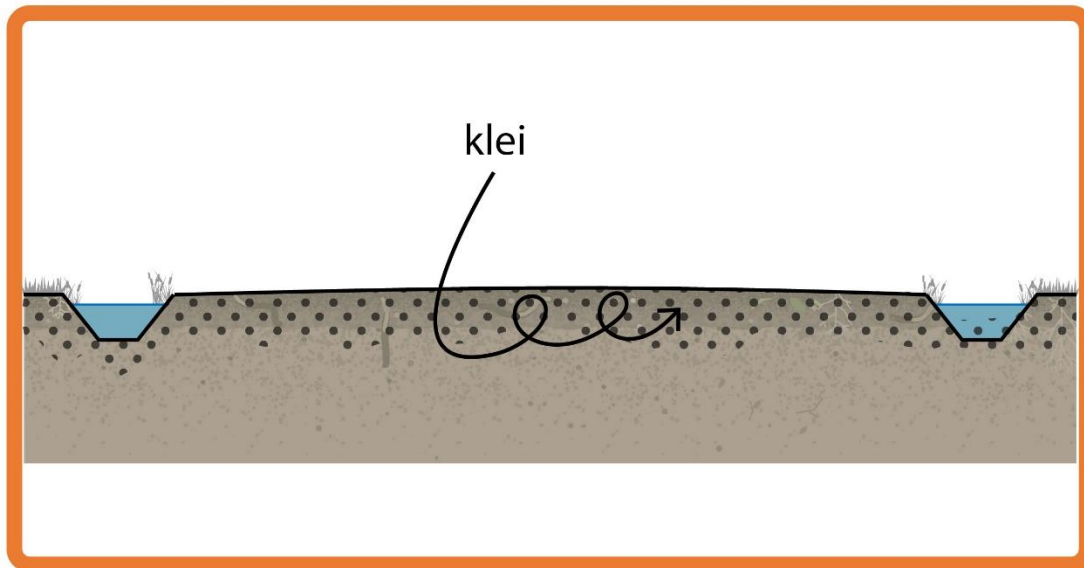
3.15 Overlagen - bodembeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: het overlagen van percelen betreft het opbrengen van een dunne laag grond op veenbodems zonder of met een zeer beperkt kleidek. Overlagen van veen is bedoeld als klimaatmaatregel om de veenafbraak en dus de CO₂-emissie te verlagen. Overlagen is daarmee primair wat anders dan ophogen. Dat laatste betreft veelal dikke lagen grond opbrengen op laaggelegen delen. Ophogen is altijd bedoeld om die laaggelegen delen boven het grondwater te brengen waardoor deze gronden langer als landbouwgrond functioneel blijven. Overlagen is primair een klimaatmaatregel, ongeacht de ligging van het landbouwperceel ten opzichte van de grondwaterstand, en het betreft een relatief dunne laag (klei-)grond die opgebracht wordt over het hele perceel, niet alleen delen daarvan.

Risico's en onzekerheden: De kosten van overlagen worden binnen het VIPNL-project 'Overlagen' in kaart gebracht en zijn afhankelijk van de herkomst van de benodigde grond (transport). Onbekend is in welke mate de veenafbraak door deze maatregel wordt vertraagd.

Toepasbaarheid: Overlagen is toepasbaar als bodemmaatregel op zichzelf en als maatregel in combinatie met watermaatregelen. In ADD is potentie toepasbaar in situaties waar de veenbodem geen of een zeer gering kleidek heeft en waar binnen niet te grote afstand (klei)grond vrijkomt.

Kennisontwikkeling: In lopende (landelijke) onderzoeken worden momenteel onderzoeken gedaan naar de effectiviteit van bodemmaatregelen. Een belangrijk aspect daarbij is de LCA (Levens Cyclus Analyse) waarmee maatregelen onderling vergelijkbaar worden op hun effectiviteit. Specifiek met betrekking tot overlagen trekt het Veenweide Innovatie Centrum het project VIPNL-Overlagen, dat in drie provincies wordt uitgevoerd (Fryslân, Overijssel en Zuid-Holland 2023-2036) om nader onderzoek te doen naar veenafbraak en effecten op de landbouw en bedrijfsvoering. In de Grote Veenpolder zijn in 2022 enkele demovelden en een onderzoeksperceel aangelegd voor dit doel. De resultaten daarvan zijn nu nog niet bekend.



3.16 Klei IN veen - bodembeheer perceelsniveau

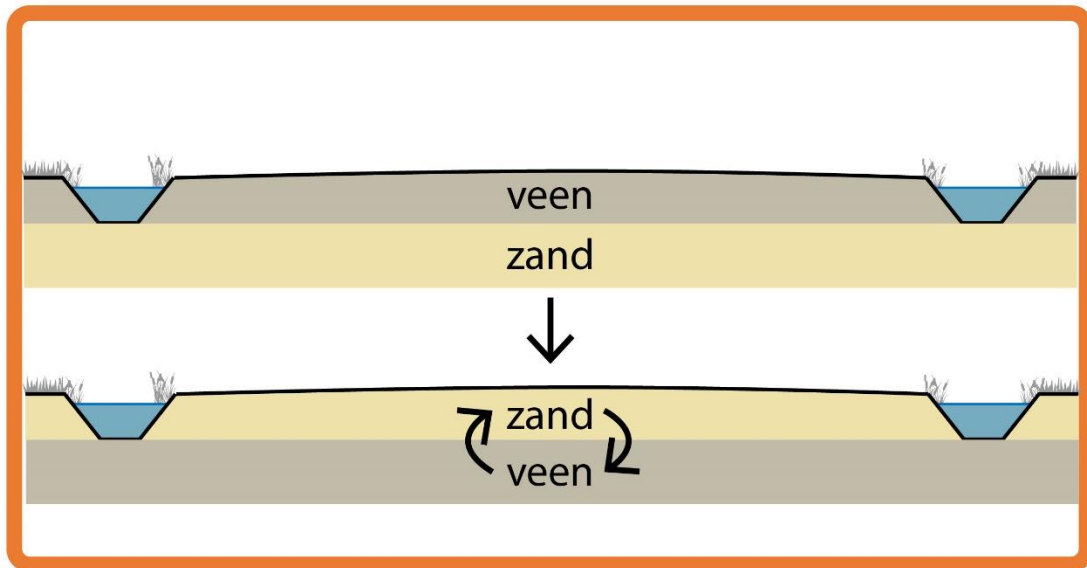
Doel en inhoud maatregel: één van de bodemmaatregelen om meer koolstof vast te houden, is het bijmengen van klei(deeltjes) in de veenbodem of het opbrengen van kleine hoeveelheden (1-2 cm) klei op veen. Door de binding van het veen aan de kleimineralen en andere fysische, chemische en biologische veranderingen door de kleitoepassing, wordt de afbraak mogelijk geremd. Een mechanisme zou kunnen zijn dat poriegroottes in het veen worden verkleind waardoor minder lucht kan toetreden. Hierdoor zou organische stof in veen langer kunnen worden vastgehouden, waardoor minder snel veenafbraak optreedt.

Risico's en onzekerheden: In dit stadium is het een *mogelijke* maatregel die kan bijdragen aan de klimaatopgave. Vanwege deze onzekerheden wordt er onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid (Van Agtmaal & Keuskamp 2023, zie hierna). Volgens Vellema (2020) zou het aanbrengen van klei in veengrond het risico op leverbotinfecties kunnen vergroten; veen zonder kleidek is minder gevoelig voor leverbotinfecties. Dit is ook afhankelijk van de detailontwatering.

Toepasbaarheid: Klei IN Veen is toepasbaar als maatregel op zichzelf en daarnaast als maatregel in combinatie met watermaatregelen. Verder praktijkonderzoek is nodig naar de effectiviteit en de mogelijkheid tot opschaling.

Kennisontwikkeling: Vanuit het project "Integrale bodemverbetering Feangreiden" zijn laboratoriumproeven uitgevoerd (van Agtmaal *et al.* 2019, van Agtmaal & Keuskamp 2023) en is een veldproef gestart in Delfstrahuizen. Hier worden de korte en lange termijneffecten onderzocht. Ook wordt de maatregel onderzocht in het landelijke project VIPNL-Klei IN Veen (2022-2025) waar vijf provincies / hoogheemraadschappen in meedraaien (Zuid-Holland, Noord-Holland, Overijssel, Fryslân, Groningen).

De voorlopige resultaten uit o.a. het laboratoriumwerk laten zien dat de werking van de maatregel klei- en veensoort specifiek kan zijn. In de meeste gevallen leidde bijmenging van klei tot een lagere CO₂-emissie. Het toevoegen van lutumhoudende keileem gaf geen remming op de CO₂-emissie (Van Agtmaal & Keuskamp 2023). De auteurs benadrukken dat deze resultaten afkomstig zijn van proeven onder gecontroleerde omstandigheden in het laboratorium. Hoe deze resultaten zich vertalen naar veldtoepassing wordt verder onderzocht.



3.17 Profielkeren - bodembeheer perceelsniveau

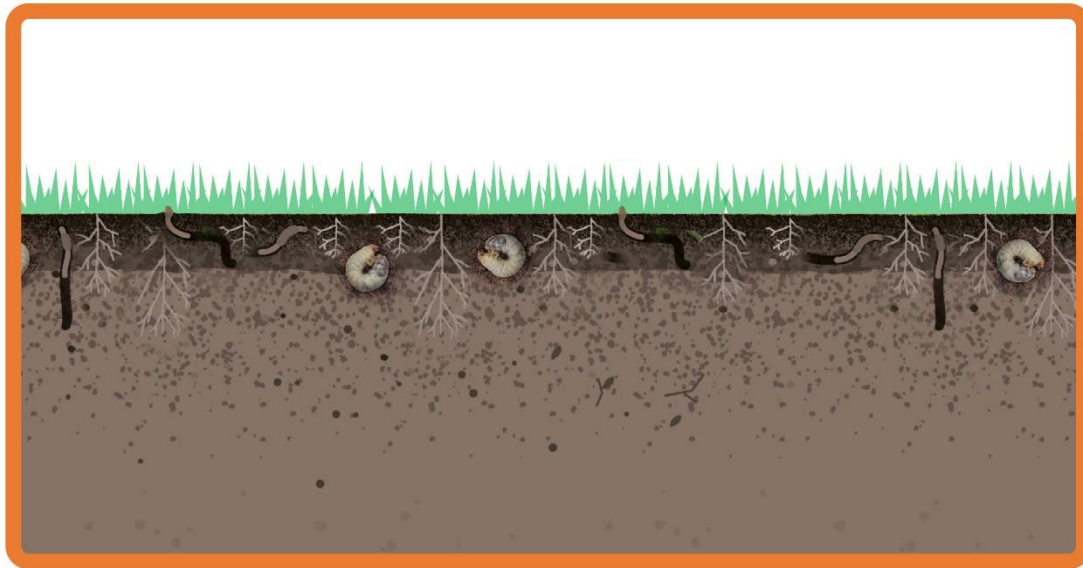
Doel en inhoud maatregel: De bodemaanpak 'profielkeren' is gericht op veenbodems zonder kleidek met een onderliggend zandpakket. Doel is het conserveren van het veen door het veen te keren met de onderliggende zandlaag en daarmee het veen voor een belangrijk deel of geheel onder de grondwaterspiegel te brengen. Dit is vooral bedoeld voor bodems met een relatief dunne veenlaag op zand (tot circa 80-90 cm veen). Secundair doel kan zijn dat de bodem draagkrachtiger wordt en meer regenwater kan opnemen.

Risico's en onzekerheden: profielkeren zit in de onderzoeksfase. De maatregel van het keren van veenprofielen met onderliggende zandlaag is nog niet toegestaan. Via een proef (VIPNL) wordt gekeken naar de effecten op bodemdaling en broeikasgasreductie, maar ook op andere aspecten zoals biodiversiteit in de bodem, grondwater, landschap, cultuurhistorie en aardkundige waarden.

Toepasbaarheid: de Provincie schat dat over een oppervlakte van 5000-8000 ha van het Friese veenweidegebied de bodemomstandigheden geschikt zijn. Mogelijk geldt dat ook in delen van ADD.

Kennisontwikkeling: een literatuurstudie van de WUR wijst uit dat de verwachte broeikasgasreductie meer dan 8 ton CO₂eq /ha per jaar bedraagt, mits het veen niet vermengd wordt met de onderliggende zandlaag. Hoe dat in de praktijk uitpakt wordt nader onderzocht in het landelijk VIPNL-project 'Profielkeren' (2022-2026). Hierin wordt samengewerkt met twee provincies (Overijssel en Fryslân). Er wordt een breed scala aan aspecten nader onderzocht (zie hiervoor). Daarna kan er beleidsmatig een keuze worden gemaakt of en onder welke omstandigheden profielkeren opgenomen kan worden als maatregel voor het beperken van veenoxidatie.

In de Groote Veenpolder is in het kader van de proeftuin Bodem al gestart met deze VIPNL-proef. Daaruit blijkt dat niet alle veengronden geschikt zijn. Het veenpakket kan niet te dik zijn en het onderliggende zandpakket moet geschikt zijn als landbouwgrond.



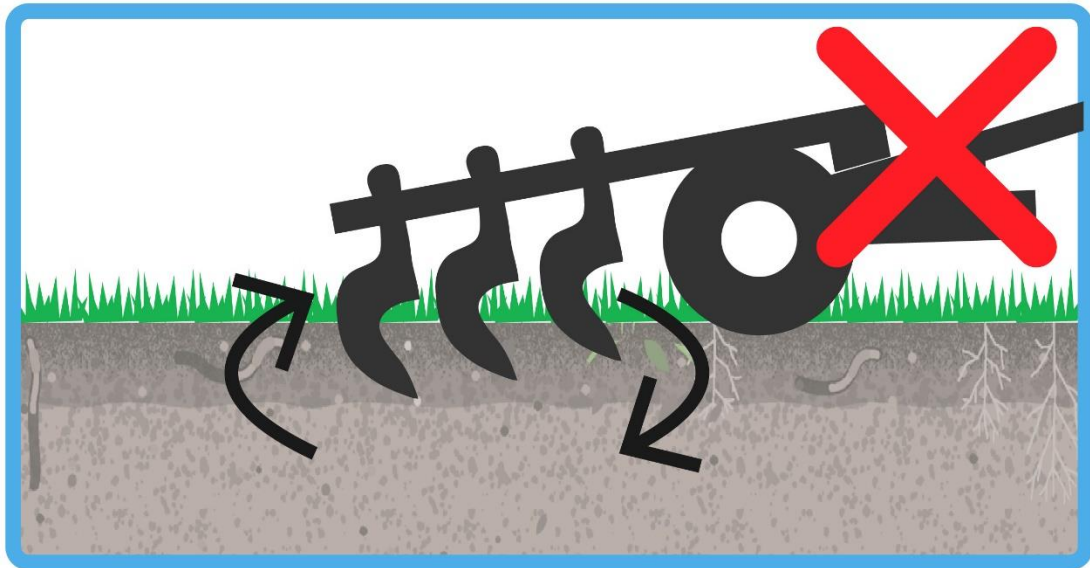
3.18 Bodemvruchtbaarheid – bodembeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: het bevorderen van de bodemvruchtbaarheid heeft als doel om bij te dragen aan een betere bodemkwaliteit, met mogelijk positieve effecten op opbrengsten, voederwaardes, dierenwelzijn, mestkwaliteit, melkkwaliteit en biodiversiteit (van Eekeren *et al.* 2016). Het verbeteren van de mineralenbalans van de bodem zou het vermogen om vocht vast te houden en geleidelijk weer af te staan kunnen vergroten. Ook kan het mogelijk de porositeit - het tegenovergestelde van verdichting - vergroten en leiden tot minder scheurvorming van veenbodems met een dun kleidek. Zo kan mogelijk worden bijgedragen aan minder veenoxidatie en uitstoot van CO₂. Deru (2021) gaat in detail in op deze 'ecosysteemdiensten' van veengraslanden.

Risico's en onzekerheden: Er zijn geen risico's verbonden aan een betere bodemvitaliteit; eerder het omgekeerde. De effecten van een verbeterde bodemvruchtbaarheid – met inbegrip van de effecten op het bodemleven, de emissie en de koolstofvastlegging - hangen samen met het bodemtype en het landgebruik (Deru 2021; zie ook Oosterveld *et al.* 2023). Op minerale gronden (dus ook bij een kleidek) kan een toegesneden bodembeheer bijdragen aan het vastleggen van koolstof. Op veengronden is dat onzeker, omdat het daar veel meer gaat om het voorkomen van emissies.

Toepasbaarheid: het bevorderen van de bodemkwaliteit dient meerdere doelen en is in alle graslanden van belang. Als het alleen gaat om het beperken van CO₂-emissies is bodemvruchtbaarheid op veengronden zonder kleidek niet de meest effectieve maatregel. In het grootste deel van ADD is sprake van een dun kleidek (20-40 cm dik).

Kennisontwikkeling: Er is in het verleden veel onderzoek gedaan aan de bodemkwaliteit in relatie tot opbrengst, bodemstructuur, bodemfauna e.d. (o.a. Van Eekeren *et al.* 2016). In de pilot Bodemvruchtbaarheid in ADD wordt experimenteel onderzoek naar deze aspecten (o.a. Jansma 2021). In 2023 en 2024 worden indicatief CO₂-metingen uitgevoerd door Veenweide Fryslân om de hypothese dat er (indirect) een positief effect is op de CO₂-uitstoot te kunnen toetsen. De pilot vindt plaats bij 8 melkveehouders met veengrond met een dun kleidek in ADD.



3.19 Geen kerende grondbewerking - bodembeheer perceelsniveau

Doel en inhoud maatregel: niet-kerende grondbewerking zorgt voor permanent grasland en heeft als doel om de koolstofvastlegging in grasland te vergroten. In de praktijk wordt grasland 1 maal per 10 jaar vernieuwd. Het scheuren van grasland (of grondbewerking voor maisteelt) leidt tot afbraak van organische stof (en daarmee tot CO₂-uitstoot en bodemdaling), en mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Door de leeftijd van grasland te verhogen wordt koolstofvastlegging bevordert en verliezen door graslandvernieuwing beperkt. Kan goed gecombineerd worden met doelen biodiversiteit.

Risico's en onzekerheden: een kanttekening vanuit landbouwkundig perspectief is dat bij permanent grasland is dat de grasmat op termijn kan veranderen (minder Engels raaigras) en daarmee de productie (ds, VEM). Afhankelijk van de landbouwkundige of natuurfunctie van het perceel is dan herinzaai of doorzaai nodig.

Toepasbaarheid: Niet-kerende grondbewerking kan in alle gevallen worden toegepast. Het wordt wel gestimuleerd vanuit de overheid. In de nieuwe eco-regeling van het GLB is niet-kerende grondbewerking niet expliciet opgenomen (mogelijk wel in 2024). Wel is 'langjarig grasland' als eco-activiteit opgenomen¹². Met langjarig grasland wordt organische stof in de bodem opgebouwd (althans op minerale grond, zie de opmerkingen hierna). Onder deze eco-activiteit wordt het grasland niet geploegd. Wel is lichte bewerking toegestaan.

Kennisontwikkeling: vooral op minerale gronden is veel onderzoek gedaan naar de invloed van kerende grondbewerking op de bodemkwaliteit, de koolstofvastlegging en het watervasthoudend vermogen. Zo laten bijv. Iepema *et al.* (2021) voor kleigrond zien hoe belangrijk de leeftijd van grasland is voor deze aspecten; bij ouder grasland wordt meer koolstof vastgelegd en heeft de grond een groter poriënvolume. Vooral in het kader van regeneratieve landbouw wordt hier veel aandacht aan besteed.

De kennis over de effecten van niet-kerende grondbewerking is door Oosterveld *et al.* (2023) op een rij gezet. Daaruit blijkt dat die kennis vooral betrekking heeft op minerale gronden en dat er

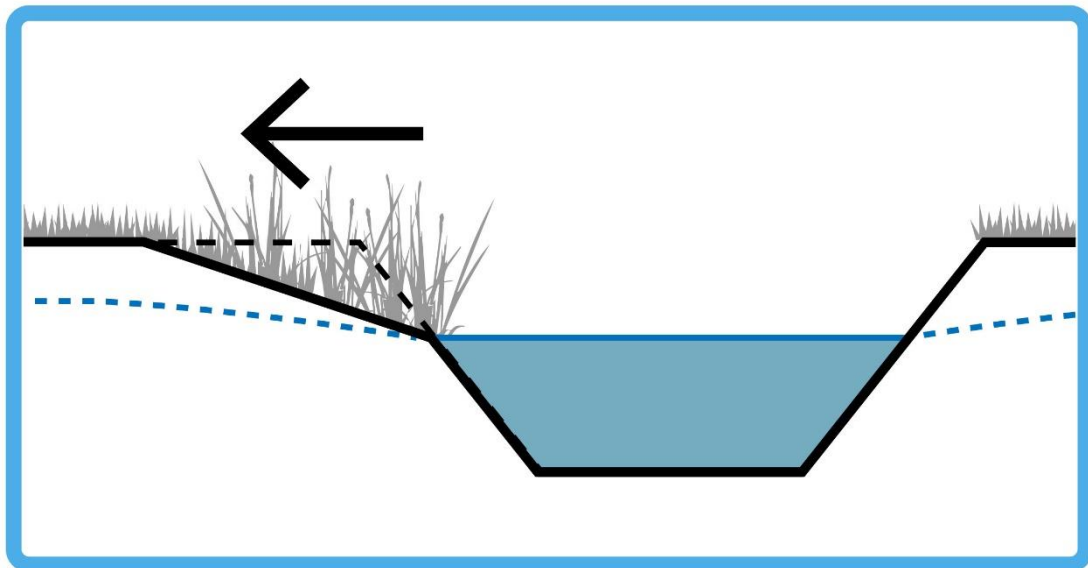
¹² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/eco-regeling/eco-activiteiten>

betrekkelijk weinig onderzoek is gedaan op organische gronden (veengrond). Er zijn echter goede aanwijzingen dat ook op veengrond de effecten van niet-kerende grondbewerking op de bodemkwaliteit en koolstofvastlegging positief zijn. Een nadere onderbouwing daarvan is gewenst. Uit het overzicht van Schippers *et al.* (2022) blijkt dat niet-kerende grondbewerking ook een positief effect heeft op de waterkwaliteit.

In het veenweidegebied wordt op beperkte schaal mais geteeld (in ADD op 2-3% van de oppervlakte). Voor reguliere maisteelt is intensieve grondbewerking nodig wat leidt tot negatieve effecten op de bodemkwaliteit en emissie van CO₂. Er wordt thans via diverse pilots kennis ontwikkeld voor verduurzaming van maisteelt op veen. Daarbij wordt de grond minimaal geroerd met een strokenfrees (geen kerende grondbewerking). Uit de praktijkproef komt naar voren, dat maisteelt zonder kerende grondbewerking op veengrond mogelijk is (en vergelijkbare opbrengsten oplevert), maar qua beheer veel aandacht verdient (DLV Advies 2021). Er zijn voor zover bekend geen metingen gedaan aan de CO₂-emissie.



In ADD-Zuid is enkele jaren geleden (foto 4 mei 2021, A&W) een pilot gedaan met verduurzaming van maisteelt op veen, met onder meer toepassing van niet-kerende grondbewerking.



3.20 Flauwe begroeide taluds – bodem- en waterbeheer perceelsniveau

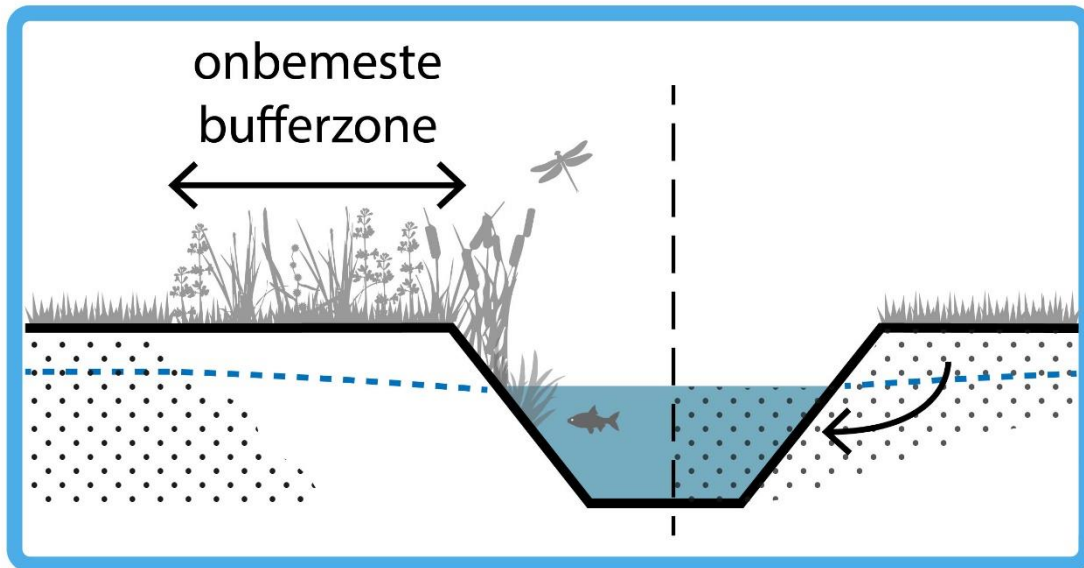
Doel en inhoud maatregel: stabiele taluds zijn belangrijk om te voorkomen dat grond en daarmee nutriënten en hekkelspecie in de sloot terecht komen (b.v. door vertrapping, verzakking, verweking of afspoeling). Dat zorgt voor een betere waterkwaliteit (KRW) en daarmee ook voor minder uitstoot van broeikasgassen. Ook verminderen stabiele oevers de onderhoudsbehoefte van de sloot (baggeren). De huidige taluds zijn vaak steil (1:1) en instabiel, en leiden bij veel stroming tot afkalving (De Pater & Van Rotterdam 2021). Door taluds eenzijdig of tweezijdig te verflauwen naar 1:2 of 1:3 (vanaf het wateroppervlak) worden ze stabiel, zeker als er ook een goede begroeiing op komt van oeverplanten als zeggen en, hogerop, een grazige begroeiing.

Risico's en onzekerheden: om verruiging en verbossing tegen te gaan moeten taluds eens per jaar worden gemaaid en moet het materiaal worden afgevoerd (met hekkelen). Mogelijke ontwikkeling van Pitrus is een risico, maar dat is via een adequaat beheer op te lossen. Een kanttekening van flauwe taluds is het ruimtebeslag, vooral bij relatief diepe sloten op de klei.

Toepasbaarheid: goed toepasbaar in alle watergangen, in het bijzonder degene in de haarvaten en aan de voeteneinden van het watersysteem. Maar ook voor de watergangen waar veel waterbeweging is en daardoor meer kans op instabiliteit, is een goed begroeid talud van belang.

Kennisontwikkeling: in het kader van het Uitvoeringsprogramma Veenweidevisie 2019-2020 is een onderzoek gedaan naar de stabiliteit van oevers (De Pater & Van Rotterdam 2021; zie maatregel 5). De uitkomsten zijn ook relevant bij deze maatregel.

Een belangrijke vraag bij de onderhavige maatregel is hoe een goede, natuurlijke begroeiing kan worden ontwikkeld, zonder dat sprake is van sterke pitrusvorming bovenin. Te denken valt aan begroeiingen met Zeggen (vooral Oeverzegge, Scherpe Zegge) die diep wortelen en leiden tot een stevige zode. Belangrijke vragen: hoe schuin moet een talud zijn; kan worden volstaan met 1:3 taluds bij een goede begroeiing? Hoe kan de ontwikkeling van zeggenrijke begroeiingen worden versneld (enten, aanplanten) en onder welke condities lukt dat het best?



3.21 Onbemeste bufferzone langs watergangen – bodembeheer perceelsniveau

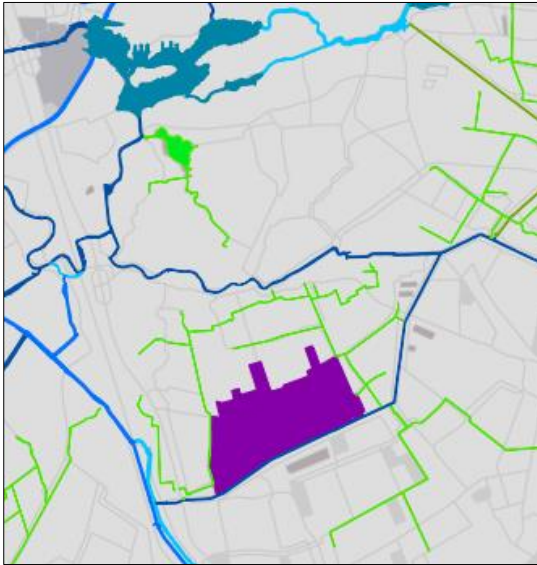
Doel en inhoud maatregel: onbemeste bufferstroken hebben invloed op het oppervlakkige en ondiepe transport (afspoeling) van stoffen vanaf het maaiveld en vanuit de ondiepe bodem naar een sloot. Door bemesting en grondbewerking achterwege te laten ontstaat een kruidenrijke rand en komen er geen nutriënten in de sloot. Dit draagt bij aan de waterkwaliteit en vermindering van uitstoot van broeikasgassen en de biodiversiteit.

Risico's en onzekerheden: een bufferstrook heeft invloed op de mestplaatsingsruimte. Een kruidenrijke rand langs percelen kan goed worden ingepast in de bedrijfsvoering door die met de tweede snede mee te oogsten.

Toepasbaarheid: goed toepasbaar bij alle watergangen, in het bijzonder die in de haarvaten en aan de voeteneinden van het watersysteem. De breedte van een bufferstrook kan variëren van 50 cm tot 5 m, al naar gelang de regelgeving en afspraken.

De toepassing van verplichte bufferstroken gaat 1 maart 2023 in. Op de site <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bufferstroken> is gedetailleerde informatie te vinden. Een bufferstrook is een strook grond waarop geen mest, chemische gewasbeschermingsmiddelen of biociden worden gebruikt en die begint vanaf de insteek van de sloot. Wanneer sprake is van een flauw talud (maatregel 5 en 18) dan start de strook op 1 m vanaf de waterlijn. De breedte van de strook is afhankelijk van het type waterloop en wordt op perceelsniveau bepaald door RVO. Daarbij wordt het onderstaand schema aangehouden. Als op perceelsniveau het areaal bufferstroken op >4% komt, mag een herberekening met nieuwe breedtes worden toegepast.

Type waterloop	hoofregel	1 ^e berekening >4%	2 ^e berekening >4%
Ecologisch kwetsbare waterloop	5 m	geen berekening nodig	blijft 5 m
KRW waterlopen	5 m	3 m	3 m
KRW sloot max 10 m breed	5 m	3 m	1 m
Overige waterlopen	3 m	1 m	0,5 m
Droge sloot	1 m	geen berekening nodig	blijft 1 m



Figuur 3.1. Ligging van KRW-oppervlaktewateren in ADD, gebaseerd op de KRW-nota Fryslân 2022-2027. De Deelen is aangewezen als Laagveenplas en de groene vaarten, inclusief de Botmar, als polderveenvaarten.

In ADD liggen geen ecologisch kwetsbare waterlopen. Er ligt wel een aantal KRW-waterlopen¹³, waar sprake is van een 5 m brede verplichte bufferzone (figuur 3.1). Alle andere sloten in ADD kunnen worden beschouwd als overige waterlopen met een 3 m brede verplichte bufferzone.

Er kan bij de bufferstroken overigens sprake zijn van overlap met eco-activiteiten in het kader van de GLB. Voor 2023 is overlap toegestaan, voor de jaren erna is dat nog niet duidelijk. Met betrekking tot het ANLb is het relevant om vast te stellen dat op bufferstroken geen ruige mest mag worden toegepast.

Kennisontwikkeling: Er is veel kennis ontwikkeld over de invloed van onbemeste bufferstroken op de waterkwaliteit, vooral voor de akkerbouw¹⁴. Er is breed en grondig onderzoek gedaan naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden (Schippers *et al.* 2022). Daaruit blijkt dat de toepassing van onbemeste bufferstroken effectief is om de waterkwaliteit te verbeteren (Groenendijk *et al.* 2021).

¹³ <https://www.fryslan.nl/flysystem/media/ontwerp-factsheets-krw-fryslan-2022-2027.pdf>

¹⁴ <https://groenkennisnet.nl/nieuwsitem/maatregelen-tegen-nutriëntenuitspoeling-in-kaart-gebracht>

4 Kennishiaten

Het belang van een LCA

De inzet van een mix aan maatregelen kan vanuit verschillende invalshoeken worden beoordeeld, bijvoorbeeld om peilverhoging mogelijk te maken, vernatting tegen te gaan, grondwaterstanden te verhogen of de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. De inzet op locatie moet effectief zijn en doelmatig. Daarbij zal een afweging moeten worden gemaakt welke maatregel het best inzetbaar is. Bij dat laatste is het van belang dat een volledig beeld bestaat van de effecten op milieu, water, klimaat en biodiversiteit. Daarvoor is een LCA (Levenscyclusanalyse) per maatregel gewenst, zodat ze onderling vergelijkbaar zijn en de klimaatwinst over het geheel van de cyclus (aanleg en periode van implementatie) kan worden beoordeeld. Aan de hand daarvan kan bepaald worden in hoeverre de doelen voor ADD gerealiseerd worden.

Het doel van dit werkdocument was om voor ADD een overzicht van de maatregelen te maken. Het is wenselijk om in breder veenweideverband een LCA te maken voor deze maatregelen. Die informatie kan een belangrijke ondersteuning zijn voor het maken van keuzes.

Kennishiaten

In dit rapport komen verschillende kennishiaten naar voren. Vanuit het gebiedsproces ADD is sterke behoefte aan het invullen van onzekerheden of meer kennis over de effectiviteit. Zoals al eerder aangegeven wordt vanuit het Innovatieteam Feangreide al onderzoek geïnitieerd om kennisvragen te verkennen of uit te zoeken. Voor een deel vindt dit gecoördineerd plaats in het kader van het NOBV of VIP_{nl} en er wordt effectief samengewerkt met andere provincies, of vindt dat plaats door STOWA vanuit de gezamenlijke waterschappen. Voor een deel worden specifiek in de Friese veenweiden kennisvragen nader uitgezocht.

Het onderstaande overzicht is niet uitputtend maar baseert zich op de gesignaleerde kennisleemten in hoofdstuk 3, al dan niet ook al in het gebiedsproces ADD naar voren gebracht. Het belangrijke, lopende onderzoek vanuit het NOBV naar de effectiviteit van peilverhoging en WIS-maatregelen is hier niet specifiek genoemd. Voor kennisleemten met betrekking tot koolstofvastlegging en emissiereductie via grasland- en bodembeheer, zie ook Oosterveld et al. (2023).

- *Snelheid peilverhoging en ontwikkeling kruidenrijke graslanden*
Het is wenselijk te komen tot een stapsgewijze peilverhoging, waarbij periode en snelheid passen bij het doel. Peilverhoging wordt vaak gecombineerd met de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden om zo opgaven te combineren. Er is praktijkgerichte kennis nodig over de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden bij peilverhoging, in het bijzonder met voorafgaande uitmijning (Mettrop *et al.* 2021). Belangrijke vragen: hoe kan uitmijning worden versneld, hoe kan pitrusontwikkeling worden beteugeld, kan doorzaai met een goed gekozen mengsel de ontwikkeling versnellen.
- *Snelheid peilverhoging en stabiliteit taluds en toepassing begroeide, flauwe taluds*
Naast bovenstaande is een stapsgewijze peilverhoging ook wenselijk in verband met het risico op instabiliteit van taluds. Hiervoor is praktijkgerichte kennis nodig. In een dergelijk praktijkonderzoek kan ook worden uitgezocht hoe flauwe, begroeide taluds kunnen worden ontwikkeld (maatregel 20), in het bijzonder met zeggen en andere oeverplanten.

- HAKLAM en invloed op waterkwaliteit
Het is nog onbekend hoe groot de invloed van flexibel peilbeheer volgens HAKLAM op de waterkwaliteit is. Door een relatief grote flux van aan- en afvoer van water is de belasting met nutriënten naar verwachting groot, maar goed inzicht daarin ontbreekt. Om die reden is praktijkgericht onderzoek gewenst, vooral met inzicht in de nutriëntenbelasting in relatie tot de afstand van in- en uitlaatpunten. Dit kan een belangrijke onderbouwing zijn voor het ontwerpen van een aan- en afvoerplan voor een goede ecologische waterkwaliteit, ingebouwd in het klimaatbestendig, robuust watersysteem dat wordt ontworpen (zie opmerkingen daarover in paragraaf 4.1).
- Effectiviteit HAKLAM
Er zijn nog onzekerheden omtrent de effectiviteit van HAKLAM, in het bijzonder over het anticiperende vermogen (bv. rekening houden met droge voorjaren) en de sturing van grondwaterstanden. Hier is verder (praktijk-)onderzoek gewenst en in eerste instantie een uitwerking van de data die verzameld worden. Vanuit het project Boeren Meten Water zijn veel gegevens verzameld die, in samenhang met de GLB-pilot in ADD, inzicht kunnen geven in de effecten en effectiviteit van flexibel peilbeheer.
- Bodemmaatregelen – lopend onderzoek
In het kader van het Veenweideprogramma vindt in verschillende delen van het Friese veenweidegebied (praktijk)onderzoek plaats naar bodemmaatregelen (project “Integrale bodemverbetering Feangreiden”), in het bijzonder bodemvruchtbaarheid, overlagen, klei in veen en profielkeren (Hoekstra *et al.* 2023a-e). Dit praktijkonderzoek is van groot belang om meer zicht te krijgen op de effectiviteit van maatregelen (doelbereik) en de toepasbaarheid, ook in relatie tot de inpassing in de bedrijfsvoering.

5 Literatuur

- Boukes, H., A. de Haan, J. Medenblik et al., 2019. Grondwateratlas van Fryslân. Leeuwarden. Provincie Fryslân i.s.m. Wetterskip Fryslân en Vitens, 2019.
- De Pater J, D Van Rotterdam, 2021, Oeverstabiliteit in de veenweiden van Fryslân; Een veldinventarisatie, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1781.N.20-3, pp 4.
- Deru, J. 2021. Soil quality and ecosystem services of peat grasslands. Phd. Wur, Wageningen.
- DLV Advies 2021. Verduurzaming van maisteelt op puur veen in Fryslân. Eindrapportage praktijkdemonstratie 2019-2020. DLV Advies, Drachten.
- Eekeren, N. van, J. Deru, F. Lenssinck & J. Bloem 2016. Bodemkwaliteit op veengrond. Effecten van drie maatregelen op een rij. Brochure Louis Bolk Instituut, Veenweide Innovatie Centrum en Alterra, Wageningen.
- Erkens, G., R. Melman, S. Jansen, J. Boonman, M. Hefting, J. Keuskamp, H. Bootsma, L. Nougues, M. van den Berg & Y. van der Velde 2022. Subsurface Organic Matter Emission Registration System (SOMERS). Beschrijving SOMERS 1.0, onderliggende modellen en veenweidenrekenregels. *Concept*. Deltares.
- Evans, C. D., Peacock, M., Baird, A. J., Artz, R. R. E., Burden, A., Callaghan, N., Chapman, P. J., Cooper, H. M., Coyle, M., Craig, E., Cumming, A., Dixon, S., Gauci, V., Grayson, R. P., Helfter, C., Heppell, C. M., Holden, J., Jones, D. L., Kaduk, J., ... Morrison, R. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 593, 548–552.
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Freeman, B. W., Evans, C. D., Musarika, S., Morrison, R., Newman, T. R., Page, S. E., ... & Jones, D. L. (2022). Responsible agriculture must adapt to the wetland character of mid-latitude peatlands. *Global Change Biology*, 28(12), 3795-3811.
- Fritz, C., Weideveld, S., Velthuis & M. van den Berg 2021. Broeikasgasuitstoot van Friese veenbodems. Kunnen onderwaterdrainage en infiltratie aan een duurzame emissiereductie bijdragen? Rapport PF2016/165140. Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Galama, A.H. 2023. Regeneratieve landbouw en koolstofvastlegging - Actuele inzichten en implicaties voor het veenweidegebied . Galama Sustainable Solutions, Hilaard.
- Groenendijk, P. L. van Gerven, P. Schipper, S. Jansen, S. Buijs, A. van Loon, S. Lukacs, F. Verhoeven, B. Housmans, D. van Rotterdam, G. Ros, K. Verloop en G.J. Noij. 2021. Maatregelen op de Kaart Fase 2. Identificeren van kansrijke perceelsmaatregelen voor schonere grond- en oppervlaktewater. STOWA-rapportnummer 2021-26. Stowa, Utrecht.
- Hoekstra, N., J. de Stigter & N. van Eekeren 2023a. Eindrapportage Integrale bodemverbetering Feangreiden: Activiteitenverslag. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hoekstra, N., N. van Eekeren, N. Bosma, 2023. Bevloeiing van veenweidegrasland. V-focus januari 2023, 32-35
- Hoekstra, N.J., J. de Stigter, N. van Eekeren, 2023b. Het effect van drijfmestaanwending met zodebemester en sleepvoet op bodemvocht, scheurvorming, regenwormen en grasopbrengst op klei-op-veen. 2023-005 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hoekstra, N.J., J. de Stigter, N. van Eekeren, 2023c. Het effect van zodebemesting en bovengrondse drijfmestaanwending op scheurvorming en uitdroging van de bodem op klei, veen en zand. 2023-011 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hoekstra, N.J., J. de Stigter, N. van Eekeren, 2023d. Het effect van drijfmestaanwending met zodebemester en sleepvoet op bodemvocht, scheurvorming, regenwormen en grasopbrengst op klei-op-veen. 2023-005 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hoekstra, N.J., J. de Stigter, N. van Eekeren, 2023e. Het effect van zodebemesting en bovengrondse drijfmestaanwending op scheurvorming en uitdroging van de bodem op klei, veen en zand. 2023-011 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

- Hoekstra, N.J., Sleiderink, J.W.M., Deru, J.G.C., van Agtmaal, M. & van Eekeren, N. 2020. Hydrofobie op veengrond: oorzaken en maatregelen - Rapportage van lab-experimenten in Project Integrale Bodemverbetering Feangreide. 2020-047 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hut, R.M.G. van der, E. Wymenga & R. de Jong 2014. Waterberging in natuurgebieden in Fryslân. Actualisatie 2014.. Altenburg & Wymenga, Veenwouden.
- Iepema, G., Hoekstra, N. J., de Goede, R., Bloem, J., Brussaard, L., & Van Eekeren, N. (2022). Extending grassland age for climate change mitigation and adaptation on clay soils. *European Journal of Soil Science*, 73(1), e13134.
- Jansma, A. 2021. Monitoring effect bodemverbeteringsmaatregelen op biodiversiteit en bodemleven binnen pilot Aldeboarn de Deelen. Rapport Agreco Advies,
- Kok, I. & I.E. Hoving 2003. Invloed incidentele waterberging op de opbrengst en voederwaarde van gras. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mettrop, I., E. Wymenga & P. de Ruyter, 2022. Visie klimaatbestendige veenlandschappen. Uitgave in opdracht van de Coalitie Natuurlijke Klimaatbuffers. Feanwâlden. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Bureau Peter de Ruyter landschapsarchitectuur, Atelier des Hollants.
- Mettrop, I., J. Loonstra, E. Wymenga 2021 Ontwikkeling van kruidenrijke graslanden bij hoog grondwater in Friese veenweiden. Een overzicht van beschikbare kennis. A&W-rapport 20-326. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. Download hier bijbehorende [stappenschema](#).
- Nijman, T., R. Nouta, Q. van Giersbergen, T. Heuts & C. Fritz in voorbereiding. Tussenrapportage mobiel CO₂ meten in het Friese veenweidegebied. Concept rapportage. RU Utrecht.
- NKB 2018. Factsheet Onder- en drukdrainage. Veel gestelde vragen over Onderwaterdrainage en drukdrainage. Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling.
- NOBV 2023. Samenvatting rapportage jaar 3. Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden. NOBV-onderzoeksconsortium, definitieve versie d.d. 14 juni 2023. Zie ook <https://www.nobveenweiden.nl/3-juli-2023-webinar-drie-jaar-nobv-waar-staan-we/>
- Onrust, J., E. Wymenga, T. Piersma & H. Olf, 2019. Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. *Journal of Applied Ecology*, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13356>.
- Oosterveld, E.B., O. Galama, B. Bredeveld & L.F.A. Mathu 2023. Verkenning koolstofvastlegging in veenweide. Overzicht maatregelen water, bodem en landgebruik . A&W-rapport 22-303. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Oosterveld, E.B., S. van Lierop & M. Sikkema 2009. Use of unfertilised margins on intensively managed grassland by Black-tailed Godwit *Limosa limosa* and Redshank *Tringa totanus* chicks. *Wader Study Group Bulletin* 116: 69-74.
- Pijlman, J., S. Roelen & N. van Eekeren 2021. Biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit. Een inventarisatie van de haalbaarheid van maatregelen in het veenweidegebied. Stowa, Amersfoort.
- Schipper, P., A. van Loon, J. van Rozemeijer, P. Groenendijk & S. Lukacs 2022. Effectiviteit nutriëntenmaatregelen om uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden te verminderen. Factsheet. Groenkennisnet. Stowa, Utrecht.
- STOWA 2004. Waterberging en Natuur Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders Rapportnummer 2004-16. Stichting Toegepast Waterbeheer. Utrecht.
- STOWA Deltafact 2018. Onderwaterdrains. <https://www.stowa.nl/deltafacts>. Stowa Utrecht.
- Stuifzand, S. (red.) 2008. Praktijkervaringen met waterberging in natuur(ontwikkelings)gebieden juni 2008 RWS Waterdienst rapport nr. 2007.011 Alterra rapport nr. 1632 ISBN nr. 978-90-369-1416-1 Hoofdrapport pilotprogramma waterberging en natuur. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.011/Alterra rapport nr. 1632. Pilotprogramma Waterberging-Natuur.
- Tiemeijer, B, A. Freibauter, E. Albiac Borraz, J. Augustin, M. Bechtold, S. Beetz, C. Beyer, M. Ebli, T. Eikenscheidt, S. Fiedler, C. Förster, A. Gensior, M. Giebels, S. Glatzel, J. Heinichen, M. Hoffman, H. Höper, G. Jurasinski, A. Laggner, K. Leiber-Sauheitl, M. Peichl-Back & M. Drösler 2020. A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological indicators* 109: 1-14.

- Toensmeier, E., M. Mehra, C., Frischmann & J. Foley 2020. Farming our Way Out of the Climate Crisis. Project Drawdown. www.drawdown.org.
- Van Agtmaal, M. & J. Keuskamp 2023. Klei in veen als maatregel tegen veenafbraak – Verkennende laboratoriumproeven met veen en klei uit Friesland. Publicatienummer 2023-007 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Van Agtmaal, M., J. Deru & F. Lenssinck 2019. Klei voor behoud van veen - verkenning mogelijkheden van koolstofvastlegging en preventie bodemdaling met klei uit de kringloop. Publicatienummer 2019-010 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- van Assen, J.G., M. Bekkema, R. Koffeman & E. Wymenga 2020. Muizenuitbraken in 2019-2020 in beeld. Technische rapportage. Rapport 19-283. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Vellema, P. Nadere verkenning risico's op leverbotinfecties bij vernatting van veengronden. Gezondheidsdienst voor Dieren, Projectnr. 2080079. Deventer.
- Weideveld, T.J., L. Wei, M. van der Berg, L.P.M Lamers & C. Fritz 2021. Sub-soil irrigation does not lower greenhouse gas emission from drained peat meadows. Biogeosciences <https://doi.org/10.5194/bg-2020-230> Preprint.
- WSF 2022. Notitie peilbeleid Veenweidegebied. Conceptnotitie november 2022. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.
- Wymenga, E. , N. Beemster, D. Bos, M. Bekkema & E. van der Zee 2021. Recurring outbreaks of common vole (*Microtus arvalis*) in grasslands in the low-lying parts of the Netherlands. *Lutra* 64: 81-101.



Adres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

Adres Amsterdam

Gebouw Matrix II,
Science Park 400/K1.08/1.09
1098 XH Amsterdam