

Datum	18 juni 2022
Auteur	Jasper van Belle, Peter van der Maas, Sebastiaan Masselink, Tjeerd Veenhoven, Coen Verboom, Jesse Wagenaar
Redactie	Ineke Baan en Peter van der Maas
Versie	7
Status	Definitief

Ontwikkeling van alternatieve waardeketens op natte veenbodem

Lisdodde voor isolatie en Cranberry voor sap of compote

Eindrapport Better Wetter Fase 2, deelproject Veenmarktplaats





Inhoud

1. Inleiding	5
1.1 Productief gebruik van natte veengronden	5
1.2 Deelproject Veenmarktplaats	5
1.3 Leeswijzer	6
2. Lisdodde voor biolaminaat	8
2.1 Achtergrond	8
2.2 Wat hebben we gedaan	8
2.3 Productieproces	8
2.4 Marktpotentie	9
2.5 Kansen voor productie in Noordoost Friesland	9
2.6 Ten slotte	10
3. Lisdodde voor inblaasisolatie: de waardeketen	11
3.1 Eisen die worden gesteld aan lisdodde voor isolatiemateriaal	11
3.2 Waardeketen: stappen in het productieproces	13
3.3 Teelt en oogst van lisdodde	15
3.4 Eerste blik op kosten en baten	16
3.4 Conclusie	17
4. Productie van lisdodde binnen Better Wetter	19
4.1 Oogsten, hakselen en drogen	19
	23
5. Lisdodde drogen aan de lucht na gecontroleerd hakselen	24
5.1 Oogsten en hakselen ten behoeve van alternatieve droging	24
5.2 Drogen aan de lucht	26
5.3 Oriënterend experiment schimmelvorming	31
5.4 Conclusie	33
6. Doorkijk naar grootschalige teelt: planten en oogsten	34
6.1 Ontwikkeling van lisdodde uit wortelstokken op het maaiveld	34
6.2 Brede verkenning van mogelijkheden voor en ervaringen met mechanisatie	37
6.3 Conclusie	41
7. Ecosysteemdiensten van riet- en lisdoddeteelt	42

7.1 Zuiveringspotentie van riet- en lisdoddevelden	42
7.2 Flora en fauna in riet- en lisdoddevelden	48
7.3 Vastlegging en emissie van koolstof	49
7.4 Conclusie	54
8. Verdienmodel lisdodde voor inblaasisolatie	55
8.1 Verdienmodel	55
8.2 Kosten en baten in scenario's	59
8.3 Mogelijke inkomsten uit andere producten lisdodde	62
8.4 Evaluatie: kansen en risico's	62
9. Cranberryteelt in veenmos	63
9.1 Proefopzet	63
9.2 Methode	64
9.3 Resultaten	65
9.4 Analyse en interpretatie	69
9.5 Conclusie en aanbevelingen	71
10. Conclusies en perspectieven voor waardeketens en verdienmodellen	73
11. Bibliografie	76



1. Inleiding

1.1 Productief gebruik van natte veengronden

Het samenwerkingsverband Better Wetter ¹wordt door overheden, ondernemers, landbouw- en natuurorganisaties en onderwijs- en kennisinstellingen gewerkt aan toekomstbestendig waterbeheer en grondgebruik. In de periode 2018-2022, aangeduid als 'Better Wetter Fase 2', is gewerkt aan de ontwikkeling van Natte teelten als economische drager in veenweidegebieden die te nat zijn of worden voor gras. In Friesland zullen in bepaalde gebieden grondwaterpeilen worden verhoogd om veenoxidatie tegen te gaan. Het stoppen of tenminste sterk reduceren van veenoxidatie is nodig om bodemdaling en de emissie van CO₂ tegen te gaan. Op plekken waar de grondwaterstand wordt verhoogd tot vlak onder of op maaiveld bieden natte teelten, zoals lisdodde, veenmos en cranberries, in principe de mogelijkheid een inkomensstroom te genereren op natte veengronden.

Door het Better Wetter consortium is het productief gebruiken van natte veengronden, de zogenaamde paludicultuur, in Friesland verkend in het overkoepelende project Natte Teelten. Het project Natte Teelten bestond uit twee deelprojecten: Paludicultuur en Veenmarktplaats. In het deelproject Paludicultuur zijn op verschillende locaties Noordoost Friesland natte teelten zoals, vooral lisdodde, veenmos en cranberries geteeld. Het deelproject Veenmarktplaats was gericht op de productie en het vermarkten van de eindproducten uit de natte teelten. Productie van natte teelten is alleen maar zinvol wanneer er een reële markt voor is, zodat inkomen voor boeren c.q. grondeigenaren kan worden gegenereerd. De aandacht ging hoofdzakelijk uit naar het vermarkten van lisdodde als biolaminaat, duurzaam isolatiemateriaal, en daarnaast mogelijk andere kansrijke producten. Deze programmalijn is sterk gelieerd aan de thema's biobased en circulaire economie, waar in Noord-Nederland sterk op wordt ingezet.

1.2 Deelproject Veenmarktplaats

Voor u ligt het eindrapport van het deelproject Veenmarktplaats. In het project is de afgelopen drie jaar (begin 2019- begin 2022) de waardecreatie en economische potentie onderzocht van verschillende natte teelten: lisdodde en cranberryteelt in combinatie met veenmos. De teeltaspecten van lisdodde zijn vastgelegd in de eindrapportage van het deelproject Paludicultuur.²

Lisdoddeteelt voor inblaasisolatie

Binnen het project Veenmarktplaats lag de nadruk op de commerciële toepassing van lisdodde, vooral vanwege de marktvraag die tijdens dit project groeide vanwege duurzaamheidsambities van met name Bouwgroep Dijkstra Draisma (BGDD). BGDD heeft ambitie om lisdodde toe te passen als isolatiemateriaal in de vorm van inblaasisolatie. De vraag is onder welke voorwaarden lisdoddeteelt voor inblaasisolatie een economisch rendabel verdienmodel kan vormen voor boeren en ketenpartijen.

¹ Better Wetter is een breed gedragen programma waarin verschillende partijen samenwerken.

Deelnemers zijn: de gemeente Dantumadiel, Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, ecologisch onderzoek- en adviesbureau Altenburg & Wymenga, Aeres en Van Hall Larenstein, agrarische natuurvereniging Noardlike Fryske Wâlden, It Fryske Gea en de Friese Milieufederatie. Zij werken samen met lokale ondernemers in de regio en met de Kenniswerkplaats Noordoost Friesland.

² Mettrop, I. (2002). Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2. Eindrapportage. Feanwâlden: Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek.

Om zicht te krijgen op de economische haalbaarheid moeten de volgende deelvragen worden beantwoord:

1. Hoe ziet de kostenstructuur van lisdoddeteelt er op hoofdlijnen uit, en hoe verhoudt dit zich tot de opbrengsten?
2. Welke opties zijn er voor kostenreductie door optimalisatie van teelt?
3. Welke opties zijn er voor kostenreductie door mechanisatie van de oogst?
4. Welke opties zijn er voor kostenreductie door optimalisatie van bewerking van geoogste biomassa?
5. Welke aanvullende, potentieel inkomsten generende ecosystemendiensten kan lisdoddeteelt leveren?
6. Hoe ziet een optimaal verdienmodel voor lisdodde voor inblaasisolatie er uit?

Cranberryteelt op veen

Cranberry is een bekend product met een vrij hoge marktwaarde, en cranberries groeien van nature in (hoog)venen. Dat maakt het een goede kandidaat voor economisch rendabele teelt op nat veen, maar ervaringen elders laten zien dat onderdrukking van ongewenste plantensoorten ('onkruid') een probleem vormt. Daarom is in 2020 een proef ingezet met cranberry met veenmos als natuurlijke onkruidonderdrukking. Omdat levend veenmos beperkt beschikbaar en relatief duur is richt dit onderzoek zich zowel op de werking van veenmos als onkruidonderdrukker, als op de vraag hoeveel veenmos initieel aangebracht moet worden. De volgende vraag stond daarbij centraal: Wat is de relatie tussen relatieve bedekking van veenmos en de ontwikkeling van cranberry en overige flora?

De deelvragen hierbij waren:

1. Hoe varieert de groei van veenmos met de initieel aangebrachte bedekking en met standplaatsfactoren?
2. Hoe varieert de groei van cranberry met de bedekking van veenmos en met standplaatsfactoren?
3. Hoe varieert de groei van overige flora met de bedekking van veenmos en met standplaatsfactoren?
4. Wat is de relatie tussen groei van veenmos, cranberry, overige flora en standplaatsfactoren?

Aan het deelproject Veenmarktplaats hebben alle partijen binnen het Better Water consortium bijgedragen: de gemeente Dantumadiel, Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, ecologisch onderzoek- en adviesbureau Altenburg & Wymenga, Aeres MBO en Hogeschool Van Hall Larenstein, agrarische natuurvereniging Noardlike Fryske Wâlden, It Fryske Gea en de Friese Milieufederatie. Zij werkten samen met lokale ondernemers in de regio, waaronder Bouwgroep Dijkstra Draisma en Studio Tjeerd Veenhoven. De laatste twee partijen brengen natte teelten letterlijk naar de markt, en spelen een belangrijke rol in de ontwikkeling van paludicultuur in Friesland.

1.3 Leeswijzer

Dit eindrapport van het deelproject Veenmarktplaats bestaat uit verschillende hoofdstukken over mogelijkheden en potentie van natte teelten in veenweidegebieden. Zoals gezegd lag daarbij de nadruk op lisdodde. Figuur 1-1 illustreert de samenhang tussen de verschillende hoofdstukken.

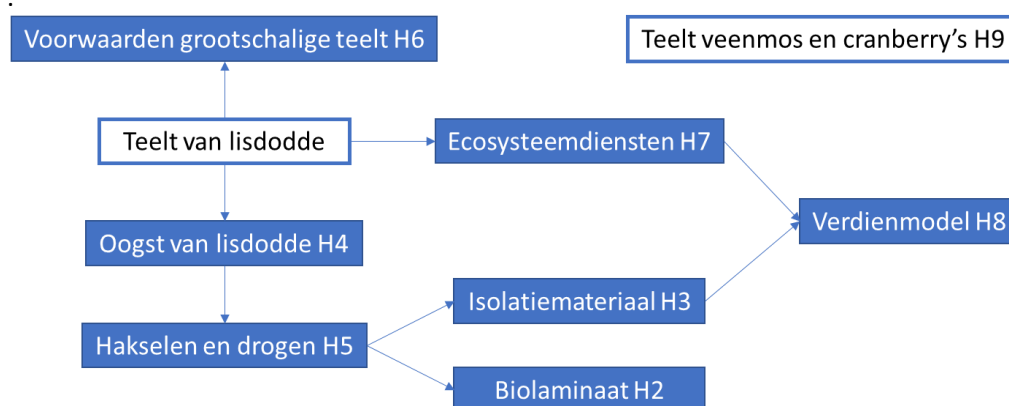
Hoofdstuk 2 beschrijft de toepassing van lisdodde voor de productie van biolaminaat. Biolaminaat is voor een breed publiek een zichtbaar en tastbaar product, en kan helpen om natte teelten en het verhaal rond veenbehoud en paludicultuur te verspreiden. De waardeketen van lisdodde als grondstof voor de productie van isolatiemateriaal voor de toepassing van inblaasisolatie, wordt beschreven in hoofdstuk 3,



inclusief een eerste verkenning van de kosten en opbrengsten daarbij. Hoofdstuk 4 beschrijft de oogst en verwerking van lisdodde die is geproduceerd in Better Wetter verband over de periode 2019 t/m 2021. Daarna wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op alternatieve manieren van hakselen en drogen, omdat deze onderdelen belangrijk zijn voor optimalisatie van de waardeketen, zowel uit bedrijfseconomisch als duurzaamheidsperspectief. Indien in de toekomst wordt overgegaan tot relatief grootschalige lisdoddeproductie, stelt dit voorwaarden aan de manier de aanplant van lisdodde en perceelinrichting, met name uit oogpunt van kostenreductie. Het hoofdstuk 6 beschrijft onderzoek naar mogelijkheden voor optimalisatie van het poten en oogsten van lisdodde.

Naast de productie van (grondstof voor) marktproducten kunnen natte teelten, zoals riet en lisdodde, kunnen bijdragen aan verschillende maatschappelijke waarden, zoals schoon water, habitat voor biodiversiteit en het tegengaan van klimaatverandering. De potentie van natte teelten aan 'regulerende ecosysteemdiensten' is het onderwerp van hoofdstuk 7. Geldelijke inkomsten uit ecosysteemdiensten, zoals 'carbon credits' voor het beperken van klimaatverandering, kunnen onderdeel zijn van verdienmodellen bij natte teelten. In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op het verdienmodel bij de waardeketen van lisdoddeteeht voor de toepassing van inblaasisolatie.

Naast lisdodde is in Better Wetter fase 2 ook oriënterend gekeken naar veenmos, specifiek als onkruid onderdrukker bij de teelt van cranberries. Het onderzoek naar die toepassing wordt beschreven in hoofdstuk 9. In hoofdstuk 10 worden ten slotte de inzichten uit dit Veenmarktplaats onderzoek samengevat. Ook wordt ingegaan op het perspectief: waar staan we, en wat moet worden gedaan om natte teelten verder te ontwikkelen tot economische en ecologische dragers voor veenweidegebieden met hoge grondwaterstanden.



Figuur 1-1. Samenhang tussen de hoofdstukken in dit rapport. De teelt van lisdodde binnen Better Wetter is beschreven in een ander rapport (Mettrop, 2022).

2. Lisdodde voor biolaminaat

In Better Wetter fase II is lisdodde toegepast als grondstoffen in verschillende producten, met name biolaminaat (decoratieve lijn) en isolatiemateriaal (bulklijn). De toepassing in biolaminaat wordt in dit hoofdstuk beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie.

2.1 Achtergrond

In de transitie naar duurzame bouwmaterialen speelt de ontwikkeling van biopolymeren een belangrijke rol. Deze polymeren op basis van, bijvoorbeeld, aardappelzetmeel worden door Better Wetter partner HuisVeendam ingezet als bindmiddel (lijm) om organische reststromen te binden tot biocomposiet plaatmaterialen. Deze plaatmaterialen zijn geheel recyclebaar en bevatten geen VOC's meer (formaldehyde en poly urethanen) waardoor ze bijdragen aan een circulaire en gezonde leefomgeving. HV heeft de afgelopen zes jaren vele organische reststromen zoals aardappelschillen, riet en kaf toegepast in biolaminaten. Dit zijn dunne lagen (2/3 mm) die ontwikkeld zijn als duurzame circulaire vervanging van HPL-producten³. In samenwerking met Better Wetter heeft HuisVeendam een speciale keten opgezet om de vezels uit Lisdodde in deze biolaminaten te kunnen toepassen.

2.2 Wat hebben we gedaan

In 2018 is Huis Veendam begonnen met de eerste proeven om deze vezel toe te passen. Daarbij is gekeken naar vezelsterkte, vezellengte, absorptie en beschikbaarheid op basis van de eerste oogst in Twijzel. Uit het droogproces kwamen drie vezellengtes, van heel fijn tot heel grof. De proeven toonden dat lisdoddevezels geschikt zijn als versterkende vezel in biocomposiet producten. In 2019 is hebben door Studio Tjeerd Veenhoven de vezels voor het eerst toegepast in het grote productieproces waarbij biolaminaten op groot formaat 110 x 240 cm worden geproduceerd. Ook in dit proces voldeed de vezel aan de verwachtingen.

2.3 Productieproces

Het productieproces van biolaminaat is een relatief eenvoudig proces. De verwarmde pers is hiervoor de basis. Deze pers moet een minimale druk van 5 kg per cm² kunnen leveren en te verwarmen zijn tot 100 graden Celsius. Bij aanvang van het proces wordt een drager (jute, hennep of vlas) op een paneel gespannen waarop het mengsel van bindmiddel, evt. mineraal pigment (voor de kleur), en de fijnste lisdoddevezel uitgespreid tot een laag van van 5 mm dikte. Over deze laag gaat een releasefolie, waarna het in de pers geschoven wordt. Na een persing van twaalf uur kan het biolaminaat verwijderd worden en wordt het voor minimaal 24 uur aan de lucht gedroogd. 24 uur voor uitlevering wordt het biolaminaat nogmaals in de pers geplaatst om een laatste definitieve persing te ondergaan. In dit stadium wordt ook de afwerkingsgraad bepaald. De biolaminaten, die nu een dikte van 2/3 mm hebben, worden op een drager verlijmd met dezelfde VOC vrije lijm op basis van aardappelzetmeel. De drager is meestal een Ecoboard, een plaatmateriaal dat ook geheel gemaakt is van lokale reststromen en dat formaldehyde-vrij is. De panelen kunnen nu gebruikt worden en binnen bestaande verwerkingstechnieken toegepast worden op wand, object en in sommige gevallen op de vloer.

³ High Pressure Laminaat (HPL) is een plaat die bestaat uit geperste houtvezels die gelamineerd zijn met fenolhars toplagen.



2.4 Marktpotentie

Vanuit de bouwsector is een sterk groeiende vraag naar bouwmaterialen die lokaal, circulair en VOC-vrij zijn. Dit hangt samen met bestaande certificering en steeds verdergaande regelgeving omtrent CO₂-uitstoot en circulariteit. De biolaminaten spelen in op die behoefte. HV heeft een bestaande collectie van 12 verschillende biolaminaten op basis van diverse organische reststromen waarvan we in 2021 1200 stuks hebben verkocht. De eerste biolaminaten op basis van lisdoddevezels hebben het ook goed gedaan. Ze zijn toegepast in diverse interieur-projecten en worden ook getoond op de Floriade Expo 2022, waar duurzaam bouwen een hoofdthema is. In voorbereiding op de vraag vanuit de markt zijn sample-pakketten gemaakt met daarin lisdoddelaminaten in verschillende kleuren. Better Wetter partner Dijkstra Draisma heeft ze reeds toegepast in het stationsgebouw in Veenwouden.



Figuur 2-1. Biolaminaat met lisdodde (foto Studio Tjeerd Veenhoven).

2.5 Kansen voor productie in Noordoost Friesland

Eind 2021 hebben diverse Better Wetter partners gewerkt aan het opzetten van een productielocatie in Dokkum. Vanuit deze locatie moet de waardeketen omtrent de lisdoddevezel voor de verschillende producten vorm krijgen. Het was van essentieel belang dat er na de ontwikkelfase een stabiele fysieke plek werd ontwikkeld, waar de keten organisch kan groeien op basis van een trekkende werking vanuit de markt. In samenwerking met gemeente Noardeast-Fryslân en Dokwurk⁴ zijn werknemers in opleiding (sommige met afstand tot de traditionele arbeidsmarkt) getraind in de eerste werkzaamheden omtrent de verwerking van lisdodde. Ten behoeve van deze activiteit heeft Studio Tjeerd Veenhoven een schudzeefmachine beschikbaar gesteld en wordt de technische begeleiding gedaan door Bouwgroep Dijkstra Draisma.

Het is de bedoeling dat in de nabije toekomst ook de productie van biolaminaat bij Dokwurk in vorm kan krijgen. Voor deze stap zijn initiële investeringen noodzakelijk. Met de uitbreiding van de productie van

⁴ Dokwurk is een sociaal ontwikkelbedrijf, dat mensen in de regio Noardeast Fryslân met een afstand tot werk helpt om deel te kunnen nemen binnen de arbeidsmarkt. www.dokwurk.nl

verschillende producten (isolatie, plaatmateriaal en biolaminaat) wordt een aanzienlijke hoeveelheid werkplekken gecreëerd, en wordt daarmee optimaal gebruik gemaakt van de regionale kansen die binnen het Better Wetter programma zijn gegenereerd.

2.6 Ten slotte

Biolaminaat levert vooral in de piramide van verwaarding een belangrijke financiële bijdrage. Naast de bulktoepassing van inblaasisolatie en de bulktoepassing van de langste vezels voor plaatmateriaal in de toevoeging van een kwalitatieve hoogwaardige toepassing zoals biolaminaat welkom. Daarbij heeft het biolaminaat een belangrijke communicatieve functie om de toepasbaarheid van vezels uit natte teelt te promoten. Vanuit de ervaring van HuisVeendam kan met zekerheid gezegd worden dat er naast de andere toepassingen ook voor biolaminaat een middel tot grote markt is op nationaal niveau.



3. Lisdodde voor inblaasisolatie: de waardeketen

In Better Wetter is, in samenwerking met Bouwgroep Dijkstra Draisma, gewerkt aan ontwikkeling van de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie. De lisdoddestengel is aan de binnenzijde opgebouwd uit kleine kamertjes (Figuur 3-1) en deze structuur geeft lisdodde van nature isolerende eigenschappen. In dit hoofdstuk beschrijven we de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie.



Figuur 3-1. De lisdodde stengel is opgebouwd uit kleine kamertjes (foto Bouwgroep Dijkstra Draisma)

In Better Wetter is, in samenwerking met Bouwgroep Dijkstra Draisma, gewerkt aan ontwikkeling van de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie. De lisdoddestengel is aan de binnenzijde opgebouwd uit kleine 'kamertjes' en deze structuur geeft lisdodde van nature isolerende eigenschappen. In dit hoofdstuk beschrijven we de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie.

3.1 Eisen die worden gesteld aan lisdodde voor isolatiemateriaal

Om lisdodde toe te kunnen passen als isolatiemateriaal, moet het voldoen aan een aantal minimale eisen. Volgens Bouwgroep Dijkstra Draisma zijn dit: een brand- en schimmelwerend karakter, geen inzakking in de wand na toepassing en een vergelijkbare prijs met gangbare producten zoals cellulose. Bouwgroep Dijkstra Draisma stelt bovendien de eis dat het product moet kunnen worden ingeblazen met bestaande machines. Samengevat:

- Brandwerend: Klasse D of hoger
- Schimmelwerend: Geen (spontane) schimmelvorming
- Inzakking: Geen inzakking
- Prijs: Vergelijkbaar met gangbaar duurzaam product zoals cellulose
- Toepassing: Met bestaande machines

Bouwgroep Dijkstra Draisma heeft verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de eigenschappen van het materiaal. Hieronder worden deze toegelicht.

Isolatie

De isolerende waarde is bepaald door Bouwgroep Dijkstra Draisma met behulp van een hotbox. Uit dat onderzoek bleek dat lisdodde een isolerende waarde heeft van 0,036 - 0,040 W/mK. Het isolerende vermogen is vergelijkbaar met cellulose, een product dat al standaard wordt gebruikt in de bouw. Op grond van deze positieve resultaten is door BGDD besloten tot verdere ontwikkeling van isolatiemateriaal uit lisdodde.

Inzakking

De inzakking is getest door middel van een proefstuk en proefgevel (Figuur 3-2 en Figuur 3-3), waarbij de lisdodde in verschillende dichtheden is toegepast. Het proefstuk is gedurende een week grondig geschut waarna de inzakking is bepaald. De eerste resultaten hiervan waren goed. Daarna is een proefgevel gemaakt en deze is gevuld met lisdodde. Daarna is ook de volledige gevel geschud en is de inzakking onderzocht. Ook deze resultaten waren goed, d.w.z. de lisdodde toonde geen noemenswaardige inzakking.



Figuur 3-2. Het proefstuk waarmee de isolatiewaarde en inzakking mee is getest (foto Bouwgroep Dijkstra Draisma).

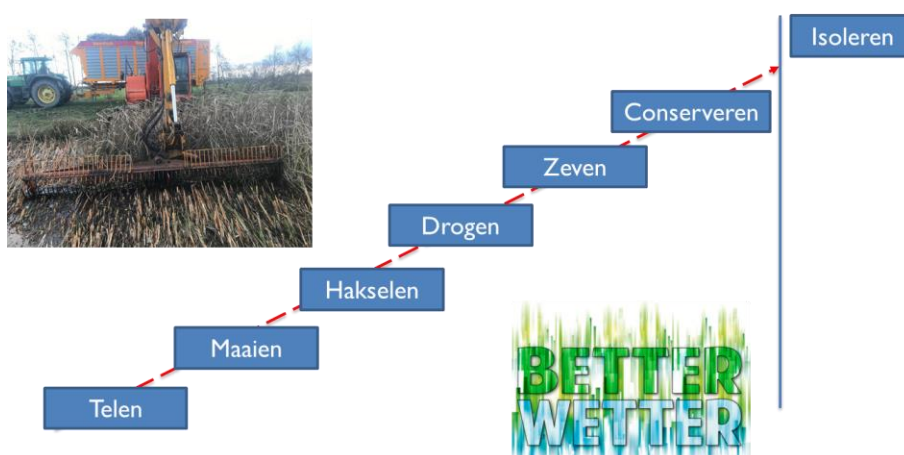


Figuur 3-3. Proefgevel waar de inzak test mee is gedaan (foto Bouwgroep Dijkstra Draisma).

3.2 Waardeketen: stappen in het productieproces

De waardeketen van lisdodde als grondstof voor inblaasisolatie is schematisch gepresenteerd in figuur 3-4. Na de oogst moet de plant bewerkt worden om lisdodde toe te kunnen passen als 'losse stort' isolatiemateriaal. De volgende bewerkingsstappen kunnen worden onderscheiden⁵:

- Oogsten
- Verkleinen/hakselen
- Drogen
- Zeven en conserveren
- Toepassen: isoleren



Figuur 3-4. Waardeketen van lisdodde als grondstof voor isolatiemateriaal.

⁵ De volgorde van verkleinen/hakselen en drogen is nog punt van onderzoek. De resultaten van droogexperimenten beschreven in hoofdstuk 5 pleiten ervoor om eerst te verkleinen en dan te drogen. Bouwgroep Dijkstra Draisma verkent op dit moment de ideale volgorde en logistiek.

Oogsten

De eerste stap in de productieketen is het oogsten van het materiaal. Hoofdstuk 4 van dit rapport gaat in op het oogstproces. Voor de verwerking is het belangrijk dat zo min mogelijk vervuiling in het materiaal komt. De vervuiling kan bestaan uit andere soorten vegetatie, maar ook grond. Deze vervuilingen moeten in een latere stap weer verwijderd worden.

Drogen

Om het materiaal als isolatiemateriaal te kunnen gebruiken, moet het gedroogd worden. Dit om eventuele inzakking door droging in de spouw en eventueel schimmelvorming te voorkomen. Ook heeft vocht een negatief effect op de isolerende waarde van het materiaal. Om als isolatiemateriaal te dienen is een droge stofgehalte van minimaal 90% vereist.

Verkleinen

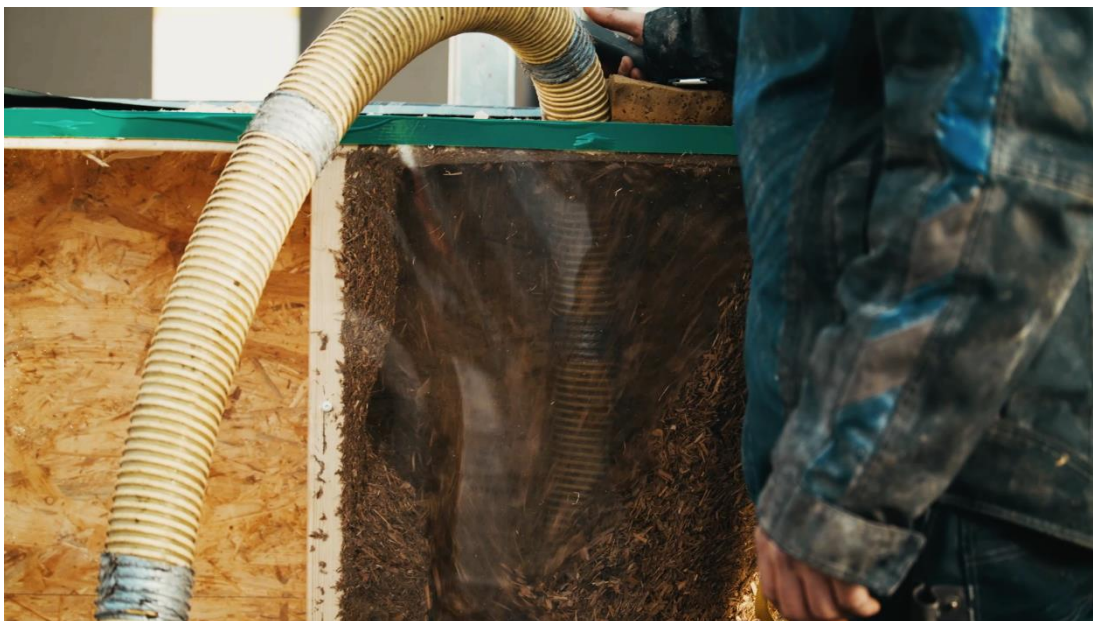
Om het materiaal als losse stort isolatie toe te passen moet het verkleind worden tot een toepasbare 'vlok'. Het verkleinen kan ook procestechnisch interessant zijn voor het drogen. Door het verkleinen wordt het oppervlakte van de plant groter en droogt het sneller. De toepasbare vlok mag niet groter zijn dan 5 cm en niet kleiner dan 0,5 cm, omdat een fijnere fractie inzakking kan vertonen en een grotere vlok niet toepasbaar is voor inblaasisolatie.

Zeven en conserveren

Na het drogen en verkleinen dient de lisdoddevezels te worden gezeefd, waarbij de te fijne deeltjes/vezels en het overgebleven grove materiaal wordt gescheiden van de toepasbare vlok. Hele fijne (stof)deeltjes zijn vanuit arbo-oogpunt onwenselijk, en bovendien voegt het onnodig gewicht toe. Grote delen blokkeren de machine voor het inblazen. Na de scheiding wordt het materiaal behandeld met een brand- en schimmelwerend middel.

Toepassen

Na de hierboven beschreven stappen kan de lisdodde worden toegepast als isolatiemateriaal in een spouw. Een voorbeeld van een toepassing is het inblazen van houten prefab gevels op locatie (figuur 3-5).



Figuur 3-5. Inblazen van lisdodde isolatiemateriaal in een spouw. (foto Bouwgroep Dijkstra Draisma).



3.3 Teelt en oogst van lisdodde

Voordat lisdodde kan worden verwerkt tot isolatiemateriaal (stappen hierboven beschreven) moet het natuurlijk worden geteeld en geoogst. Hieronder een korte samenvatting van wat hierover bekend is in de literatuur. De teelt die in het kader van Better Wetter is uitgevoerd is gerapporteerd in het onderzoeksrapport van A&W, Mettrop (2022). De oogst is beschreven in het volgende hoofdstuk (H4 van dit rapport).

Voor de teelt van grote- en kleine lisdodde (*Typha latifolia* resp. *T. angustifolia*) wordt een teeltbed met een waterstand van 20 – 30 cm boven maaiveld gecreëerd. Hierin worden planten gepoot als jonge plant of als wortelstok, of gezaaid. Bij planten kan worden uitgegaan van 1 plant/m² waarna het teeltbed in twee à drie jaar zijn uiteindelijke stengeldichtheid en productiviteit lijkt te bereiken. De stengeldichtheid is dan ruim 100 stengels/m². Vooral in het eerste jaar na aanplant is het belangrijk de waterstand voldoende hoog te houden om ongewenste plantensoorten te onderdrukken, maar de lisdoddeplanten moeten wel boven het water uit blijven steken (Geurts & Fritz, C., 2018; Pfadenhauer & Wild, 2001).

Bij zaaien worden er 20 – 100 zaden per m² gebruikt. Dit is minder dan 1 kg/ha. Volgens Pfadenhauer et al. kan bij zaaien een stengeldichtheid van ruim 150 per m² worden bereikt (Pfadenhauer & Wild, 2001), maar bij ander onderzoek was de dichtheid veel lager (Geurts & Fritz, C., 2018; Mettrop, Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2. Eindrapportage., 2022). Kieming verloopt optimaal bij temperaturen tussen 5 en 25°C (Heinz, 2012). Beheersing van de waterstand is cruciaal: deze mag slechts fluctueren tussen 0 – 5 cm boven maaiveld. Doordat het zaad van lisdodde aan een pluus hangt wordt het snel verspreid door de wind en al bij enkele centimeters waterdiepte heeft het zaad de neiging weg te drijven, waardoor het teeltbed ongelijkmatig dichtgroeit. Dit kan worden tegengegaan door zaad te ontdoen van het pluus, of door het in een leemkorrel in te sluiten (Geurts & Fritz, C., 2018; Wichtman, Schröder, & Joosten, 2016). Ook bij zaaien moet zo de waterstand zo snel mogelijk hoog gezet worden ter beperking van ongewenste soorten.

De bovengrondse biomassaproductie in lisdoddevelden varieert aanzienlijk. Een recent overzicht op basis van 50 groeiplaatsen in vernatte veengebieden geeft een bereik van ca. 3 – 30 ton ds/ha/jr, met een gemiddelde van 12,4 ± 6,4 ton ds/ha/jr (Geurts, et al., 2020). De variatie in productiviteit lijkt bij lisdodde sterk afhankelijk te zijn van de beschikbaarheid van nutriënten, met name stikstof (N). Een goed overzicht van de relatie tussen biomassaproductie en beschikbaarheid van verschillende nutriënten is echter niet beschikbaar, doordat het lastig is de totale nutriëntenbeschikbaarheid onder veldcondities te bepalen.

Steinbachová-Vojtísková et al. (2006) lieten in een potexperiment met kleine lisdodde zien dat bovengrondse biomassaproductie onder eutrofe en hypertrofe condities hoger is dan onder oligotrofe omstandigheden. Nouta (2016) vond in een experiment met kleine mesocosmossen dat productiviteit van grote lisdodde werd beperkt door de beschikbaarheid van stikstof en kalium. Ten slotte blijkt ook grootschalige uitbreiding van lisdoddesoorten in Noord-Amerika sterk te worden gestimuleerd door toename van nutriëntenbeschikbaarheid (Bansal, et al., 2019). In de studie van Geurts et al. (2020) nam productiviteit echter vooral toe met de leeftijd van de begroeiing, met maximale productiviteit in opstanden ouder dan 5 jaar, en kon geen relatie met nutriënten worden aangetoond. Dat leek vooral het gevolg van dat het lastig is om de totale nutriëntentoevoer uit bodem, water en lucht te bepalen.

De oogst kan worden uitgevoerd door de planten enkele centimeters boven de waterstand af te snijden en de oogst te verzamelen. Dit kan met een kraan met een hekelbak op de arm, die langs het teeltbed rijdt, of met een speciale wetlandmaaier op rupsbanden die door het teeltbed rijdt. Dergelijke machines worden ook in het natuurbeheer ingezet voor het maaien van rietlanden en zeer natte graslanden. Zie

figuur 3-6. De uitgevoerde oogsten in Better Wetter Fase II staan beschreven in hoofdstuk 4 van dit rapport.



Figuur 3-6. Oogsten van lisdodde met een maaikorf en een kraan op rupsbanden (foto Jesse Wagenaar, VHL).

3.4 Eerste blik op kosten en baten

Voor het isolatiemateriaal uit lisdodde (toepassing inblaasisolatie) lijkt een marktprijs van € 0.60 - € 0,80 per kilogram reëel. Bij die prijs is het product concurrerend met andere duurzame isolatiematerialen, zoals cellulose⁶. De genoemde marktprijs is de uiteindelijke baten voor de producent van het isolatiemateriaal middels verkoop bijvoorbeeld aan een bouwbedrijf. Om dat isolatiemateriaal (vezels die voldoen aan kwaliteitsspecificaties) te produceren worden kosten gemaakt voor teelt, maaien, hakselen, drogen, zeven, conserveren en daarbij randkosten zoals opslag, transport en kwaliteitscontrole.

Bij aanvang van het Better Wetter deelproject Veenmarktplaats in 2019 was de keten nog niet rendabel, vooral vanwege hoge kosten voor drogen (in de grasdrogerij) en het lage rendement, d.w.z. veel van de geoogste biomassa gaat ‘verloren’ vanwege de grote fractie ‘fines’: lisdoddedeeltjes niet geschikt voor isolatiemateriaal.

De lisdodde geoogst in de herfst van 2019 en 2020 werd gedroogd in de grasdrogerij in Opende. Deze drogerij is fossiel gestookt. Daarom is deze droogwijze relatief duur en kent bovendien een hoge CO₂ footprint. Een belangrijk nadeel vanuit bedrijfseconomisch perspectief is dat de verwerking in de grasdrogerij leidt tot een grote fractie aan ‘fines’, dat wil zeggen vezelstukjes kleiner dan 1 cm, die niet geschikt zijn voor inblaasisolatie. In de grasdrogerij in Opende wordt de lisdodde gehakseld, gedroogd en in balen geperst. Bij zeefproeven, uitgevoerd met dat materiaal door Tjeerd Veenhoven in samenwerking met BGDD, bleek dat de fractie die geschikt is voor isolatie (1-5 cm lengte) ongeveer een derde bedroeg. De rest was ofwel te fijn (circa een derde deel) ofwel te grof (circa een derde deel).

Deze lage ‘recovery’ doet een grote aanslag op de economische haalbaarheid, omdat de kosten die zijn gemaakt voor telen, oogsten en drogen moeten worden terugverdiend op een derde deel (van de geoogste lisdodde).

⁶ Mondelinge informatie, Bouwgroep Dijkstra Draisma



Onderstaand overzicht geeft een eerste blik op de kosten en baten, in de uitgangssituatie van 2019. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de volgende uitgangspunten:

1. Maaikosten: €1000,- per hectare⁷.
2. Lisdodde productie: 8 ton droge stof per hectare.
3. Een derde deel van gedroogde lisdodde is toepasbaar als isolatiemateriaal (midden-fractie).
4. Kosten grasdrogerij: €350 per tonds⁸.
5. Kosten voor conservering: €0.05 per kgds⁹.

Met deze uitgangspunten zijn de kosten substantieel hoger dan de baten. Dit verandert indien we in staat zijn om:

- De droogkosten fors omlaag te brengen, bijvoorbeeld te halveren (€ 175 per ton droge stof).
- De fractie die geschikt is voor isolatiemateriaal fors te verhogen, bijvoorbeeld te verdubbelen (tot 66%).

3.4 Conclusie

Lisdodde is in principe een zeer interessante grondstof voor de productie van biobased isolatiemateriaal, dat bovendien regionaal kan worden geproduceerd. De waardeketen is relatief eenvoudig, en heeft niet erg hoge investeringen.

De marktpotentie van lisdodde voor inblaasisolatie wordt bepaald door de vraag en deze is afhankelijk van enerzijds externe factoren als beleid (woningbouw ambitie, isolatie in kader energietransitie) en anderzijds de prijs in verhouding tot concurrerende alternatieven.

Volgens Bouwgroep Dijkstra Draisma is per huis tussen 1000 en 2000 kg isolatiemateriaal nodig, afhankelijk van woning typologie en locatie in het blok¹⁰. Dit betekent dat (bij een netto opbrengst van 5 ton isolatiemateriaal per hectare (zie ook hoofdstuk 4 en 5) globaal 3 tot 5 huizen per hectare per jaar kunnen worden geïsoleerd. Een ambitie van, bijvoorbeeld, 1.000 huizen isoleren met lisdodde per jaar, vraagt dan een teelt oppervlakte van 250 hectare.

De markt voor duurzaam bouwen (en duurzaam isolatiemateriaal) is groeiend vanwege de maatschappelijke opgaven voor woningbouw in Nederland¹¹ en verduurzaming van bestaande woningen en bedrijfspanden¹².

De waardeketen voor de verwerking van lisdodde tot isolatiemateriaal (inblaas) wordt positief wanneer er 'winst' kan worden geboekt, vooral m.b.t. de volgende aspecten:

- Drogen: drogen aan de (buiten)lucht of m.b.v. restwarmte. Ook kan later in het seizoen (winter in plaats van herfst) worden geoogst, waardoor verdere indroging in het veld kan plaatsvinden.

⁷ Afgeleid uit: Standaardkostprijs directe werkzaamheden natuur- en landschapsbeheer, Bij12. <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2021/03/Standaardkostprijzen-Natuur-en-Landschap-2020-subsidie-2021.pdf>.

⁸ Mondelinge informatie, Tjeerd Veenhoven

⁹ Mondelinge informatie, Bouwgroep Dijkstra Draisma

¹⁰ Mondelinge informatie, Bouwgroep Dijkstra Draisma

¹¹ <https://magazines.volkshuisvestingnederland.nl/prestatieafspraken/2021/01/woningtekort-en-de-bouwopgave>.

Geraadpleegd op 4 mei 2022.

¹² <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/09/21/meer-dan-13-miljard-euro-voor-verduurzaming-gebouwen>.

Geraadpleegd op 4 mei 2022.

- Hakselen en (niet?) persen in balen: zodanig dat het overgrote deel van de lisdodde voldoet (na drogen) aan de vereiste vezelgrootte afmeting van het isolatiemateriaal (inblaas): 1-5 cm, weinig 'fines'.

De optimalisatie van deze aspecten, drogen en hakselen, staat beschreven in Hoofdstuk 5.



4. Productie van lisdodde binnen Better Wetter

In het kader van Better Wetter (Fase 2) is op een aantal locaties lisdodde geteeld.¹³ In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de lisdodde is geoogst, gehakseld en gedroogd in de periode 2019 t/m 2021.

4.1 Oogsten, hakselen en drogen

Tabel 4.1 toont de kenmerken met betrekking tot het oogsten, hakselen en drogen van lisdoddebiomassa. De lisdoddebiomassa is afkomstig van drie locaties: twee natuurlijke groeilocaties van It Fryske Gea (Twijzelmieden en Headamskampen), en een aangelegd teeltbed in het Bûtefjild (Van der Ploeg). Na het oogsten is het overgrote deel van de biomassa gedroogd in de grasdrogerij van Groenvoer Opeinde Friesland B.V.

Uit tabel 4-1 blijkt dat de netto-opbrengst bij de natuurgebieden Twijzelmieden en de Headamskampen circa 8 ton drogestof per hectare bedraagt. De kosten voor maaien en vervoer waren relatief hoog (> 5000 euro per hectare), maar dat is te wijten aan de relatief kleine percelen (< 1 hectare) en de, daardoor, hoge aanrijkosten. Hieronder volgt de beschrijving van oogst en verdere verwerking per locatie

Tabel 4-1. Kenmerken m.b.t. oogsten, hakselen en drogen in de winterseizoenen 2019-2020 en 2020-2021.

** = schatting*

	Twijzelmieden		Headamskampen	Bûtefjild – V.d. Ploeg
Winterjaar	2019-2020	2020-2021	2019-2020	2019-20
Oogstmachine	Maaikorf	Maaikorf	Pistenbully	SB rupsmaaier
Kosten oogst en vervoer (EUR)	1500	1500	2900	3950
Geoogst oppervlak (ha)	0.264 *	0.229	0.250 *	0.09
Nat gewicht (kg)	8530 *	8460	8530 *	X
Hakselen (na of tijdens oogst)	Ja (na)	Ja (na)	Ja (tijdens)	Nee
Drooglocatie	Grasdrogerij	Grasdrogerij	Grasdrogerij	Loods
Droog gewicht (kg)	2060 *	2200	2060 *	X
Opbrengst (kg ds/ha)	7800 *	9600	8200 *	X

¹³ De resultaten van het teeltonderzoek zijn vastgelegd in de rapportage van Altenburg en Wymenga: “Proeven met natte teelten, Better Wetter Fase 2”, Mettrop (2022).

Twijzelermieden

In de winters van 19/20 en 20/21 is de natuurlijke groeilocatie in Twijzelermieden op gelijkmatige manier geoogst, gehakseld en gedroogd in de grasdrogerij. Hieronder staat het proces stapsgewijs beschreven:



Het materiaal is geoogst met een maaikorf op een kraan met rupsbanden, die zich via de naastgelegen dijk langs het teeltbed kon verplaatsen. Als eerste zijn de bloeiwijzen (zoveel mogelijk) van de lisdodden afgemaaid, en achtergelaten in het teeltbed. Hierna zijn de stengels 10 cm boven waterstand afgemaaid, en voor een periode van twee dagen neergelegd op naastgelegen dijk.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Okt 2020



Vanaf de naastgelegen dijk kon het materiaal gemakkelijk opgehaald worden voor transport naar de grasdrogerij, waar de lisdodde verdere behandeling heeft ondergaan.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Nov 2020



Na vervoer is de lisdodde verzameld bij de grasdrogerij. In de winter van 19/20 is de opbrengst uit Twijzelermieden bij het lossen samen op een hoop gegooid met de opbrengst uit Headamskampen, waardoor de opbrengsten van beide locaties zijn geschat. In de winter van 20/21 is de opbrengst uit Twijzelermieden nauwkeurig bepaald.

Vervolgens is de lisdodde gehakseld, door het materiaal op te rapen met een heftruck, en in de hakselbak te gooien. De hakselbak kent twee standen (snel en langzaam). De lisdodde is gehakseld met de langzame stand om de fracties zo groot mogelijk te houden.

lov



Na een paar andere stappen komt de lisdodde in de droogtrommel terecht, waar het in een tijdsbestek van 5 minuten onder hoge temperaturen ($>100\text{ }^{\circ}\text{C}$) geforceerd wordt gedroogd tot een droge stof percentage van +/- 90%. Uiteindelijk is het oogstproduct gedroogd op een temperatuur van $118\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bij een lagere droogtemperatuur werd het beoogde droge stof percentage niet gehaald.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Nov 2020



Als laatste stap is de lisdodde in de in balen geperst, en voor verdere verwerking een loods getransporteerd (Romke Kinderman, Butenfjld, Feanwalden).

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Nov 2020

Headamskampen

In de winter van 19/20 is de natuurlijke groeilocatie in Headamskampen geoogst, gehakseld en gedroogd. In de winter van 20/21 is naar aanleiding van een veldbezoek besloten om op deze locatie niet te oogsten. De aanleiding hiervan was het voorkomen van veel andere soorten, wat de toepassing als isolatiemateriaal niet ten goede zou komen (Veenhoven & van Belle, 2021).



Het oorspronkelijke idee was om de lisdodden, net als in Twijzelermeden, in hele stengels te oogsten. Door te natte condities kon dit niet doorgaan. Als alternatief is een pistenbully met klepelbak gebruikt, waarbij het maaien en hakselen (klepelen) in een werkgang gebeurt (Mooij, 2021).

Foto: Maryleen Blauw Gemeente Noardeast-Fryslân – Nov 2019



De pistenbully maait de lisdodde, slaat het materiaal kapot met klepels en spuwt het in de opvangbak. Het definitieve oogstproduct was fijn en vergruisd, en daarmee in mindere mate toepasbaar voor het creëren van isolatiemateriaal. Daarnaast stel je bij deze klepelbak de hakselafmetingen niet zomaar in, maar dient gespeeld te worden met het aantal toeren (Mooij, 2021).

Foto: Maryleen Blauw Gemeente Noardeast-Fryslân – Nov 2019



Na het oogsten is het materiaal naast de container neergelegd, en met behulp van een kraan in de container gedeponeerd. Hierna is de container met een vrachtwagen opgehaald en naar de grasdrogerij getransporteerd. De oogstopbrengst is geschat omdat de opbrengst (zoals eerder beschreven) bij de grasdrogerij samen op een hoop is gegooid (en tegelijk gedroogd) met de opbrengst uit Twijzelermeden.

Foto: Maryleen Blauw Gemeente Noardeast-Fryslân – Nov 2019



Bûtefjild/Van der Ploeg

In de winter van 19/20 is het teeltbed in het Bûtefjild (van der Ploeg) geoogst, in een baal gedrukt en aansluitend gedroogd (aan de lucht) in een loods. Het drogen aan de lucht was niet om te onderzoeken of drogen aan de lucht mogelijk was, maar als verkenning naar mogelijke rot/broei van de lisdoddebiomassa. Hieronder staat het proces stapsgewijs beschreven:



In de winter van 19/20 was het in eerste instantie het idee om, net als in Twijzelermeden, te oogsten met een maaikorf. Helaas was de bodem aan de buitenkant van de teeltbedden te nat. Om deze reden is ervoor gekozen om te oogsten met twee machines op rupsbanden die door de teeltbedden heen reden. Een SB rupsmaaier maaide het materiaal met een maaibalk enkele centimeters boven de waterstand af.

Foto: Maryleen Blauw Gemeente Noardeast-Fryslân – Feb 2020



Een balenpers op rupsbanden reed achter de rupsmaaier aan om de oogst op te rapen, en perste ter plekke het oogstproduct in hele stengels in een baal. Vervolgens is de baal getransporteerd naar een loods in Dokkum. Hier is bekeken of de lisdodde zou gaan rotten/broeien wanneer het niet een thermische droogstap zou ondergaan. Optisch leek het materiaal zonder verdere verhittingsstappen wel te gaan rotten/broeien (Blauw & Veenhoven, 2021).

Foto: Maryleen Blauw Gemeente Noardeast-Fryslân – Feb 2020

5. Lisdodde drogen aan de lucht na gecontroleerd hakselen

Zoals beschreven in de vorige hoofdstukken is de lisdodde geoogst, gehakseld, gedroogd en na droging in balen geperst. Deze werkwijze kent relatief hoge kosten, terwijl de opbrengst aan potentieel isolatiemateriaal beperkt was: circa één derde deel van de geoogste lisdodde. Deze situatie vereist alternatieve verwerkingsmethoden met betrekking tot het proces van hakselen en drogen. In het voorjaar van 2021 zijn proeven uitgevoerd, waarbij de lisdodde gecontroleerd is gehakseld en gedroogd aan de lucht met minimale energie-input. Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak en resultaten.¹⁴

5.1 Oogsten en hakselen ten behoeve van alternatieve droging

In de winter van 20/21 is de lisdoddebiomassa uit het Bûtefjild/Van der Ploeg geoogst ten behoeve van alternatieve droging. Om de biomassa volledig bewerkbaar te houden, en geschikt voor nader onderzoek rond hakselen en droging, is ervoor gekozen om het teeltbed niet machinaal, maar handmatig te oogsten. Het oogstproces staat hieronder beschreven.



Als eerste werkgang zijn de bloeiwijzen (zoveel mogelijk) van de lisdodden afgemaaid, en achtergelaten in het teeltbed. Hierna zijn de stengels 10 cm boven waterstand afgemaaid. De overige (onkruid) vegetatie is niet afgemaaid om menging van vegetatie in het eindproduct te voorkomen.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Feb 2021



Terwijl een van de studenten de lisdodde in hele stengels afmaaide, verzamelden de andere studenten de lisdodde en stopten het in big bags (in totaal zijn 4 big bags gevuld). Met deze werkwijze is geprobeerd om te voorkomen dat mensen telkens over de afgemaaide lisdodde heen liepen.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Feb 2021

¹⁴ Door Bouwgroep Dijkstra Draisma is in samenwerking met Studio Tjeerd Veenhoven ook gewerkt aan optimalisatie van de zeef-stap, waarbij een draaizeef en een schudzeef zijn uitgetest. Volgens BGDD lijkt het schudden (op basis van de huidige kennis) het meest effectief, vanwege een grotere mate van controle, maar ook hier is ruimte voor verbetering.



Om te kijken naar de mogelijkheid om met een hakselaar de beoogde fracties voor de toepassing van inblaasisolatie te verkrijgen, is de helft van de lisdoddebiomassa bij Loonbedrijf de Vries verhakseld in fracties van 1 tot 3 cm. De andere helft is bij Studio Tjeerd Veenhoven handmatig versneden tot fracties van ongeveer 20 cm. De keuze van deze afmeting is gebaseerd op het feit dat sommige oogstmachines (Wal D. v., 2021b) de lisdodde afmaaien en hakselen/klepelen tot fracties van dit formaat.

Foto's: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Feb 2021



De lisdoddebiomassa uit de haksel-experimenten bestaat uit twee big bags met lisdoddefracties van 1 tot 3 cm en uit twee big bags met lisdoddefracties van ongeveer 20 cm, en wordt gebruikt voor het experimenteren met drogen (zie de volgende paragraaf).

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Feb 2021



De big bags zijn voor verdere verwerking naar Loonbedrijf de Vries (Hallum) en naar Studio Tjeerd Veenhoven (Groningen) getransporteerd.

Foto: Jesse Wagenaar Van Hall Larenstein – Feb 2021

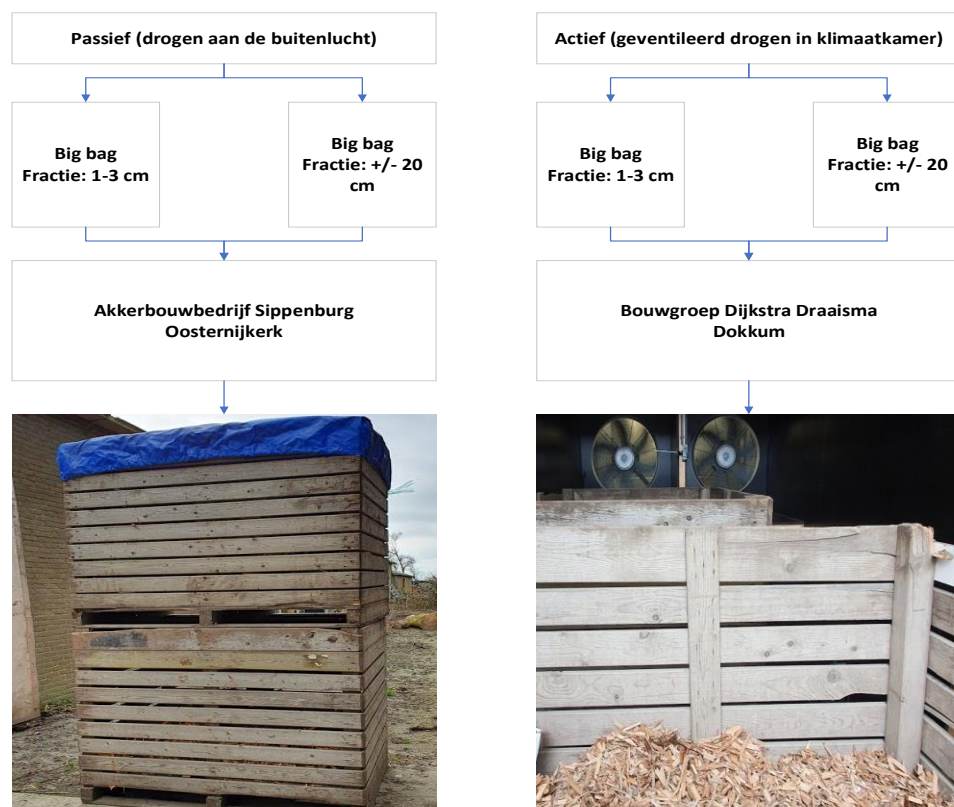
5.2 Drogen aan de lucht

In de periode eind maart tot begin mei 2021 zijn experimenten uitgevoerd rond natuurlijke en geforceerde luchtdroging. Het doel van het experiment was om de mogelijkheden van passief drogen (drogen aan de hand van natuurlijke luchtstroming) en actief drogen (drogen in een gecontroleerde klimaatkamer) met verschillende fracties te verkennen, en te onderzoeken of de lisdoddebiomassa zonder hoge temperaturen het vereiste drogestof percentage van minimaal 90% kan halen.

Materiaal en methode

De lisdoddebiomassa uit de oogst- en hakselproeven (paragraaf 5.1) is gebruikt voor dit droogexperiment: twee big bags met gehakseld materiaal (fracties van 1 tot 3 cm = KLEIN) en twee big bags met gesneden materiaal (fracties van ongeveer 20 cm = GROOT).

Van zowel het gehakselde materiaal (1-3 cm) als het versneden materiaal (+/- 20 cm) is één big bag naar twee verschillende locaties getransporteerd, waar de lisdoddebiomassa in kuubskisten is gedroogd. De eerste locatie was akkerbouwbedrijf Sippenburg in Oosternijkerk, waar de lisdodde passief (aan de buitenlucht) is gedroogd. De tweede locatie was Bouwgroep Dijkstra Draaisma in Dokkum, waar de lisdodde actief (in een geventileerde klimaatkamer) is gedroogd (figuur 5-1).



Figuur 5-1. Proefopzet droogkisten droogexperiment passief Oosternijkerk (links) en actief BGDD (rechts)



Voorafgaand aan het experiment is uit alle vier de droogkisten een monster (meting op $t=0$) genomen (in triplo) om de hoeveelheid vocht in de lisdoddebiomassa te bepalen. Daaropvolgend zijn in een tijdsbestek van 36 dagen periodiek (ca. 2 keer per week) uit alle vier droogkisten samples genomen, door telkens een handje in een afgesloten plastic zak te doen (figuur 5-2). Per droogkist zijn telkens drie (triplo) samples genomen:

- sample uit de bovenkant van de droogkist
- sample uit het midden van de droogkist
- sample uit de onderkant van de droogkist

Deze werkwijze is om te beoordelen of de lisdoddebiomassa uit het bovenste deel van de droogkist niet sneller droog wordt dan de lisdoddebiomassa uit het middelste- of onderste deel van de droogkist. Aan de hand van deze methode wordt deze factor zoveel mogelijk uitgesloten, door telkens het gemiddelde te nemen.



Figuur 5-2. Samples uit droogkisten.



Figuur 5-3. Samples in de droogstoof.

Vervolgens zijn de samples na elke meetronde naar het laboratorium (VHL) gebracht voor de bepaling van het percentage droge stof, op basis van de volgende methode:

- Als eerste zijn alle samples afzonderlijk afgewogen en in bakjes geplaatst.
- Hierna zijn alle bakjes op een temperatuur van 70 °C voor een tijdsbestek van 24 uur in de droogstoof geplaatst (figuur 5-3). Na 24 uur zijn alle samples afgewogen om te bepalen hoe groot de gewichtsafname was.
- Vervolgens zijn alle samples weer teruggeplaatst in de droogstoof (voor een extra 24 uur op een temperatuur van 70 °C). Na 48 uur zijn alle samples afgewogen om opnieuw de gewichtsafname te bepalen. Ook na 48 uur lieten sommige samples nog gewichtsafname zien.
- Om helemaal zeker te zijn dat al het vocht uit de samples verdwenen was, zijn alle samples nog een keer teruggeplaatst in de droogstoof (voor een extra 24 uur op een temperatuur van 70 °C). Na 72 uur zijn alle samples afgewogen en deze lieten geen gewichtsafname meer zien.
- Hierna is voor alle samples het drogestof percentage bepaald door het drooggewicht te delen door het vers gewicht en te vermenigvuldigen met 100%.

Resultaten

Figuur 5-4 toot het verloop van de drogestof percentages (DS%) in de tijd. Hieruit blijkt dat de GROTE fracties (DS% = 42%) bij aanvang van het experiment ($t=0$) meer vocht bevatten dan de KLEINE fracties (DS%= 60%). Na een week passief/actief drogen zitten de DS% allemaal boven de 60%. De GROTE fracties laten voor zowel het passief- als het actief drogen in de eerste week snellere droging zien dan de KLEINE fracties. Met name de lisdoddebiomassa uit de droogkist van PASSIEF_KLEIN blijft achter. De verklaring hiervoor is dat de lisdoddebiomassa uit het bovenste gedeelte van de deze droogkist die week nat is

geworden door sneeuw en hagel, terwijl de droogkist met de GROTE fracties bij het passieve drogen onderop stond (figuur 5-4), en hier minder hinder van ondervond.

Op $t=10$ is te zien dat het DS% van PASSIEF_KLEIN een inhaalslag maakt en dat het DS% van PASSIEF_GROOT naar beneden duikt (en een grotere standaarddeviatie laat zien). De verklaring hiervoor is dat in twee van de drie samples uit deze droogkist grove lisdoddebiomassa aanwezig was. Het is aannemelijk dat deze grove stukken meer vocht bevatten dan samples van kleiner formaat, en daarmee een vertekend beeld van de werkelijkheid kunnen geven. De actief gedroogde fracties drogen gestaag door (DS% tussen de 70 en 80%). Wel neemt (op PASSIEF_GROOT) de variatie tussen de resultaten af.

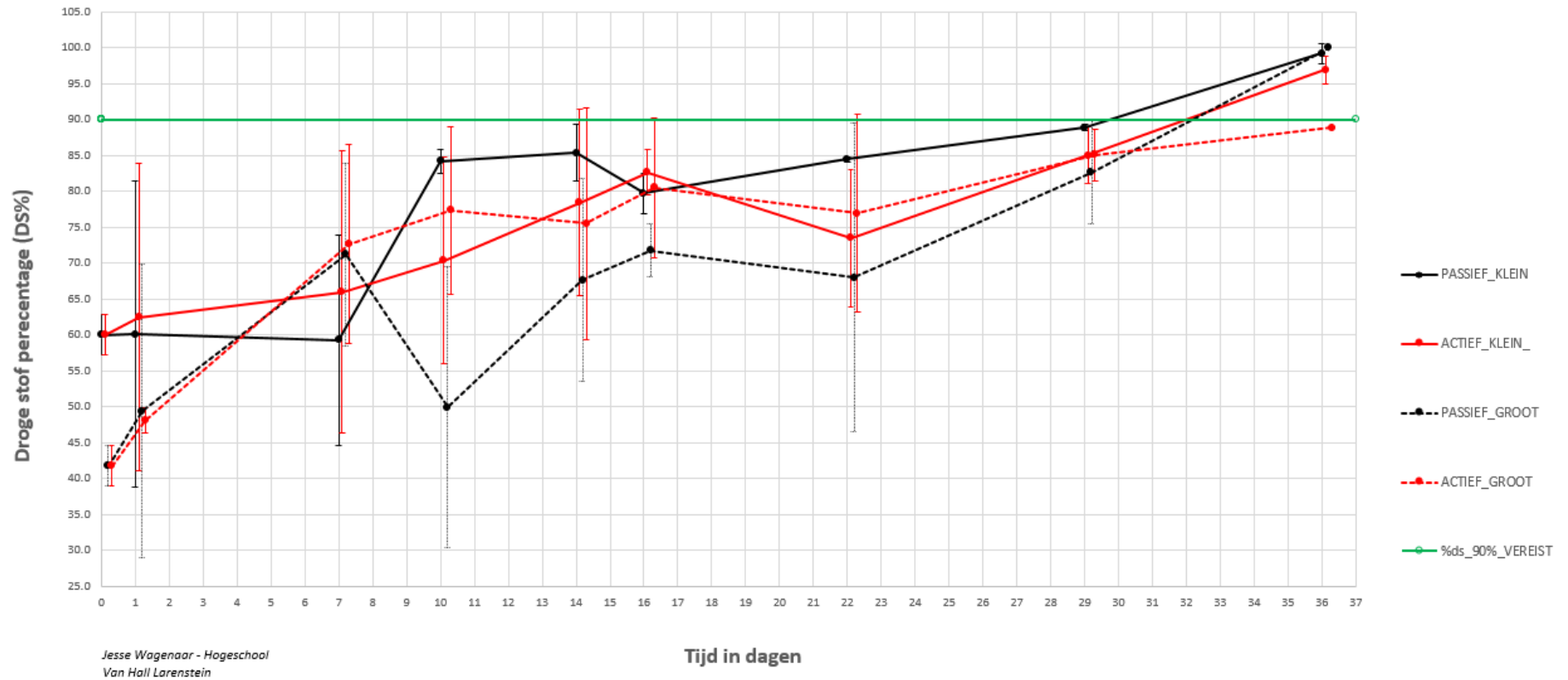
Na twee weken ($t=14$) lijkt het DS% zich voor beide droogmethodes en fracties wat te stabiliseren (DS% zit tussen de 67 en 85%). Daarnaast nemen de standaarddeviaties af, wat betekent dat het DS% minder variabel is dan in de weken ervoor. Het DS% uit de droogkist PASSIEF_GROOT laat ten opzichte van $t=10$ een opwaartse trend zien (DS% van 50 naar 67%).

Ruim een week later ($t=22$) zet de stabilisatie van het DS% door (tussen de 68 en 85%) en laten de resultaten ten opzichte van eerdere metingen nu weer meer variatie zien. In de zeven dagen erna (van $t=22$ tot $t=29$) laat het DS% van alle droogmethodes en fracties een opwaartse trend zien (DS% tussen de 82 en 89%) en neemt de variatie tussen de resultaten af. Deze trend zet zich voort in de laatste zeven dagen van de proef (van $t=29$ tot $t=36$) waarin het DS% tussen de 88 en 100% ligt, en waarin nagenoeg geen variatie meer is te zien tussen de resultaten.

Beide droogmethodes (passief/actief) voor het drogen van lisdoddebiomassa lijken voor zowel kleine- als grote fracties goed te werken, en laten in het eindresultaat weinig verschil zien (alle droge stof percentages liggen tussen de 88 en 100%). Wel laten de GROTE fracties gedurende het experiment meer variatie zien dan de KLEINE fracties, en ligt het DS% van ACTIEF_GROOT onder de beoogde 90%. Hiervoor is geen duidelijk verklaring gevonden. Dit experiment laat zien dat zowel passief-als actief drogen goed werkt, en dat droge stof percentages van 90% haalbaar zijn. Wanneer de lisdoddebiomassa voorafgaand aan het drogen gehakseld wordt, laat het droge stof percentage minder variatie zien.



Drogestofpercentage van passief en actief gedroogde lisdoddebiomassa



Figuur 5-4. Verloop van het droge stof percentage (DS%) over een tijdsbestek van 36 dagen. Passief = gedroogd aan de buitenlucht. Actief = gedroogd in klimaatkamer met ventilatie. Klein = vezellengte 1-3 cm. Groot = vezellengte ca. 20 cm.



5.3 Oriënterend experiment schimmelvorming

Voor de toepassing van inblaasisolatie is schimmelvorming op de lisdodde ongewenst. Schimmelvorming wordt voorkomen door vergaand te drogen, daarom stelt Bouwgroep Dijkstra Draisma de eis van >90% drogestof (zie hoofdstuk 3 en vorige paragraaf). Behalve conservering (zie hoofdstuk 3) speelt mogelijk ook een hittestap een rol bij (het verlagen van de potentie tot) schimmelvorming. In de nazomer van 2021 is bij VHL een oriënterend experiment uitgevoerd rond schimmelvorming op lisdoddevezels. Het doel van dit experiment was om een eerste indruk te krijgen van de invloed van thermisch droging van biomassa (hoge temperaturen in de grasdrogerij) op de schimmelvorming in verhouding tot de lisdoddebiomassa die was gedroogd aan de buitenlucht (lage temperaturen).

Materiaal en methode

Lisdodde biomassa die was gedroogd in de grasdrogerij en biomassa gedroogd aan de lucht zijn bij VHL oriënterend onderzocht op de potentie van schimmelvorming. De methode was voor dit oriënterende experiment (het ging hier om het verkrijgen van een eerste indruk) een 'eigen VHL' methode, die qua opzet is afgeleid van een gestandaardiseerde normmethode NEN-EN-ISO 846 2019.¹⁵ De basis van die methode is dat bevochtigde (gerehydrateerde) lisdodde wordt geïncubeerd onder vochtige omstandigheden.



Figuur 5-5. Lisdoddebiomassa voor inzet experiment. Linker zak is lucht gedroogd en de rechter zak is thermisch gedroogd.



Figuur 5-6. Testopstelling schimmelvorming lisdoddebiomassa. Links natuurlijk gedroogd, rechts gedroogd in de grasdrogerij.

- De testopstelling bestond uit grote anaerobe potten met daarin glazen petrischaaltjes op een roestvrijstalen rekje. In de petrischaaltjes is 10 gram (droog gewicht) lisdodde geplaatst: thermisch gedroogd versus luchtgedroogd. De lisdodde was vooraf gerehydrateerd.
- Voor de rehydratie is 10 gram materiaal in een steriel zakje gedaan met 50 ml water. Na vijf minuten is het overtollige water afgegoten en het materiaal in de anaerobe potten gebracht. De massa voor en na rehydratie:
 - Pot 1 (lucht gedroogd) 10,3 gram materiaal voor en 28,4 gram na rehydratie.
 - Pot 2 (thermisch gedroogd) 10,6 gram materiaal voor en 32,9 gram na rehydratie.
-

¹⁵ De methode NEN-EN-ISO 846 is oorspronkelijk ontwikkeld voor het vaststellen van groei van schimmels en bacteriën op plastic oppervlakken.

- Vervolgens is een kleine petrischaal met een beetje water onderin de pot gezet om de luchtvochtigheid hoog te houden.
- De anaerobe potten zijn geïncubeerd bij een constante temperatuur van 22 graden Celsius.



Figuur 5-7. Schimmelvorming na 7 dagen (25-08-21). Linker foto is natuurlijk (lucht) gedroogd en rechts is thermisch gedroogd.

Resultaten

Gedurende een periode van vier weken zijn de samples regelmatig met het oog beoordeeld, en zijn foto's gemaakt. Na vier dagen incubatie (op 22-08-21) was nog geen schimmelvorming te zien. Na zeven dagen incubatie was de eerste schimmelvorming te zien (figuur 5-7). In de tweede en derde week nam het aantal schimmelkolonies geleidelijk toe. Na vier weken (op 22-09-21) zijn het aantal kolonies van beide samples geteld. Het sample van de natuurlijk gedroogde lisdodde bevatte 32 schimmelkolonies, met daartegenover 31 getelde schimmelkolonies op het sample uit de grasdrogerij.

Benadrukt wordt dat dit oriënterende experiment slechts bedoeld was voor het verkrijgen van een eerste indruk. Harde conclusies over het effect van de droogtemperatuur (thermisch versus buitenlucht) kunnen niet worden getrokken. Dat gezegd hebbende lijkt de schimmelvormingspotentie van lucht gedroogde lisdoddebiomassa min of meer gelijk aan thermisch gedroogde lisdoddebiomassa.

Vervolgonderzoek

Het hierboven beschreven oriënterende experiment zal binnenkort worden herhaald, waarbij de schimmelvorming nauwkeuriger en betrouwbaarder wordt gekwantificeerd. Naast het verschil in droogtemperatuur zijn er meer factoren binnen het productieproces die (mogelijk) van invloed kunnen zijn schimmelvorming. Zoals uitgelegd in Hoofdstuk 3 is de laatste bewerkingsstap in bij de productie van isolatiemateriaal de conservering van lisdodde met een middel dat schimmelvorming tegengaat. In vervolgonderzoek zal het effect van verschillende conserveringsmiddelen op schimmelvorming worden onderzocht ten opzichte van onbehandelde lisdoddebiomassa. Als referentie wordt cellulose (één van de concurrerende duurzame producten voor spouwmuurisolatie) getest. Figuur 5-8 toont de batches die worden getest op schimmelvormingspotentie. Het vervolgonderzoek vindt plaats in het kader van het Veenweide Innovatie Programma (VIP-NL), project Natte Teelten.



Figuur 5-8. Samples voor toekomstig onderzoek naar schimmelvorming. Van links naar rechts: lisdodde behandeld A, lisdodde behandeld B, onbehandelde lisdodde en cellulose.

5.4 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we aangetoond dat lisdodde aan de lucht kan worden gedroogd tot >90% droge stof. Luchtdroging is dan een aantrekkelijk alternatief ten opzichte van de fossiel gestookte grasdrogerij, en zeer waarschijnlijk ook vanuit kostenperspectief.¹⁶

Voor de businesscase (zie Hoofdstuk 7) is het belangrijk dat zoveel mogelijk van de lisdoddevezel geschikt is c.q. blijft voor isolatiemateriaal, dat wil zeggen dat de vorming van 'fines' zoveel mogelijk moet worden voorkomen tijdens het maaien en hakselen. Dit pleit voor een goed gecontroleerd hakselproces, waarbij de lisdodde gecontroleerd wordt gesneden in stukjes van circa 2-3 centimeter. Op basis van de uitgevoerde experimenten lijkt dit goed mogelijk.

Eerste, oriënterende experimenten toonden aan dat de potentie voor schimmelvorming op lisdoddebiomassa onafhankelijk is van de droogtemperatuur. De resultaten suggereren dat thermische droging (zoals in de grasdrogerij) niet noodzakelijk is om schimmelvorming te beheersen.

¹⁶ Een alternatief voor drogen aan de lucht is drogen met behulp van restwarmte. In 2021 en begin 2022 is gedroogd bij een drooginstallatie op restwarmte in Oldeberkoop.

6. Doorkijk naar grootschalige teelt: planten en oogsten

Bij de waardeketen van lisdodde als grondstof voor producten (zoals isolatiemateriaal) zijn de kosten voor het planten en oogsten van lisdodde medebepalend voor de uiteindelijke winstgevendheid. Dit hoofdstuk draait om de vraag hoe de kosten van lisdoddeteelt gereduceerd kunnen worden. Hierbij is specifiek gekeken naar:

- Een alternatief voor het inplanten van lisdoddes. Uit interviews met betrokkenen bij bestaande pilots¹⁷ bleek het inpoten van lisdoddes duur. De kosten hiervan werden geraamd op circa €20.000 per hectare. Bovendien bleken de hiervoor gebruikte machines – aangepaste graafmachines en een aangepaste aardbeienplanter – niet goed aangepast aan het werken op nat veen (Wal D. v., 2021b). Desondanks wordt in de meeste pilots toch gekozen voor inpoten, vermoedelijk vanwege verwachte moeilijkheden en/of onvoorspelbaarheid van succes bij inzaaien. Daarom is een proef uitgevoerd om te bepalen of lisdodde kan worden gepoot zonder deze in de grond te poten, maar de wortelstokken op de grond uit te spreiden.
- De meest geschikte bestaande machines voor de oogst en welke inrichting van teeltbedden benodigd is om deze machines in te zetten voor grootschalige teelt.

6.1 Ontwikkeling van lisdodde uit wortelstokken op het maaiveld

In het voorjaar van 2021 onderzoek uitgevoerd met als doel om te testen of lisdodde gepoot kan worden zonder de wortelstokken in de bodem in te graven. Meer details zijn beschreven in een studentenrapport van D. van der Wal (2021a).

Materiaal en methode

Op 23 april 2021 zijn wortelstokken van Grote lisdodde (*Typha latifolia*) en van Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) verzameld uit spontaan ontwikkelde groeiplaatsen in open water bij de Better Wetter Brûsplak in het Bûtefjild. Details van de verzamellocaties staan in Tabel 6-1. Aanwezige dode en levende blad/scheut biomassa werd afgesneden op circa 10 cm boven de groeipunt.

Tabel 6-1. Overzicht van de verzamellocaties.

	Grote lisdodde (<i>T. latifolia</i>)	Kleine lisdodde (<i>T. angustifolia</i>)
Locatie (RD-coördinaten)	X 192.956; Y 584.680	X 192.865; Y 584.724
Waterdiepte	0 – 30 cm	30 – 100 cm

¹⁷ Geïnterviewde personen: Pilot Natte teelten Ankeveen, dhr. T. Pelsma (Waternet); Innovatieprogramma Veen, dhr. M. Korthorst (Landschap Noordholland); KTC Zegveld, dhr. Y. Egas; Natuurpunt (B), mevr. K. Wijns & dhr. C. van Ackere; Better Wetter, dhr. I. Mettrop, J. van Belle & J. Wagenaar; overige mondelinge informatie: dhr. R. Wellink (Wellink Equipment), dhr. A. van Weeren (Wetland Products).



De wortelstokken werden per soort op los op tuinaarde gelegd in drie plastic bakken gevuld met 15 cm tuinaarde (25% droge stof, 20% organische stof, EGV 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$). In de drie bakken was de waterstand verschillend, de verdeling van plantmateriaal over waterstanden staat in Tabel 6-2. De waterstand is zo constant mogelijk gehouden door de waterstand twee tot drie maal per week te controleren. Te lage standen werden gecorrigeerd door kraanwater toe te voegen, te hoge waterstanden werden voorkomen door drainagegaten. De bakken zijn buiten geplaatst.

Tabel 6-2. Overzicht van de verdeling van typen plantmateriaal per soort over de gehanteerde waterstanden.

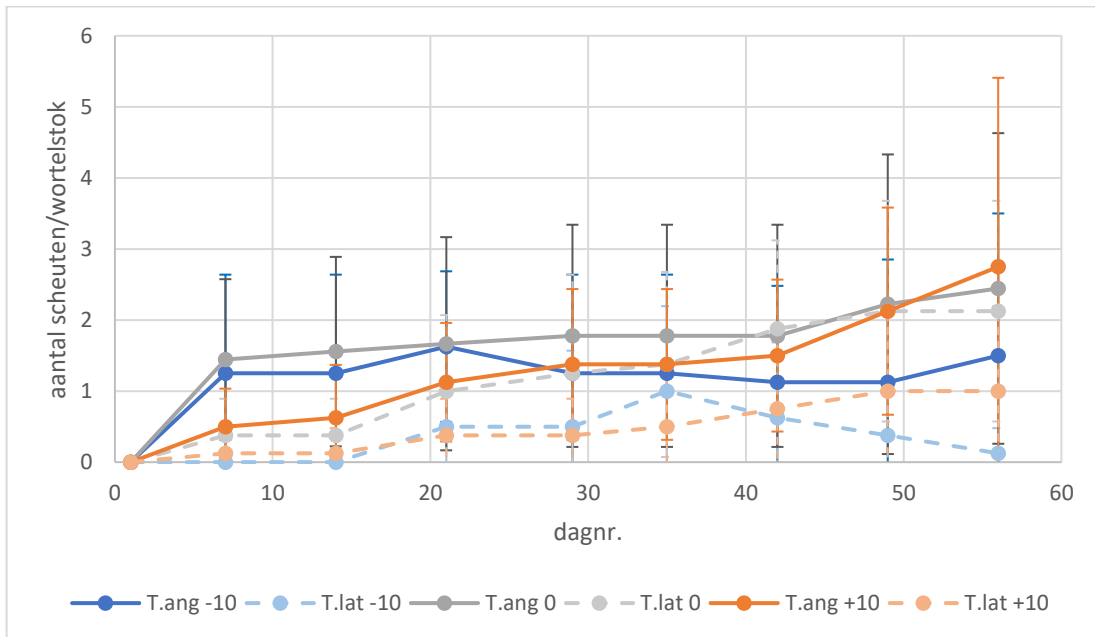
<i>Waterstand</i>	<i>Grote lisdodde</i>	<i>Kleine lisdodde</i>
<i>-10 cm mv</i>	3 wortelstokken zonder scheut	3 wortelstokken zonder scheut
	1 scheut zonder wortelstok	1 scheut zonder wortelstok
	5 scheuten met 1 wortelstok	5 scheuten met 1 wortelstok
	3 scheuten met 2 wortelstokken	3 scheuten met 2 wortelstokken
<i>0 cm mv</i>	3 wortelstokken zonder scheut	3 wortelstokken zonder scheut
	1 scheut zonder wortelstok	1 scheut zonder wortelstok
	5 scheuten met 1 wortelstok	5 scheuten met 1 wortelstok
	3 scheuten met 2 wortelstokken	3 scheuten met 2 wortelstokken
<i>+10 cm mv</i>	3 wortelstokken zonder scheut	3 wortelstokken zonder scheut
	1 scheut zonder wortelstok	1 scheut zonder wortelstok
	5 scheuten met 1 wortelstok	5 scheuten met 1 wortelstok
	3 scheuten met 2 wortelstokken	3 scheuten met 2 wortelstokken

Wekelijks werd per wortelstok het aantal scheuten bepaald en van iedere afzonderlijke scheut werd de lengte wekelijks bepaald. Voor details m.b.t. data-analyse wordt verwezen naar het studentenrapport van D. van der Wal (2021a).

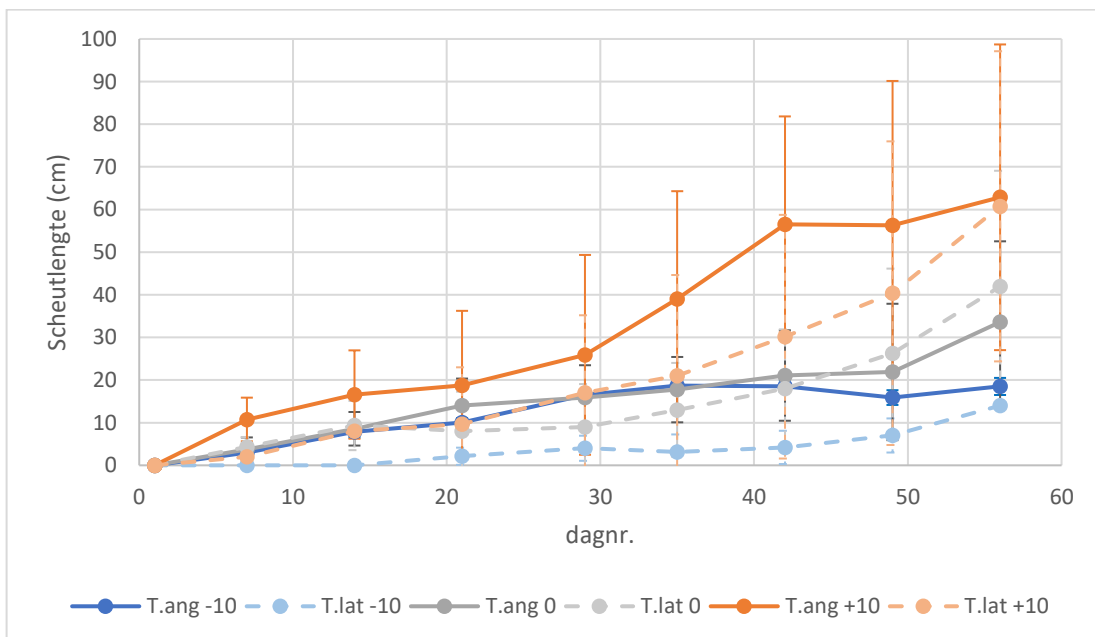
Resultaten

Geen van de wortelstokken zonder scheut heeft uitlopers ontwikkeld. Slechts één scheut zonder wortelstok heeft uitlopers ontwikkeld. Deze had als enige in deze categorie een sterk verdikte wortel, daarom is deze verder behandeld als scheut met één wortelstok.

De ontwikkeling van het gemiddelde aantal levende scheuten per wortelstok met (oorspronkelijk) één of twee scheuten is weergegeven in Figuur . Kleine lisdodde ontwikkelde in alle proeven significant meer scheuten dan Grote lisdodde ($p = 0,040$), hoewel de spreiding rond het gemiddelde aanzienlijk is. Kleine lisdodde lijkt bij water aan of 10 cm boven het maaiveld meer scheuten te ontwikkelen dan bij 10 cm onder het maaiveld, terwijl Grote lisdodde de meeste scheuten lijkt aan te maken bij water aan het maaiveld. Het verschil tussen de waterstanden is echter (net) niet significant ($p = 0,085$).



Figuur 6-1. Ontwikkeling van het gemiddeld aantal levende scheuten per scheut met één of twee wortelstokken en de standaarddeviatie hiervan gedurende de proef. T.ang is Kleine lisdodde, T.lat is Grote lisdodde, -10 is waterstand 10 cm beneden maaiveld, 0 is waterstand aan het maaiveld, +10 is waterstand 10 cm boven het maaiveld.



Figuur 6-2. Groei van de nieuwe scheuten gedurende proef, uitgedrukt als gemiddelde scheutlengte met standaarddeviatie. T.ang is Kleine lisdodde, T.lat is Grote lisdodde, -10 is waterstand 10 cm beneden maaiveld, 0 is waterstand aan het maaiveld, +10 is waterstand 10 cm boven het maaiveld.



De groei van de nieuwe scheuten is weergegeven in Figuur . De scheutlengte na 56 dagen is voor beide soorten groter naarmate de waterstand hoger is gehouden, terwijl het verschil tussen de soorten gering is. Voor beide soorten samen is het verschil in scheutlengte tussen de drie gehanteerde waterstanden significant ($p < 0,0001$), en na 56 dagen zijn de planten significant langer bij 10 cm +mv dan bij water aan het maaiveld ($p < 0,001$).

Conclusie

Het lijkt haalbaar Grote of Kleine lisdodde met wortelstokken aan te brengen in een teeltbed zonder deze wortelstokken in te graven, mits bestaande scheuten met een stuk wortelstok worden gebruikt als entmateriaal. In onze proef waren deze wortelstokken circa 10 – 30 cm lang, maar het effect van de lengte van wortelstokken hebben we niet onderzocht.

De uitkomsten van de proef laten meer ontwikkeling van nieuwe scheuten zien bij waterstanden aan het maaiveld of 10 cm er boven, dan bij waterstanden 10 cm onder maaiveld, maar dit verschil is niet significant. Kleine lisdodde blijkt significant meer uitlopers te produceren dan Grote lisdodde. De groei van nieuwe scheuten verschilt weinig tussen de beide soorten, maar vertoont wel een sterke en significante relatie met de gehanteerde waterstand: hoe hoger de waterstand, hoe langer de scheuten zijn aan het einde van de proef.

De variatie tussen wortelstokken met gelijke behandeling is echter groot, voor alle drie waterstanden en voor beide soorten. Sommige scheuten ontwikkelden zeer veel scheuten, terwijl andere geen scheuten ontwikkelden. Dit suggereert dat verschillen tussen de scheuten meespelen. Aanvullende proeven gericht op het vaststellen van deze invloeden kunnen helpen een constanter resultaat te verkrijgen door betere selectie van entmateriaal.

Waterstanden tussen 0 en 10 cm boven maaiveld lijken dus geschikt om scheuten met wortelstokken te laten aanslaan in een nieuw teeltbed. Bij 10 cm waterhoogte gaan de wortelstokken echter wel drijven, zodat nog moet blijken of deze ent-methode in de praktijk ook haalbaar is.

6.2 Brede verkenning van mogelijkheden voor en ervaringen met mechanisatie

Middels literatuurstudie en interviews met betrokkenen bij diverse pilotprojecten¹⁸ is geïnventariseerd welke machines potentieel geschikt zijn voor het aanplanten en oogsten van lisdodde. De geschiktheid van deze machines is vergeleken op basis van de algemene waardering van de geïnterviewden, brandstofgebruik, mate van spoorvorming of andere beschadiging van het teeltbed en werksnelheid. Voor dit onderdeel zijn betrokkenen geïnterviewd van de Nederlandse pilotprojecten Better Wetter (geïnterviewden: J. Wagenaar (VHL), A. de Jonge (A. de Jonge V.o.f.)), Innovatieprogramma Veen (M. Korthorst), Kennistransfercentrum Zegveld (Y. Egas), Natte teelt Ankeveen (T. Pelsma). Daarnaast zijn bij het Vlaamse Natuurpunt ervaringen opgehaald over de inzet van rupsmaaiers voor natuurbeheer in veengebieden (geïnterviewden C. van Ackere, K. Wijns en S. Martens). De details van deze studie zijn te lezen in een studentenrapport van D. van der Wal (2021b). Hieronder worden de belangrijkste resultaten beschreven.

¹⁸ Pilotprojecten: Better Wetter, IPV Noord Holland, KTC Zegveld, Ankeveen.

Poten van lisdodde

Voor de aanleg van lisdoddeteeltbedden wordt veelal gekozen voor het inpoten van jonge planten of wortelstokken. Dit is erg arbeidsintensief. In een aantal experimenten is dit handmatig gedaan, maar in het Innovatieprogramma Veen en een pilot van het KTC is hierbij een aangepaste aardbeienplantmachine ingezet. Deze werd door een kleine trekker voortgetrokken en maakte plantgaten. Hierachter werd een doek meegesleept waarop 2 à 3 mensen handmatig inplantten. Hiermee kon met 4 personen 1 hectare per dag worden ingeplant. Doordat de machine op banden rijdt, is ze niet geschikt voor situaties op zeer nat of overstroomd veen.

In de proef in Ankeveen is een rupskraan ingezet om pootgaten te maken, waarna handmatig ingepoot werd. Hiermee is in twee dagen tijd met meerdere mensen 0,25 ha ingepoot. Doordat de machine op rupsbanden rijdt, kan ze worden ingezet in zeer natte situaties.

Verder lijken machines voor de aanplant van rijst (in natte teelt) geschikt, maar ervaringen hiermee zijn ons niet bekend.

Oogsten van lisdodde

Bij de oogst wordt gemaaid, waarna de oogst wordt gehakseld of gebundeld, om vervolgens te worden afgevoerd naar de locatie voor verdere verwerking (bv. drogen). Voor het maaien kan onderscheid gemaakt worden tussen cyclomaaiers, maaibalken en klepelmaaiers. Er bestaan machines op metalen of kunststof rupsen, en op (brede) banden. De kleinste machines zijn eenassige maaiers met een maaibalk, de grootste zijn maaai-zuigcombinaties al dan niet met gecombineerde opvangwagen. Van de eenassige rietmaaier en de Truxor amfibische maaimachine wordt specifiek opgemerkt dat ze sterk inspoorden en daarmee de groei het volgende seizoen beperkten.

Op basis van de bevindingen in diverse projecten en literatuurbronnen komen twee systemen als alternatieve favorieten uit de bus: de Loglogic softrak rupsmaaier en systemen met een maaibak (hekelbak) aan een dertien meter lange arm. De Loglogic is een lichtgewicht rietmaaier op kunststof rupsen. Aan de voorkant van de machine zit een klepelmaaier die de oogst gelijk hakselt, waarna het wordt getransporteerd naar een opvangbak achterop. De bodemdruk is laag bij een lege opvangbak (0,07 kg/m²), maar als de bak vol zit neemt dit toe tot 0,18 kg/m². Er zijn diverse uitvoeringen met diverse vermogens beschikbaar; de meeste ervaring is opgedaan met de Loglogic 120. Er kan ca. 0,3 – 0,5 ha per uur worden geoogst. Als grootste beperkingen worden genoemd de beperkte opvangcapaciteit (2.400 kg) en beschadiging van de vegetatie op keerpunten. Door het klepelen kan veel erg fijn materiaal ontstaan, dat niet geschikt is voor inblaasisolatie maar wellicht wel voor andere toepassingen. Op basis van ervaringen in Better Wetter is het wenselijk de fractiegrootte van het gehakselde materiaal in te kunnen stellen.

Het meest genoemde alternatief voor de Loglogic is een aangepaste Pistenbully. Ook deze werken met een klepelmaaier waarna de oogst wordt verzameld in een bak achterop de machine. De Pistenbully verbruikt circa 3 tot 5 keer zoveel brandstof als de Loglogic, maar heeft een grotere opvangcapaciteit. De beperkingen ten aanzien van het gebruik van een klepelmaaier zijn dezelfde als voor de Loglogic. Er bestaan ook rupsmaaiers met maaibalken die gehele stengels op een wiers (walletje gemaaid materiaal) in het teeltbed leggen. Deze wordt



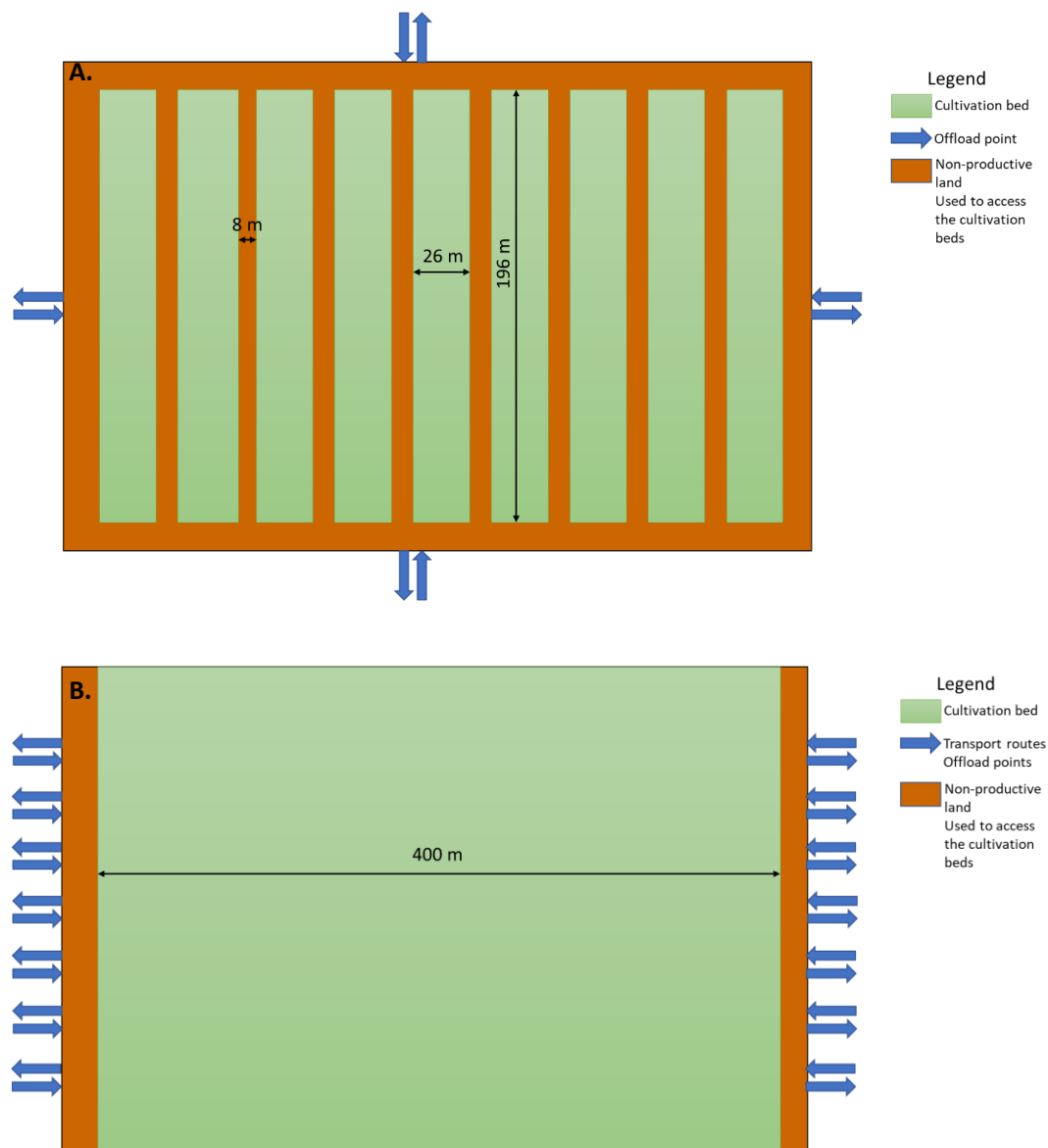
dan opgevolgd door een opraapwagen, die eventueel balen perst. Op basis van ervaringen in Better Wetter lijkt deze optie niet optimaal, omdat de geoogste biomassa vervuild raakt met modder uit het teeltbed. Tenslotte bestaan er rietoogsters die gelijk bossen maken. Ervaringen hiermee zijn ons niet bekend.

De maaibak op lange arm kan worden gemonteerd op een (rups)kraan of op een trekker. De maaibak knipt de vegetatie door en is daarmee een variant op de maaibalk. Met de maaibak wordt de bovengrondse biomassa op de gewenste hoogte afgemaaid, waarna de gehele stengel naast het teeltbed op een wiers wordt gelegd. Het oprapen gebeurt in een tweede werkgang, eventueel kan het materiaal hierbij gehakseld worden. De bodemdruk van de kraan is theoretisch ca. $0,1 \text{ kg/cm}^2$, maar in de praktijk zal deze hoger worden als de arm uitgezet wordt. Doordat de kraan naast het teeltbed rijdt, speelt de bodemdruk een minder grote rol dan bij een systeem met een maaier in het teeltbed. In Better Wetter werd met een dergelijke combinatie ca. $0,05 \text{ ha/uur}$ geoogst; het brandstofverbruik is onbekend.

Conclusie en aanbevelingen

Voor het inpoten van lisdodde is nog geen optimale machine beschikbaar. De beide opties die nu bekend zijn vergen beide nog steeds veel inzet van personeel en zijn beperkt tot niet geschikt voor echt natte condities. Op het oog lijken rijstplanters geschikt, maar daarmee zijn geen ervaringen bekend.

Voor de oogst van lisdodde zijn in principe twee opties beschikbaar: met een rupsmaaier door het teeltbed, of met een maaibalk op lange arm er langs. De keuze tussen deze twee opties zal deels afhankelijk zijn van de beoogde toepassing van de biomassa: indien hele stengels geoogst moeten worden is de maaibak op lange arm de beste optie. Dan rijdt de oogstmachine dus langs het teeltbed. Voor toepassingen waarbij het fijn hakselen of klepelen van de biomassa geen probleem is kan ook voor de Loglogic worden gekozen. De keuze voor het oogststelsel bepaalt hoe een opgeschaald teeltstelsel er uit kan gaan zien. Dit is weergegeven in Figuur 6-3: A. geeft een inrichting voor oogst met een maaibak op lange arm. Hierbij is de maximale breedte van het teeltbed tweemaal de lengte van de arm (hier $2 \times 13 = 26 \text{ m}$). De lengte is bepaald door het natgewicht en volume van de oogst in verhouding tot de capaciteit van de opvangwagen. Uitgaande van een kiepwagen met 10 ton capaciteit en een productiviteit van 10 ton ds/ha/jr met ca. 75% vochtgehalte bij de oogst, is de maximale lengte van zo'n teeltbed circa 192 meter. De breedte van de paden dient zo smal mogelijk gehouden te worden omdat dit non-productieve grond is, maar om goed te kunnen werken met de grote machines zal zo'n acht meter breedte nodig zijn. De kiepwagen rijdt de oogst vervolgens naar de locatie waar verdere verwerking plaatsvindt.



Figuur 6-3. Teeltbedconfiguraties voor verschillende oogstsystemen, uitgaande van een productie van 10 ton ds/ha/jr, wat overeenkomt met ca. 40 ton versgewicht. A. Inrichting voor een oogststelsel met maaibak op lange arm. B. Inrichting voor een oogststelsel met rupsmaaier. Zie tekst voor details, figuur uit (Wal D. v., 2021b)



Figuur 6-3 B. geeft een inrichting weer voor een Loglogic Softtrack 120 rupsmaaier met opvangbak. Omdat bij keren de zode beschadigd wordt, moet dit bij voorkeur voorkomen worden. De machine heeft een opvangcapaciteit van 2.400 kg en 1,5 meter werkbreedte. Bij een productiviteit van 10 ton ds/ha/yr en 75% vochtgehalte is deze bak vol na 400 m. Daar aangekomen rijdt de machine een droog werkpad op, leegt de opvangbak, keert en begint aan de volgende strook. De oogst wordt vervolgens opgepakt met een kiepwagen met raper of een vergelijkbare combinatie, waarna het naar de locatie van verdere verwerking wordt getransporteerd. Deze laatste inrichting geeft een groter productief oppervlak, maar de klepelmaaier van de Loglogic is wellicht niet voor alle biomassatoepassingen geschikt.

6.3 Conclusie

Om de kosten voor grootschalige teelt van lisdodde goed te kunnen beheersen en beperkt te houden, zal verdere innovatie moeten plaatsvinden met betrekking tot oogsten en vooral het poten c.q. zaaien van lisdodde. Om oogstkosten te reduceren kan, ten behoeve van de oogst, rekening worden gehouden met de perceelinrichting.

Met betrekking tot de initiële aanplant lijkt het haalbaar om lisdoddewortelstokken tot wasdom te laten komen door de wortelstokken te verspreiden over het teeltbed zonder ze in te graven. In dat geval worden bestaande scheuten met een stuk wortelstok gebruikt als entmateriaal. Deze wijze van poten lijkt een financieel aantrekkelijk alternatief ten opzichte van ingraven, zolang dit ingraven nog niet vergaand is gemechaniseerd. Bij deze innovatieve manier van poten moet het waterniveau op of iets boven het maaiveld worden gehouden: 0 – 10 cm boven maaiveld.

7. Ecosysteemdiensten van riet- en lisdoddeteelt

Natte teelten, zoals lisdodde en riet, kunnen producten leveren voor de markt (bijv. isolatie- en bouwmaterialen), maar kunnen ook bijdragen aan maatschappelijke waarden, zoals het verbeteren van de waterkwaliteit of het versterken van biodiversiteit. Naast waterkwaliteitsverbetering en het bieden van habitat voor biodiversiteit kunnen riet- en lisdoddevelden bijdragen aan reductie van broeikasgasemissie. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op deze drie ecosysteemdiensten.

7.1 Zuiveringspotentie van riet- en lisdoddevelden

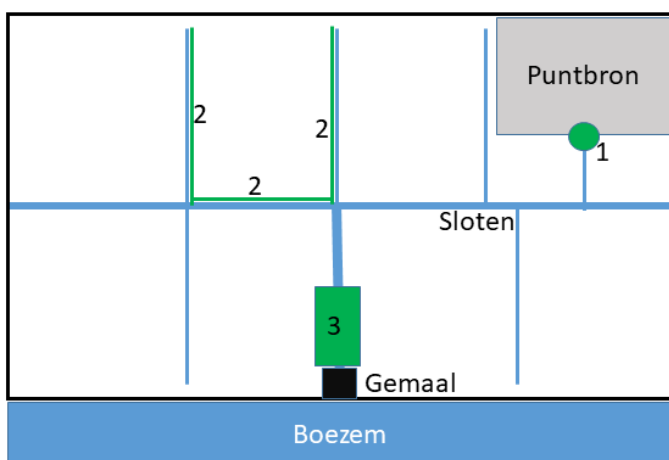
In de context van Better Wetter is een door TKI-Deltatechnologie gefinancierde haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de inzet van riet- en lisdoddevelden als zuiveringsmoeras in landbouwpolders.¹⁹ In die studie is gekeken naar de zuiverende werking van lisdodde- en rietteelt. Door die zuiverende werking kan lisdodde- en rietteelt in principe bijdragen aan de zuivering van polderwater, met name de verwijdering van fosfaat en stikstof, waardoor de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water in zicht komen. Tevens is een eerste inschatting gemaakt van de bijdrage van dergelijke zuiveringsmoerassen aan behoud van biodiversiteit. Details van deze studie zijn na te lezen in (Belle, Natte teelt voor waterkwaliteit. Verkenning van de bijdrage van paludicultuur aan waterkwaliteitsverbetering in een Friese polder, 2021).

Op voorhand lijken er verschillende mogelijkheden te bestaan om natte teelten in te zetten voor waterkwaliteitsbeheer. In de hiervoor genoemde haalbaarheidsstudie zijn drie situaties beschouwd voor de verwijdering van de nutriënten fosfaat en stikstof:

1. Nutriëntenverwijdering bij puntbronnen met verhoogde emissie, zoals IBA's of een kleine RWZI, waar Natte teelten kunnen bijdragen aan de zuivering van afstromend water. Hier kan de belasting worden afgevangen alvorens de nutriënten in het slotensysteem terecht komen.
2. Nutriëntenverwijdering bij diffuse bronnen in de polders, langs of in bestaande sloten. Met behulp van zuiverende randen kan belasting uit de percelen worden afgevangen.
3. Nutriëntenverwijdering aan het einde van de polder, dus waar de poldersloten samen komen. Met behulp van een zuiveringsmoeras kunnen nutriënten worden verwijderd voordat het gemaal het water uitslaat op de boezem.

Deze drie opties corresponderen met drie plaatsen in een typische polder en zijn dus te beschouwen als zuiveringslocaties. De ligging van de zuiveringslocaties is schematisch weergegeven in Figuur 7-1. Ze kunnen als volgt worden omschreven:

¹⁹ De haalbaarheidsstudie Natte teelt voor waterkwaliteit was onderdeel van het kennis- en innovatieprogramma TKI Deltatechnologie, en werd mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van Wetterskip Fryslân, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, de Noardlike Fryske Wâlden en It Fryske Gea. Zie <https://tkideltatechnologie.nl/project/hallo1-natte-teelten-voor-waterkwaliteitsbeheer/>



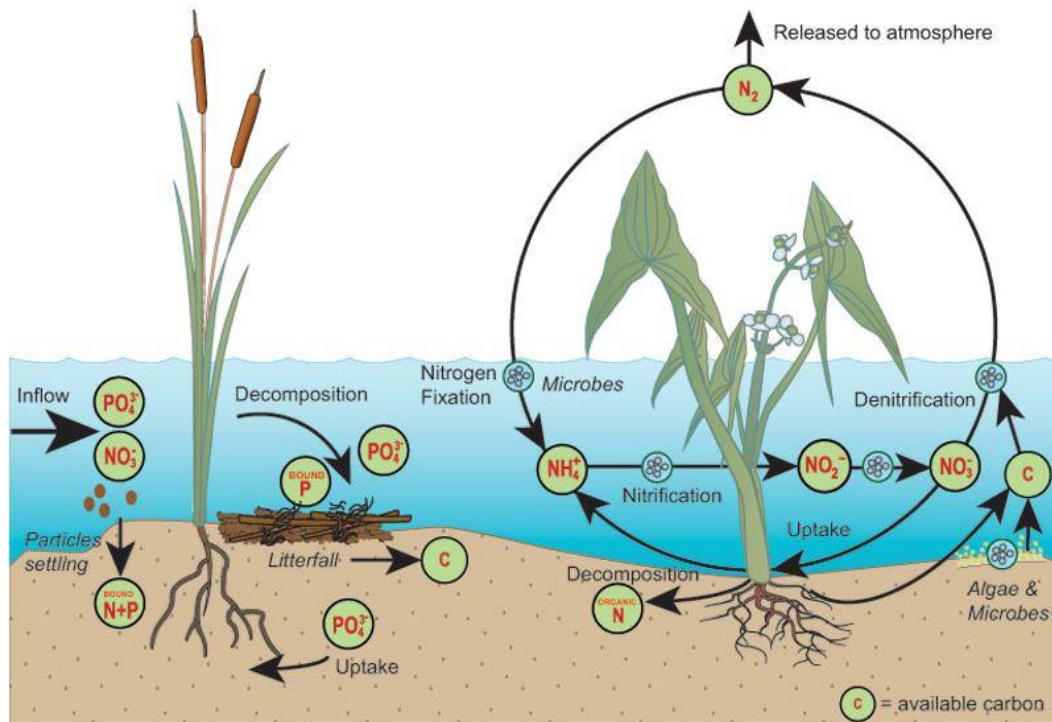
Figuur 7-1. Schematische weergave van drie zuiveringslocaties in een polder.

Figuur 7-2 geeft een overzicht van de belangrijkste omzettingen van fosfor en stikstof in moerassen (Kostel, 2021; Kadlec & Knight, 1996). De potentiële verwijdering van stikstof (N) en fosfor (P) op de locaties in Figuur 7-1 is ingeschat op basis van een hiervoor ontwikkeld rekenmodel: de Nutrient Reduction Tool (Belle & Maas, Nutrient Reduction Tool v1.1, 2021). Dit model is bedoeld om de potentie voor verwijdering te bepalen op basis van uit de literatuur bekende relaties. Voor daadwerkelijke inschatting van de te verwachten verwijdering dient het nog nader gedetailleerd en gevalideerd te worden. De huidige versie van het model genereert nog dusdanig hoge stikstofverwijdering dat deze de stikstofbelasting overstijgt. Doordat de kwantitatieve relaties in het model zijn gebaseerd op wetenschappelijke studies mag er echter wel van uit worden gegaan dat het model de ordegrrootte van en verhouding tussen verschillende verwijderingsprocessen redelijk inschat.

Het model onderscheidt drie groepen processen die bijdragen aan verwijdering van N en P:

- Microbiële omzettingen van stikstof (ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie) zetten stikstofverbindingen uiteindelijk om naar stikstofgas, dat naar de lucht vervliegt en zo uit de waterkolom verdwijnt,
- Opname van stikstof en fosfor door planten legt dit vast in nieuwe biomassa. Door jaarlijks te maaien en af te voeren wordt N en P in de bovengrondse biomassa afgevoerd.
- Door sedimentatie wordt aan deeltjes gebonden N en P verwijderd uit de waterkolom en toegevoegd aan de waterbodem.

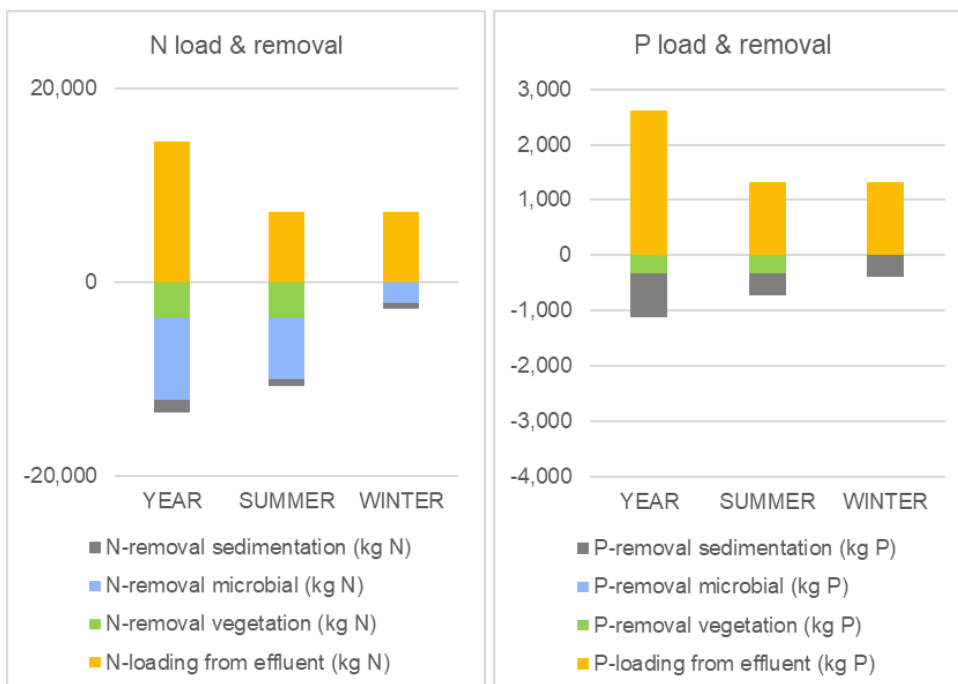
Stikstof wordt dus verwijderd door alle drie onderscheiden groepen van processen, maar verwijdering van fosfor vindt alleen plaats door afvoer van biomassa en sedimentatie. Uit de analyses blijkt dat zuiveringsmoerassen veel sterker zijn in het verwijderen van stikstof dan van fosfor, zodat vooral de potentie voor verwijdering van fosfor maatgevend is. Grote lisdodde (*Typha latifolia*) blijkt meer fosfor op te nemen dan riet (*Phragmites australis*) (Geurts, et al., 2020). Daarom worden in dit overzicht alleen resultaten gepresenteerd voor moerassen met lisdodde.



Figuur 7-2. Vereenvoudigde weergave van fosfor- en stikstof-omzettingen in moerassen (bron (Kostel, 2021), aangepast naar (Kadlec & Knight, 1996). Van links naar rechts is weergegeven: sedimentatie van onopgeloste bestanddelen (particles settling), omzettingen van fosfor, en omzettingen van stikstof.

Zuivering bij puntbronnen

De zuiveringspotentie bij puntbronnen is geschat door uit te gaan van een nutriëntenbelasting uit een hypothetische rioolwaterzuiveringsinstallatie waarin afvalwater van 50.000 inwoners wordt behandeld. In dergelijke situaties worden zuiveringsmoerassen ingezet voor nazuivering van het uitstromende water (het effluent). De belasting van deze RWZI is jaarrond gelijk, zodat dit ook geldt voor de nutriëntenvrucht in het effluent. Voor inschatting van de zuiveringsbijdrage van een lisdoddemoeras is 15 ha groot en 0,5 m diep zuiveringsmoeras gesimuleerd, waarin als gevolg van de hoge nutriëntenbelasting 15 ton ds/ha/yr bovengrondse biomassa wordt afgevoerd. De resulterende potentie voor N- en P-verwijdering is weergegeven in Figuur . Op jaarbasis bezien lijkt de volledige stikstofbelasting verwijderd te kunnen worden, maar nadere beschouwing laat zien dat de potentiële verwijdering in de zomer hoger is dan de belasting terwijl de potentiële verwijdering in de winter aanzienlijk lager is dan de belasting. De lagere verwijdering in de winter is het gevolg van lagere watertemperatuur waardoor de microbiële omzettingen minder efficiënt verlopen, en de afwezigheid van plantengroei waardoor geen nutriënten worden vastgelegd in biomassa. 's Winters wordt 39% N-verwijdering berekend. Fosfor wordt alleen door plantengroei en sedimentatie verwijderd. Verwijdering door sedimentatie is gelijk in het zomer- en winterhalfjaar, maar doordat plantengroei beperkt is tot het zomerhalfjaar is de verwijdering 's zomers hoger dan 's winters. 's Zomers wordt 55% P-verwijdering berekend, 's winters wordt 30% P-verwijdering berekend.

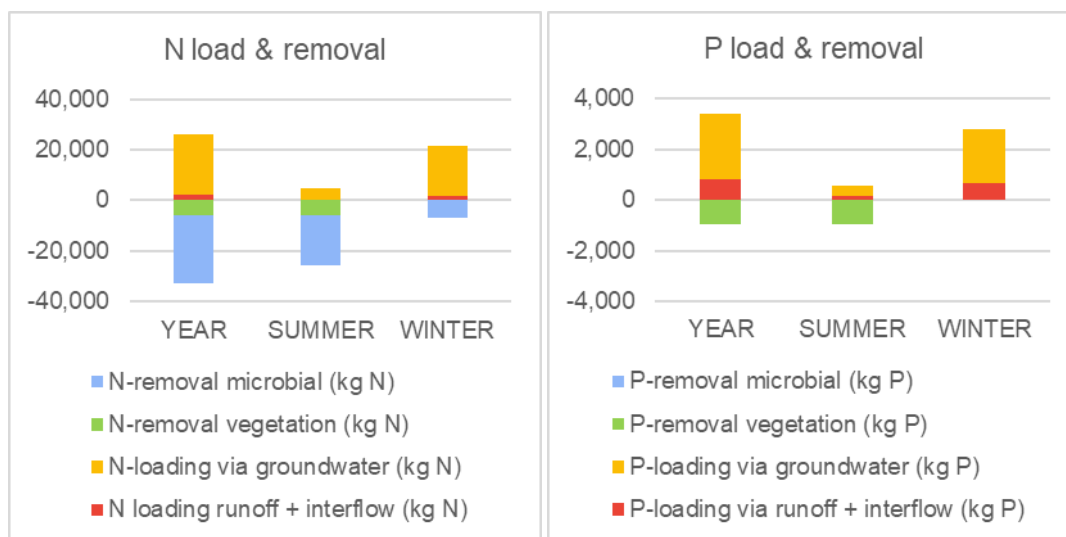


Figuur 7-3. N- en P-belasting uit effluent van een hypothetische kleine RWZI en de berekende N- en P-verwijdering in een 15 ha groot zuiveringsmoeras.

Nutriëntenverwijdering langs perceelranden

De zuiveringspotentie langs perceelranden wordt ingeschat uitgaande van modelmatig berekende ondiepe en diepe uit- en afspoeling in de Veenpolder van Echten (Gerven & Boekel, 2020) en uitgaande van de daadwerkelijke lengte van aan sloten grenzende perceelranden, een 1 m brede strook lisdodde als invanggewas op de rand van het perceel, met een productiviteit van 10 ton ds/ha.jaar. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 7-4.

Doordat het invanggewas op de droge oever wordt geplant ontvangt het alleen de oppervlakkige uit- en afspoeling, en speelt sedimentatie geen rol. Figuur geeft de totale N- en P-belasting (uit diepe + ondiepe stromen) weer. In de simulatie met een 1 m brede strook lisdodde langs alle sloten wordt meer P opgenomen in biomassa (ruim 950 kg P) dan jaarrond door ondiepe stromen uitspoelt (830 kg P). Afvangen van nutriënten uit ondiepe stromen lijkt dus alleszins haalbaar, maar doordat de fosforbelasting via ondiepe stromen 18 – 23% van het totaal bedraagt is dat de maximaal haalbare P-verwijdering. Door het afvanggewas niet op de droge oever te plaatsen, maar in de sloot of in verbrede (natuurvriendelijke) oevers, kunnen ook diepere stromen worden afgevangen en gaat sedimentatie meespelen. Op basis van simulaties lijkt een 3,5 m brede strook lisdodde dan voldoende om het grootste deel van de P-emissie op jaarbasis af te vangen. In de praktijk stuit het dicht laten groeien van sloten op problemen met waterkwantiteitsbeheer. Daarnaast is het aanleggen van 3,5 m moeraszone langs alle sloten niet aantrekkelijk voor de agrarische grondbezitters, omdat deze randen dan niet langer meetellen als agrarisch areaal. Het invangen van diffuse nutriëntenstromen langs perceelranden in permanent geïnundeerde moerasstroken lijkt dus technisch haalbaar, maar is praktisch moeilijk realiseerbaar.



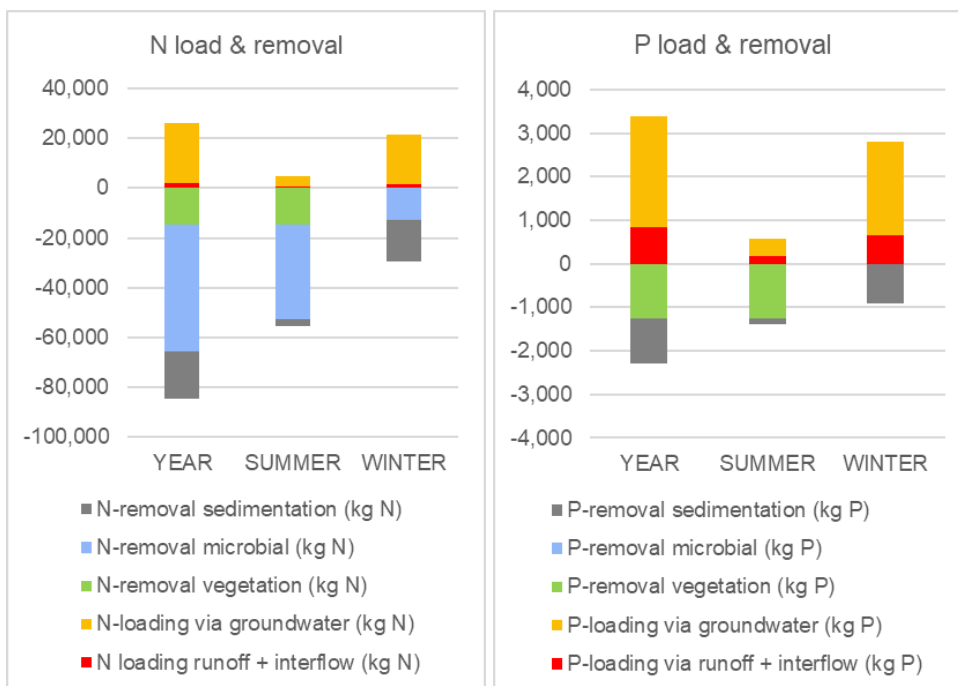
Figuur 7-4. N- en P-belasting en potentiële verwijdering met een 1 m brede strook Grote lisdodde als invanggewas langs de randen van percelen in polder Echten, uitgaande van een productiviteit van 10 ton ds/ha/jaar.

Nutriëntenverwijdering aan het einde van de polder

Uiteindelijk wordt het water uit de sloten door een gemaal uitgeslagen op het boezemsysteem. Hier komen dus ook de nutriëntenemissies uit het achterliggende polderland samen. Hoeveel nutriëntenverwijdering in natte teelten hier mogelijk is, is geschat op basis van de totale berekende N en P-emissie in de Veenpolder van Echten (Gerven & Boekel, 2020). Voor het effect van sedimentatie is uitgegaan van gemeten gehalten onopgeloste bestanddelen (zwevend stof) en onopgeloste nutriënten. De simulatie gaat uit van een 90 ha groot zuiveringsmoeras, wat overeenkomt met ca. 4% van het landbouwareaal in de Veenpolder van Echten. Het moeras is 0,5 m diep, hierbij is de verblijftijd 's winters 13 dagen, wat voldoende is voor sedimentatie. Voor de biomassaproductie gaat de simulatie uit van 10 ton ds/ha.jaar. Het resultaat van deze simulatie staat in Figuur 7-5.

Zowel voor de zomersituatie als voor de wintersituatie wordt hogere potentiële N-verwijdering berekend dan de belasting. Dat suggereert dat aanzienlijke N-verwijdering mogelijk is. Voor P-verwijdering wordt 's winters 32% verwijdering berekend, alleen door sedimentatie. Op basis van een deskundigenoordeel lijkt dit voldoende om de KRW-doelstellingen in de Friese boezem te behalen.²⁰ In de zomer is de bijdrage van sedimentatie geringer, doordat het water minder zwevend stof bevat, maar wordt ook P vastgelegd in lisdoddebiomassa. Hierdoor wordt 's zomers meer P-verwijdering dan belasting berekend.

²⁰ Mondelinge informatie J. Roelsma, Wetterskip Fryslân.



Figuur 7-5. Potentieel zuiveringsrendement voor een vlakvormig, 90 ha groot en 0,5 m diep zuiveringsmoeras met Grote lisdodde voor het gemaal in de Veenpolder van Echten.

Conclusie over haalbaarheid van nutriëntenreductie in paludicultuur

De conclusie luidt dat verwijdering van N uit oppervlaktewater zeer goed mogelijk lijkt.

Verwijdering van P is met name in de winter lastig, en de winterperiode is nu juist de periode met de hoogste P-belasting. 's Winters kan alleen sedimentatie bijdragen aan P-verwijdering. In vlakvormige zuiveringsmoerassen biedt sedimentatie kansen, mits:

- Het aandeel sedimentgebonden P in de belasting hoog genoeg is;
- De ruimte beschikbaar is om het zuiveringsmoeras dusdanig te dimensioneren dat sedimentatie kan optreden.

In de Veenpolder van Echten lijkt ongeveer 4% van het landbouwareaal aan het einde van de polder voldoende te zijn voor afdoende nutriëntenverwijdering. Dat strookt met wetenschappelijke analyses, zo vonden Verhoeven et al. (2006) dat 2 – 7% van een stroomgebied moet bestaan uit wetlands voor verbetering van de waterkwaliteit.

Het model dat is ontwikkeld in deze studie is echter nog niet goed genoeg om concrete verwachtingen van zuiveringsrendement mee vast te stellen. De stikstofverwijdering lijkt overschat te worden, vooral sedimentatie bleek erg moeilijk te kwantificeren en interacties met bodem, stroomsnelheid en waterstanden en -dynamiek ontbreken nog grotendeels. Als deze aspecten beter ingeschat kunnen worden opent dit de deur om de ecosysteemdienst nutriëntenverwijdering in paludicultuur te kwantificeren. Verdere ontwikkeling van de Nutrient Reduction Tool kan daarmee dienen als basis voor betaling voor deze ecosysteemdienst.

7.2 Flora en fauna in riet- en lisdoddevelden

Mettrop (2021) heeft op een rij gezet wat al bekend is over de bijdrage van natte teelten aan biodiversiteit. Hier worden de hoofdlijnen uit dat rapport gepresenteerd.

Welke soorten?

Waar het gaat om verandering van grasland in lisdodde- of rietvelden gaat het om een verschuiving van een terrestrisch biotoop naar een aquatisch biotoop. Bijgevolg profiteren vooral soorten van moeras en water hiervan. Voor wat betreft de flora betekent dit dat kansen ontstaan voor moerasplanten, voor zover deze niet worden bestreden ten behoeve van maximale biomassa-productie van lisdodde of riet.

Door ten Dam & van Duinen (Stichting Bargerveen) zijn de geleedpotigen vergeleken tussen lisdoddeteeltbedden en grasland in It Bûtefjild. In termen van aantallen individuen blijkt dit vooral te gaan om toename van tweevleugeligen, waarbij een verschuiving optreedt van vliegen en galmuggen in grasland naar dansmuggen in lisdoddeteelt. In termen van biomassa gaat het vooral om een verschuiving van kevers, tweevleugeligen en vlinders in grasland naar libellen en tweevleugeligen in lisdoddeteelt.

Bij de vogels gaat het vooral om een toename van foeragerende en – als het beheer het toelaat en het veld voldoende groot is – om broedende moerasbroedvogels. In drogere omstandigheden kunnen soorten als Rietzanger en Blauwborst optreden, maar bij 50 cm diepte gaat het om de ‘echte’ moerasbroedvogels zoals Waterral, Roerdomp en Kleine karekiet. Hoe groot een gebied moet zijn om als broedbiotoop te fungeren verschilt per soort. Een functie als tijdelijk leefgebied zal eerder op kunnen treden dan als broedbiotoop. Een zuiveringsmoeras kan dan fungeren als foerageergebied, of als ‘stapsteen’ tussen grotere geschikte leefgebieden.

Bij zoogdieren gaat het met name om Dwergmuis, Bruine rat en Woelrat, en langs de randen Waterspitsmuis. Bij de amfibieën valt de Heikikker op, daarnaast valt te verwachten dat met name Bruine kikker en Meerkikker kunnen profiteren. Voor deze soorten geldt wel dat ze behoefte hebben aan open, zonnige plaatsen tussen de vegetatie, dus dat de stengeldichtheid niet te hoog moet worden. Daarnaast mag ook Kleine watersalamander verwacht worden. Bij de reptielen kan de Ringslang profiteren.

Moerassen met ondiep water kunnen een functie hebben als paaigebied voor vissen, mits het moeras bereikbaar is, dus in verbinding staat met ander water. Een andere voorwaarde is dat de stengeldichtheid niet te hoog moet zijn, en dat open plekken aanwezig zijn voor ei-afzet.

Beheer voor soorten

Te hoge stengeldichtheid duidt op een eerste mogelijk conflict tussen mogelijke functies: Voor maximale opname van nutriënten in de vegetatie is maximale biomassa-productie van lisdodde of riet gewenst. Maar dit leidt tot een zeer dichte vegetatie waar moerasvogels, amfibieën, vissen en mogelijk ook andere soortgroepen moeilijk tussendoor kunnen. Verder is enige afwisseling in waterdiepte en dichtheid van de begroeiing gunstig voor verschillende soorten.

Voor bijdrage aan biodiversiteit is speciale aandacht nodig voor het maaibeheer. Maaien in het voorjaar maakt het gebied ongeschikt als broedgebied voor vogels, maar kan wellicht gunstig



uitpakken voor amfibieën doordat de zon beter doordringt tot de bodem. Maaien in de winter is ongunstig voor in de vegetatie overwinterende zoogdieren (o.a. Dwergmuis) en geleedpotigen. Negatieve effecten van maaibeheer kunnen worden beperkt door te maaien/oogsten buiten het broedseizoen, dus niet tussen 15 maart en 15 juni. Daarnaast kunnen delen van de vegetatie (ca. 10 – 20%) jaarlijks worden gespaard. Daarbij moet er wel voor worden gewaakt steeds een ander deel 'over te laten staan', zodat opslag bomen en struiken wordt voorkomen.

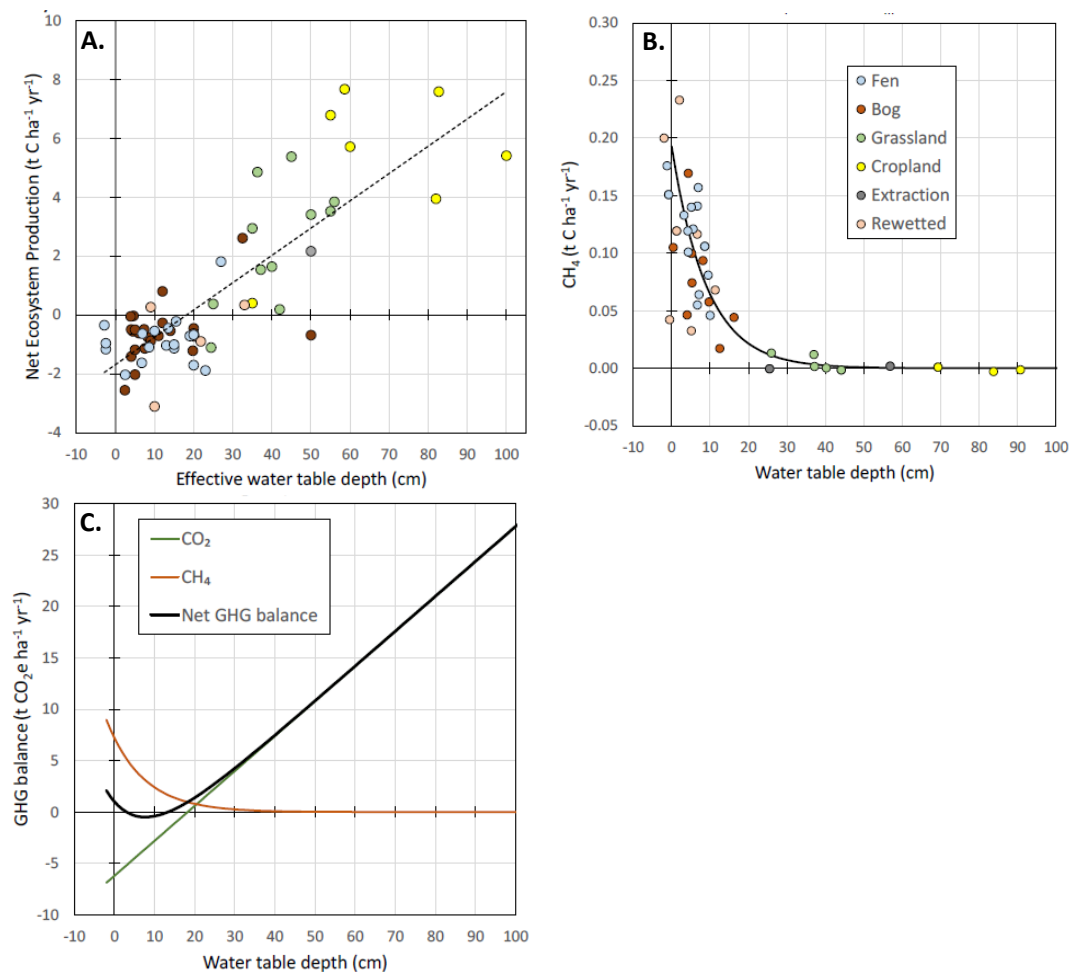
Beheer voor zuivering

In de verkenning van de zuiverende werking is geconstateerd dat in de winter sedimentatie nodig is om P-verwijdering te bereiken. Dat pleit er voor de vegetatie niet - of in ieder geval niet te kort - te oogsten in het najaar ten behoeve van luwte in de waterkolom. Vanuit dit oogpunt is maaien aan het einde van de winter wellicht te prefereren. Dat combineert goed met over laten staan van de vegetatie voor overwinterende fauna, maar lijkt lastig te combineren met maaien buiten het broedseizoen, aangezien dit start op 15 maart. Voor maximale verwijdering van nutriënten in biomassa is echter juist oogst direct na de groeiperiode gewenst, dus aan het begin van de winter (begin oktober).

7.3 Vastlegging en emissie van koolstof

Er is een sterke relatie tussen de grondwaterstand en broeikasgasemissie uit veenbodems. Veenbodems bestaan uit gestapelde plantenresten en zijn ontstaan onder omstandigheden waarbij de aanvoer van plantenresten sneller gaat dan de afbraak hiervan. In de praktijk gebeurt dit in gematigde klimaten vooral als de grondwaterstand aan of vlak bij het maaiveld ligt, wat de beschikbaarheid van zuurstof beperkt. De afbraak van organisch materiaal verloopt dan (veel) trager dan in aanwezigheid van zuurstof. Bij afbraak van organisch materiaal onder zuurstofhoudende omstandigheden wordt organische stof afgebroken tot koolstofdioxide (CO_2), onder zuurstofloze condities vindt afbraak tot methaan (CH_4) plaats. Hoewel de afbraak traag verloopt onder zuurstofloze condities is het klimaateffect hiervan wel relevant, omdat methaan een veel sterkere broeikaswerking heeft dan koolstofdioxide. Het klimaateffect van emissies wordt uitgedrukt in CO_2 -equivalenten ($\text{CO}_2\text{-eq.}$), wat aangeeft hoe sterk de broeikasgaswerking is vergeleken met die van CO_2 . Over een periode van 100 jaar heeft uitstoot van 1 kg methaan net zo'n groot klimaateffect als uitstoot van 28 kg koolstofdioxide, oftewel 1 kg methaan staat gelijk aan 28 $\text{CO}_2\text{-eq.}$ (Myhre, et al., 2013).

De emissie van koolstofdioxide neemt min of meer lineair toe met de diepte van de grondwaterstand onder het maaiveld. Dus hoe hoger de grondwaterstand, hoe lager de CO_2 -emissie. Als de gemiddelde grondwaterstand boven ca. 40 cm -mv komt gaat methaanemissie een rol spelen, en met verder stijgende grondwaterstanden neemt de CH_4 -emissie toe volgens een min of meer exponentiële relatie. Dit leidt er toe dat de totale broeikasgasemissie vanuit een gedraineerde situatie eerst afneemt met stijgende grondwaterstanden, en dan bij grondwaterstand nabij het maaiveld weer toeneemt, zie Figuur (Evans, et al., 2021).



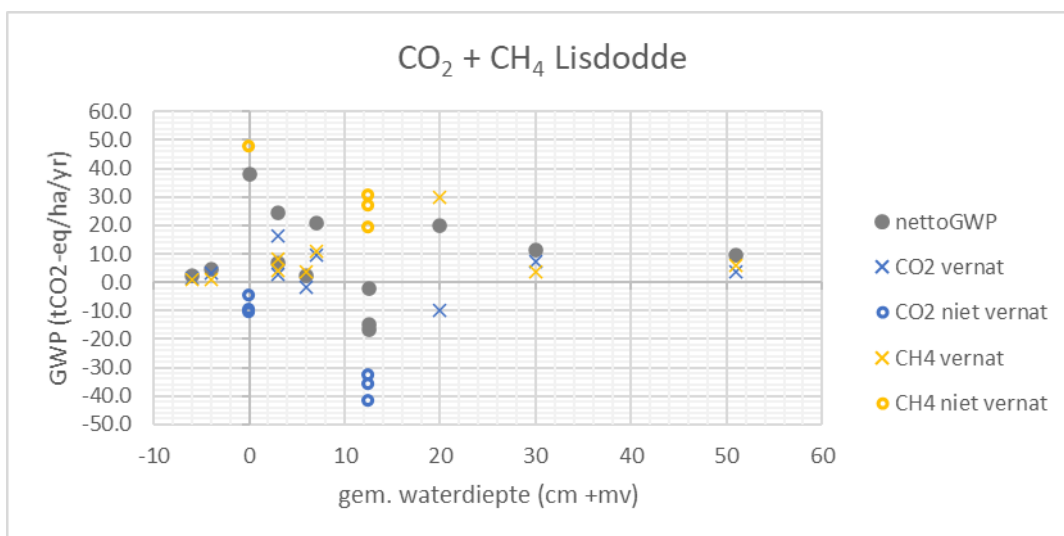
Figuur 7-6. Variatie van uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) met de jaarrondgemiddelde grondwaterstand (uitgedrukt in cm onder maaiveld). A. Voor koolstofdioxide, B. voor methaan, en C de netto emissie (Evans, et al., 2021).

Dit betekent dat omschakelen van op drainage gebaseerde landbouw op veen naar paludicultuur leidt tot vermindering van broeikasgasemissies. Figuur 7-8 geeft een overzicht van de relatie tussen jaarrond gemiddelde grondwaterstand en broeikasgasemissies en plaatst daarin de meest kansrijke gewassen voor paludicultuur (Tanneberger, et al., 2021). De vorm van de emissiecurve in deze figuur wijkt iets af van die in Figuur 7-6 doordat de figuren uit verschillende bronnen komen, die zich baseren op verschillende datasets. Broeikasgasemissies uit veen zijn niet alleen afhankelijk van de grondwaterstand, maar ook van (o.a.) het soort veen, beheer, het weer, nutriëntengehalte en -verhouding, zuurgraad, en concentraties van stoffen die de rol van zuurstof in veenafbraak kunnen overnemen (zoals nitraat en sulfaat). Hierdoor variëren broeikasgasmetingen tussen jaren en locaties.

Hoe groot de broeikasgasemissie van lisdoddeteelt is, is nog onzeker. Individuele jaarbudgetten, dus de netto emissie over een geheel jaar kunnen sterk variëren tussen locaties en binnen locaties ook tussen jaren, zie Figuur 7-7. Vanuit het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (www.nobveenweiden.nl) is vorig jaar één balans voor een

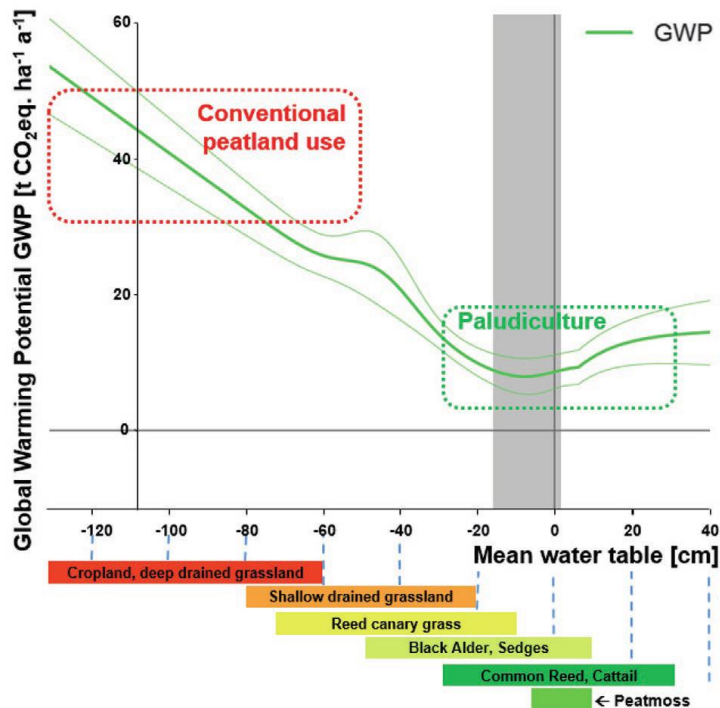


lisdoddeteeltbed in Zegveld beschikbaar gekomen, deze bedroeg ca. 20 tCO₂-eq./ha/jr²¹ (Velde, Buzacott, & Berg, 2021) bij een geschatte waterdiepte van 20 cm. De andere metingen betreffen spontane of aangeplante lisdoddevelden rond meren of op sterk vernatte voormalige polders of voormalige veenaafgravingen. Figuur 7-7 laat geen verband tussen de jaargemiddelde waterdiepte en emissie van CO₂ of CH₄ zien. Ook voor de som van CO₂ en CH₄-emissie is geen verband met de waterdiepte te zien. De totale emissie verschilt niet significant tussen de vernatte en niet-vernate locaties (T-toets, p = 0,278). De gemiddelde totale broeikasgasemissie uit lisdoddevelden bedraagt dan 8,2 tCO₂-eq/ha/jr (± 15,3; n=13). Voor een voorzichtigere, maar niet statistisch onderbouwde, inschatting kan gekeken worden naar de gemiddelde emissie uit vernatte locaties, deze bedraagt 11,9 tCO₂-eq/ha/jr (± 8,6; n = 7).



Figuur 7-7. Overzicht van gepubliceerde netto jaaremissies van CO₂ en CH₄ in velden grote- en kleine lisdodde, uitgesplitst naar vernatte en niet vernatte locaties. Positieve getallen zijn emissies naar de lucht, negatieve emissies zijn opname door de bodem. De totale emissie is weergegeven als nettoGWP. (Günther, Huth, Jurasinski, & Glatzel, 2015; Franz, Koebsch, Larmanou, Augustin, & Sachs, 2016; Bonneville, Strachan, Humphreys, & Roulet, 2008; Strachan, Nugent, Crombie, & Bonneville, 2015; Whiting & Chanton, 2001; Petrescu, et al., 2015; Wilson, et al., 2007; Wilson, et al., 2008; Velde, Buzacott, & Berg, 2021).

²¹ Het rapport is hierover niet eenduidig: in de gedetailleerde beschrijving wordt 20 tCO₂-eq./ha/jr genoemd, maar in de samenvatting staat 25 tCO₂-eq/ha/jr. Hier baseren we ons op de gedetailleerde beschrijving. In het rapport zelf wordt de koolstof in oogst (11 tCO₂-eq/ha/jr) opgeteld bij de emissiemetingen, maar aangezien dat afwijkt van de gerapporteerde getallen in andere studies laten we dat hier achterwege.



Figuur 7-8. Relatie tussen broeikasgasemissie en gewasteelt (Tanneberger, et al., 2021).

Verminderde emissie van broeikasgassen is een ecosysteemdienst die wordt geleverd door het vernatten en aanpassing van het landgebruik. Dit kan voor aanvullend inkomen voor de teler zorgen als deze dienst vergoed wordt. Grofweg kan deze verwaardiging de vorm aannemen van het verhandelen van koolstofcredits, of certificering van 'veenvriendelijke' producten waardoor deze een hogere handelswaarde krijgen, of doordat overheden via subsidies betalen voor de geleverde publieke dienst (Sechi, et al., 2022). Bij het verhandelen van koolstofcredits betaalt een partij die haar/zijn koolstofafdruk wil verkleinen een andere partij om de broeikasgasemissie te verminderen. De emissievermindering wordt gekwantificeerd en verhandeld in de vorm van koolstofcredits. Aan het kwantificeren van emissiereductie door vernatting in graslanden wordt in Nederland gewerkt vanuit het Valuta voor Veen (<https://valutavoorveen.nl>), maar deze methodiek gaat er van uit dat het grasland blijft. In het internationale project Carbon Connects is een breder toepasbare calculator ontwikkeld voor het inschatten van emissievermindering door vernatting in veengebieden, dit is de Site Emission Tool (SET) (Belle & Elferink, 2021). De SET gaat uit van de GEST-database (Couwenberg, Reichelt, & Jurasinski, in prep.) voor koolstofemissies uit de bodem en standaard (Tier 1) IPCC-berekeningen voor emissies uit brandstofgebruik en lachgasemissies. Lachgas (N_2O) is een zeer krachtig broeikasgas (268 CO_2 -eq) dat wordt gestimuleerd door bemesting en veraarding van veen. Tevens kan koolstofopslag in langdurige toepassingen worden meegenomen in de SET, waaronder de toepassing van biomassa als isolatiemateriaal. De achterliggende gedachte is dat koolstof in bouw materiaal gedurende een lange tijd wordt vastgelegd en gedurende die periode uit de atmosfeer is verwijderd. Dat is relevant omdat de Nederlandse economie in 2050 klimaatneutraal moet zijn en om dat doel te halen is het nodig CO_2 uit de atmosfeer te verwijderen (Ros, et al., 2011). Uitgaande van een levensduur van 30 jaar voor huizen, is de

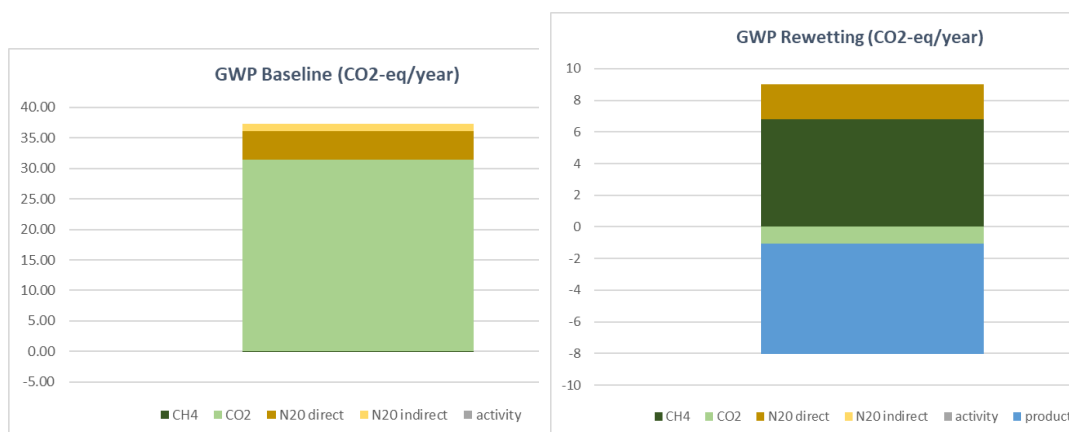


koolstof in biobased bouwmaterialen zoals spouwmuurisolatie van lisdodde ‘geparkeerd’ tot na 2050.

In de Site Emission Tool is de omzetting doorgerekend van een productief, gedraineerd grasland met bemesting van 300 kg N/ha/jaar naar een lisdoddeveld zonder aanvullende bemesting en met een productiviteit van ca. 6 ton ds/ha/jr. De GEST-dataset geeft een gemiddelde koolstofemissie van 5,7 tCO₂-eq/ha/jr voor lisdoddevelden (Couwenberg, Reichelt, & Jurasinski, in prep.). Dat is iets minder dan het gemiddelde van alle locaties in Figuur 7-8 dat is 8,2 tCO₂-eq/ha/jr. Het gemiddelde van de vernatte locaties in Figuur is 11,9 tCO₂-eq/ha/jr (maar er is geen statistisch significant verschil tussen de vernatte en niet-vernate locaties).

Voor de emissiereductie van lisdoddeteelt is naast de emissie uit lisdoddeteelt ook van belang wat de emissie was voordat werd omgeschakeld naar lisdodde. Dat is de emissie uit agrarisch grasland. In de GEST database wordt deze geschat op ca. 31,5 ton CO₂-eq/ha/yr. In Friese en Duitse studies zijn aanzienlijk hogere emissies van 40 – 60 ton CO₂-eq/ha/jr gepubliceerd (Berg, Weideveld, Geurts, & Fritz, 2019; Tiemeyer, et al., 2016). Dus ook hiervoor lijkt het gemiddelde uit de GEST-dataset conservatief ingeschat.

Brandstofgebruik is in de berekening buiten beschouwing gelaten, omdat hier nog te weinig zicht op is. Koolstofvastlegging in biobased spouwmuurisolatie is meegerekend als CO₂-vastlegging, waarbij er van uit is gegaan dat 67% van de geproduceerde droge stof uiteindelijk in de muur beland. Het resultaat staat in Figuur . De vermeden broeikasgasemissie bedraagt in deze berekening ca. 29,4 ton CO₂-eq/ha/jr., daarnaast wordt 7 ton CO₂-eq/ha/jr vastgelegd in biobased bouw materiaal. Om de vermeden emissie conservatief in te schatten, kan uitgegaan worden van de gemiddelde emissie van vernatte locaties, dat is 11,9 tCO₂-eq/ha/jr. Dan neemt de vermeden emissie af tot 23,2 tCO₂-eq/ha/jr. De vermeden emissie plus koolstofvastlegging in bouw materiaal komt in dit rekenvoorbeeld dan uit op ca. 30 ton CO₂-eq/ha/jr. Om dit getal enigszins in perspectief te plaatsen: 30 ton CO₂-eq staat gelijk aan de CO₂-afdruk van 135.000 km autorijden.



Figuur 7-9. Met SET berekende broeikasgasemissie en -vastlegging voor een productief gedraineerd en bemest grasland (links) en voor een ondiep onder water staand lisdoddemoeras (rechts). Merk op dat de y-assen niet gelijk zijn. Voor lachgas (N₂O) wordt onderscheid gemaakt tussen directe emissie in het veld en indirecte emissie door export van stikstof. Activiteit betreft emissie uit verbranding van fossiele brandstoffen, wat in deze berekening niet is meegenomen. Product betreft de koolstofvastlegging in biobased spouwmuurisolatie.

In Nederland verloopt de handel in koolstofcredits via de Stichting Nationale Koolstofmarkt (<https://nationaleco2markt.nl>). De prijs van koolstofcredits wordt bepaald door vraag en aanbod op de nationale, vrijwillige markt. De prijs op deze markt varieert en kan mede afhangen van bijkomende diensten zoals verhoogde natuurwaarde. Op het moment van dit schrijven (maart 2022) zijn de laatste credits voor vernatting in grasland verhandeld voor €75,- per ton CO₂-eq (<https://platformco2neutraal.nl/projecten/lijst/>, d.d. 15 maart '22).

7.4 Conclusie

Lisdoddevelden kunnen nutriënten uit het water verwijderen, mits ze zo worden ingericht dat het oppervlaktewater er doorheen stroomt. Zulke zuiveringsmoerassen zijn beter in staat stikstof te verwijderen dan fosfaat, zodat verwijdering van fosfaat maatgevend is bij inrichtingskeuzes. Fosfaat kan worden verwijderd door plantengroei (gevolgd door oogst) en sedimentatie. Plantengroei is beperkt tot het groeiseizoen, dus tot de zomer, terwijl fosfaat vooral in de winter in het oppervlaktewater terecht komt. 's Winters is zorgt alleen sedimentatie voor fosfaatverwijdering. Daardoor is de fosfaatverwijdering in de winter lager dan in de zomer. Een lisdoddeveld met een omvang van ca. 4% van het landbouwareaal lijkt voldoende groot om 's winters 25 - 30% van de fosfaatemissie te verwijderen; dat lijkt voldoende om KRW-doelen binnen bereik te brengen. Het lisdoddeveld moet dan wel zo worden aangelegd dat al het water uit de poldersloten er doorheen wordt gevoerd. Dat kan in de vorm van een 'zuiverende maalkom' tussen de polder en het gemaal.

Lisdoddevelden kunnen ook leefgebied voor diverse soortgroepen te kunnen bieden. Bij omzetting van grasland naar lisdodde vindt (allicht) een verschuiving op van graslandsoorten naar moerassoorten. Bij de ongewervelden valt vooral de toename van (niet stekende) dansmuggen en libellen op. Afhankelijk van de situatie en het beheer kunnen kansen ontstaan voor een aantal amfibieën, waaronder heikikker. Voor moerasbroedvogels zullen de kansen afhangen van het maaibeheer: kort gemaaide vegetatie is niet/nauwelijks geschikt. Het moment van maaien en hoe dit wordt uitgevoerd bepaalt in grote mate de kansen voor gewervelde fauna.

Vernatting van gedraineerde veenbodems kan de broeikasgasemissie uit deze bodems verminderen. Doordat nog niet veel jaarbudgetten van broeikasgasemissies uit lisdoddevelden beschikbaar zijn, en doordat de beschikbare metingen veel variatie kennen, bestaat er nog aanzienlijke onzekerheid over de emissie uit lisdodde. Op basis van de nu beschikbare metingen lijkt de gemiddelde jaarlijkse broeikasgasemissie ca. 8 – 12 tCO₂-eq/ha/jr te bedragen. Overigens blijkt de emissie uit grasland ook sterk te variëren, zodat ook daar onzekerheden gelden.

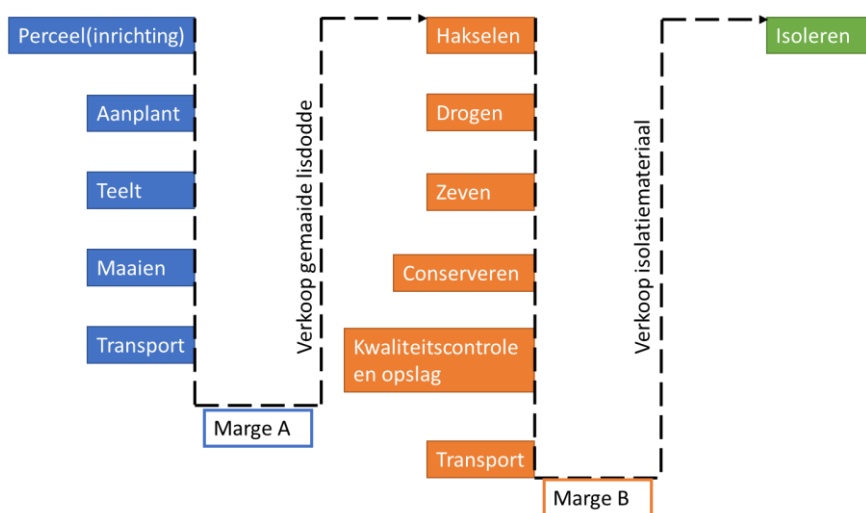


8. Verdienmodel lisdodde voor inblaasisolatie

In Better Wetter Fase 2 is een model opgezet voor het berekenen van het verdienvermogen in de waardeketen van lisdodde ten behoeve van inblaasisolatie. Met dit model kan zicht worden verkregen op de belangrijkste factoren die de economische haalbaarheid van (de waardeketen van) lisdodde teelt voor inblaasisolatie bepalen.

8.1 Verdienmodel

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 bestaat de waardeketen uit de volgende schakels: telen -> maaien -> hakselen -> drogen -> zeven -> conserveren. Deze schakels zijn opgenomen in een verdienmodel, schematisch gepresenteerd in figuur 8.1. Het model is opgebouwd uit kosten en inkomsten uit (A) de primaire productie van lisdodde (links, blauw) en (B) de verwerking van lisdodde tot isolatiemateriaal voor inblaasisolatie (rechts, oranje).



Figuur 8-1. Schematische weergave van het verdienmodel van bij de waardeketen van lisdodde tot isolatiemateriaal.

Bovenstaand model is vertaald naar Excel, zodat kan worden berekend wanneer het verdienmodel gaat werken. Dus in welke situatie de inkomsten hoger zijn dan de kosten, zowel voor de primaire productie (van gemaaide lisdodde), alsook de verwerking daarvan tot isolatiemateriaal.

Er zijn verschillende factoren die de kosten en baten in de waardeketen van lisdodde voor inblaasisolatie bepalen. Deze factoren zijn samengevat in tabel 8-1. Benadrukt wordt dat in het verdienmodel ook inkomsten zijn meegenomen uit (landbouw)subsidies en Carbon Credits. Deze Carbon Credits kunnen, bij vrijwillige vernatting, door agrariërs worden geclaimd voor het verlagen van de emissie van broeikasgassen uit veen als gevolg van deze vernatting. De kosten en opbrengsten worden bepaald door veel factoren en zullen in de praktijk daarom per locatie en per situatie variëren.

Tabel 8-1. Factoren die de kosten en baten in de waardeketen bepalen.

Factor	Onder invloed van
Opbrengst lisdodde gewas (ton ds/ha/j)	Lokale nutriënten beschikbaarheid, water management
Vezel fractie geschikt voor isolatie	Optimalisatie productie proces
Marktprijs lisdodde isolatiemateriaal (ready to use)	Markt (consumenten), beschikbaarheid van concurrerende materialen
Kosten beplanting/stekken	Schaal, mechanisatie innovatie
Onderhoud tijdens groei	Schaal, lokale omstandigheden
Maaikosten	Schaal, lokale omstandigheden, inrichting
Kosten hakselen, drogen, zeven	Optimalisatie productie proces
Kosten perceel, pacht of rente	Lokale omstandigheden, grondmarkt
Carbon Credits die kunnen worden geclaimd (C-eq/ha)	GHG-emissie reductie (vernatting, biomassa productie)
Carbon Credits prijs	Carbon Credit markt (producenten)
Subsidies	Beleid overheden

Hieronder worden de verschillende factoren kort toegelicht in de context van het verdienmodel en vermogen.

Opbrengst lisdodde gewas en vezel fractie geschikt voor isolatie

Deze twee factoren bepalen tezamen de hoeveelheid isolatiemateriaal die een hectare grond per jaar oplevert. De recovery is de fractie van de geoogste en gedroogde lisdodde die wordt teruggewonnen als isolatiemateriaal, dus die voldoet aan de vereiste lengte van tussen 0,5 en 5 cm. In de aanvankelijke praktijk, waarbij lisdodde werd gehakseld en gedroogd in de grasdrogerij, was deze fractie slechts 33%. De fractie 'fines' (deeltjes < 0,5 cm) was groot, ook als gevolg van het 'balen persen'. Met gecontroleerd hakselen, zoals is gedaan tijdens de laatste oogsten (2021/2022), lijkt een recovery van tenminste 2/3 (67%) haalbaar.²²

De productie per hectare varieert, en wordt grotendeels bepaald door de nutriëntenbeschikbaarheid, maar ook door de manier van maaïen. Op de proefvelden binnen Better Wetter varieerde de productie per locatie: tussen 2 en 10 ton drogestof per hectare volgens schattingen van Mettrop (2002), en circa 8 ton per hectare volgens de oogsten in 2019 en 2020 (Tabel 4-1 van dit rapport).

Marktprijs isolatiemateriaal

²² Dit is een verwachting van Bouwgroep Dijkstra Draisma en Studio Tjeerd Veenhoven op basis van de door hen uitgevoerde zeefexperimenten.



Volgens BGDD lijkt een marktprijs voor isolatiemateriaal ('ready to use') van 0,6 tot 0,8 euro per kilogram reëel. Deze prijs is gebaseerd op momentane marktprijzen van concurrerende duurzame isolatiematerialen, met name cellulose, en afhankelijk van (ontwikkelingen) in vraag naar en aanbod van dergelijke materialen.

Kosten voor perceel, inrichting en beheer

De kosten voor perceel, inrichting en beheer zijn sterk locatieafhankelijk. Indien wordt gestreefd naar een hoge productie onder goed gecontroleerde omstandigheden, dan zullen deze kosten hoog zijn in vergelijking met meer natuurlijke vormen van inrichting en beheer. De perceelkosten zijn afhankelijk van (leningen) voor grond(prijzen) of pachtkosten.

Kosten voor aanplant en/of zaaien

Bij aanvang van lisdodde teelt op percelen zullen investeringskosten worden gemaakt voor inzaaien en/of aanplant van lisdodde(stekken). In Better Wetter is geëxperimenteerd met zaaien en poten. Inpoten van wortelstokken in de grond levert snel en gecontroleerd biomassa op, maar is duur: circa 20.000 euro per hectare volgens ervaringen bij andere pilots in Nederland²³ (zie ook hoofdstuk 6). Zaaien is relatief goedkoop, maar daar staat tegenover dat het moeilijk te beheersen is, tenzij de waterstand zeer nauwkeurig kan worden beheerst. Vooralsnog gaan we ervan uit dat de investeringskosten voor inrichting en aanplant op orde grootte 10.000 euro per hectare liggen.

Teeltkosten

Tijdens het groeiseizoen worden kosten gemaakt voor controle, eventuele bijplant en, afhankelijk van locatie en streven, ook voor bemesting. Indien wordt gestreefd naar hoge productie van lisdodde (ton drogestof per hectare), dan is bijmesten, in principe en indien toegestaan, een optie.

Maaikosten

De kosten voor maaien zijn afhankelijk van de schaalgrootte en inrichting van de percelen en de condities ten tijde van maaien. Bij grote percelen zullen de kosten relatief laag zijn, en datzelfde geldt voor maaien wanneer de bodem niet te nat is. Vooralsnog lijken maaikosten van circa 500 euro per hectare reëel, op basis van praktijkervaring van zowel It Fryske Gea als BGDD. Bij de relatief kleine Better Wetter percelen lagen de maaikosten circa tien keer hoger.²⁴ Echter, de Better Wetter proefvelden zijn klein: allemaal kleiner dan 0,3 hectare. Daardoor werden de maaikosten in grote mate bepaald door de aanrijdkosten van het materieel. Die zijn bij de Better Wetter proefpercelen onevenredig hoog in vergelijking met praktijksituaties van enkele of vele hectaren.

²³ In het IPV werd ongeveer 3.000 m²/dag ingepoot met 2 – 3 personen en een aangepaste aardbeienplanter = 3 dagen * 8 uur * 2,5 persoon * €35 p uur * 1,21 btw = €2.541 + afschrijving machine + inrichting waterbeheer ~ €7.300 /ha (v.d. Riet et al. 2014) + 10.000 planten à €1,- (stelpost) = ca. €20.000.

²⁴ Berekend uit tabel 4-1.

Kosten voor hakselen, drogen, zeven en conserveren

Tijdens dit Better Wetter Veenmarktplaats project is gewerkt aan het gecontroleerd hakselen en duurzaam drogen van de gemaaide lisdodde (hoofdstuk 5). Aangetoond is dat het niet nodig is om te drogen bij hoge temperaturen om tenminste 90% drogestof te bereiken. Dit kan ook worden bereikt via drogen aan de lucht (paragraaf 5.2). De vraag is dan nog wel of de lisdodde een hittestap nodig heeft om biologische groei, bijvoorbeeld van schimmels, tegen te gaan. Vooralsnog zijn daarvoor geen aanwijzingen (paragraaf 5.3).

In de situatie van gecontroleerd hakselen, en duurzaam drogen (restwarmte of aan de lucht), worden de kosten van hakselen, drogen, zeven en conserveren geschat op 0,20 tot 0,30 euro per kilogram isolatiemateriaal.²⁵

Kosten voor kwaliteitscontrole, opslag en transport

Om de kwaliteit van het isolatiemateriaal te garanderen zullen kosten verbonden zijn aan kwaliteitscontrole. De kosten voor opslag en transport worden situationeel bepaald. In verhouding tot de andere kosten zullen de kosten voor kwaliteitscontrole, opslag en transport vermoedelijk beperkt zijn, ordegrrootte 0,10 euro per kilogram isolatiemateriaal.

Inkomsten uit Carbon Credits

Indien vrijwillige hogere waterstanden worden toegepast, dus niet verplicht door de overheid, kunnen in principe inkomsten worden gegenereerd door de verkoop van koolstofcertificaten op de vrijwillige koolstofmarkt. Via de website Emissions Tool (SET, een VHL model waarmee de besparing op GHG emissies door vernatting en productie natte teelten kan worden berekend)²⁶ is in paragraaf 7.3 berekend dat de GHG emissiereductie door vernatting (tot vlak onder maaiveld) circa 23 ton CO₂-eq per hectare per jaar bedraagt. Bovendien wordt bij de productie van lisdodde CO₂ ingevangen in de plant. Indien lisdodde wordt toegepast als isolatiemateriaal kan CO₂ invang waarschijnlijk ook worden meegerekend, omdat de koolstof uit de korte keten wordt gehaald. Deze bedraagt volgens modelberekeningen met de Site Emission Tool circa 7 ton CO₂-eq per hectare, zie paragraaf 7.3. De prijs voor Carbon Credits is afhankelijk van vraag en aanbod, een prijs van circa 75 euro per ton CO₂-eq is reëel op dit moment (maart 2022).²⁷

Inkomsten uit subsidies

Op de teelt van lisdodde kan landbouwsubsidie worden ontvangen via het GLB, ordegrrootte 250 euro per hectare²⁸.

²⁵ Schatting op basis van ervaringscijfers Better Wetter, met name Studio Tjeerd Veenhoven en Bouwgroep Dijkstra Draisma.

²⁶ Meer info over de SET: <https://sites.google.com/view/c-toolbox/components-of-the-toolbox/peatland-monitoring#h.302vgebps5h8>. Download: <https://www.nweurope.eu/media/12210/set.xlsm>

²⁷ <https://platformco2neutraal.nl/projecten/lijsst/>. Geraadpleegd op 3 mei 2022

²⁸ Conform waarde betalingsrecht in 2021 (€ 259,73): <https://www.rvo.nl/onderwerpen/gemeenschappelijk-landbouwbeleid/2022-en-2023>



8.2 Kosten en baten in scenario's

De kosten en baten in het verdienmodel van lisdodde teelt voor de productie van isolatiemateriaal (inblaasisolatie) variëren, afhankelijk van de situatie en locatie. Hieronder rekenen we een aantal scenario's door, met verschillende uitgangspunten voor (1) de opbrengst van lisdodde per hectare en (2) de in marktprijs voor het isolatiemateriaal.

- Scenario A: opbrengst lisdodde 8 ton ds/ha, verkoopprijs isolatiemateriaal € 0.80 per kg
- Scenario B: opbrengst lisdodde 6 ton ds/ha, verkoopprijs isolatiemateriaal € 0.70 per kg
- Scenario C: opbrengst lisdodde 4 ton ds/ha, verkoopprijs isolatiemateriaal € 0.80 per kg

De overige uitgangspunten:

- Kosten voor land: 550 euro per hectare per jaar (pacht of rente).²⁹
- Investeringskosten voor perceelinrichting, waterbeheer en aanplant: 10.000 euro per hectare, afschrijving in 20 jaar.³⁰
- Teeltkosten: 100 euro per hectare per jaar.³¹
- Maaikosten: 500 euro per hectare per jaar.³²
- Kosten voor hakselen, drogen, zeven, conserveren: 0,25 euro per kilogram isolatiemateriaal.³³
- Recovery (fractie na zeven geschikt voor isolatiemateriaal): 67%.³⁴
- Kosten voor kwaliteitscontrole, opslag en transport: 0,10 euro per kilogram isolatiemateriaal.³⁵
- Emissiereductie GHG door vernatting: 23 ton CO₂-eq./ha/j.³⁶
- Invang CO₂ in lisdodde: 1,8 ton CO₂-eq. per ton drogestof.³⁷
- Carbon Credit prijs: 75 euro per ton CO₂-eq.³⁸

De kosten en baten in deze scenario's zijn berekend met het eerder genoemde Excelmodel. De uitkomsten zijn schematisch weergegeven in de Figuur 8-2, 8-3 en 8-4.

Uit de scenarioberekeningen blijkt:

- Scenario A: indien de lisdoddeproductie circa 8 ton drogestof per hectare bedraagt en de verkoopprijs van het isolatiemateriaal 0,80 euro per kilogram, dan bedraagt de marge 3805 euro per hectare per jaar over de totale keten (primaire productie + verwerking). De potentiële inkomsten uit Carbon Credits bedragen bij deze modelberekening 2580 euro per hectare per jaar, d.w.z. het totaal aan credits uit vernatting (minder broeikasgassen uit veen) en vastlegging van koolstof in lisdodde.
- Scenario B: bij een productie van 6 ton drogestof per hectare en 0,70 euro per kilogram drogestof, zijn de kosten en baten in balans. Er is geen ruimte voor marge, indien geen

²⁹ Afgeleid van regionormen RVO Noordelijk veenweidegebied 2021 (€ 514,- per hectare):

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/06/Regionormen-en-veranderpercentages-2020-en-2021.pdf>.

³⁰ Aanname waarbij ervan wordt uitgegaan dat de (investerings)kosten voor inpoten beperkt blijven tot maximaal 8.000 euro per hectare (zie ook hoofdstuk 6) + 2.000 euro per hectare inrichtingskosten (investering).

³¹ Aanname 100 euro per hectare per jaar voor controle en onderhoud. Geen bemesting.

³² Aanname gebaseerd op ervaring Bouwgroep Dijkstra Draisma m.b.t. rietmaaien van 2 hectare.

³³ Zie voetnoot 25.

³⁴ Zie voetnoot 22.

³⁵ Aanname, ter verificatie.

³⁶ Aanname: 50% van biomassa ds is koolstof (C). 1 ton C komt overeen met 44/12 ton CO₂

³⁷ Afgeleid van uitkomsten SET, zie paragraaf 7.3 van dit rapport.

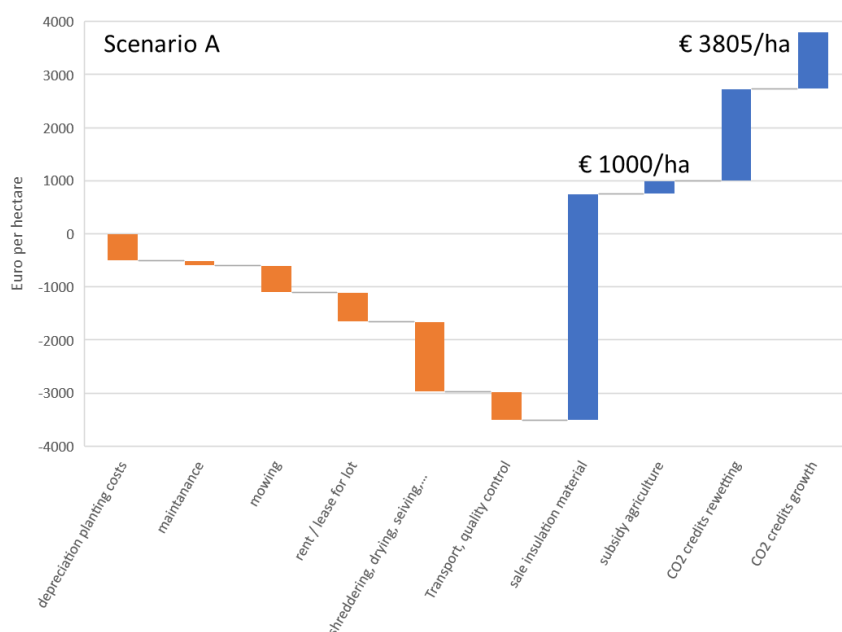
³⁸ <https://platformco2neutraal.nl/projecten/lijs/> (maart 2022)

inkomsten worden gegenereerd uit Carbon Credits. De potentiële inkomsten uit Carbon Credits bedragen bij deze modelberekening 2535 euro per hectare per jaar.

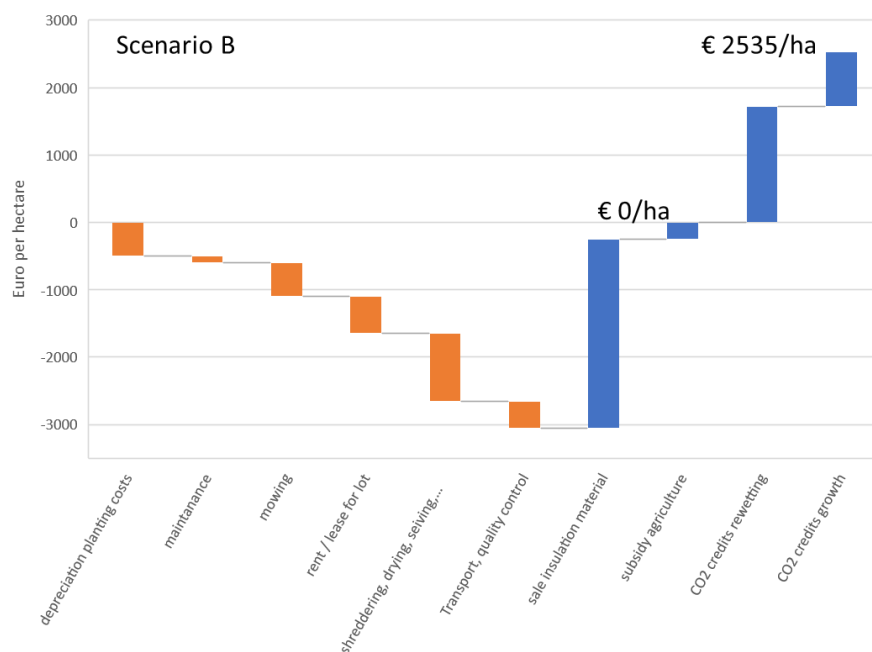
- Scenario C: bij lagere productie kan, bij de gekozen uitgangspunten (!), alleen marge of netto inkomsten worden gecreëerd indien inkomsten worden gegenereerd uit ecosysteemdiensten, in dit geval de verwaarding van lagere GHG emissie uit de veenbodem en het vastleggen van koolstof tijdens lisdoddeteelt. Bij een productie van 4 ton drogestof per hectare per jaar kan door de verkoop van koolstofkredieten toch een netto opbrengst/marge worden gegenereerd van 2065 euro per hectare per jaar.

Benadrukt wordt dat de uitkomsten van deze scenarioberekeningen (ruimte voor marge, netto opbrengsten) worden bepaald door de vele factoren (hierboven beschreven) en de aannames die daarvoor zijn gedaan. Andere input (aannames) levert ander output (resultaten). De economische haalbaarheid van lisdoddeteelt voor isolatiemateriaal zal daarom per situatie en per locatie verschillen. Dat gezegd hebbende kan worden gesteld dat, voor een werkend verdienmodel, er waarschijnlijk inkomsten moeten worden gegenereerd uit zowel verkoop van (grondstof voor) isolatiemateriaal als uit (verwaarding van) ecosysteemdiensten. Dit is in lijn met bevindingen elders (Jong M. d., 2021).

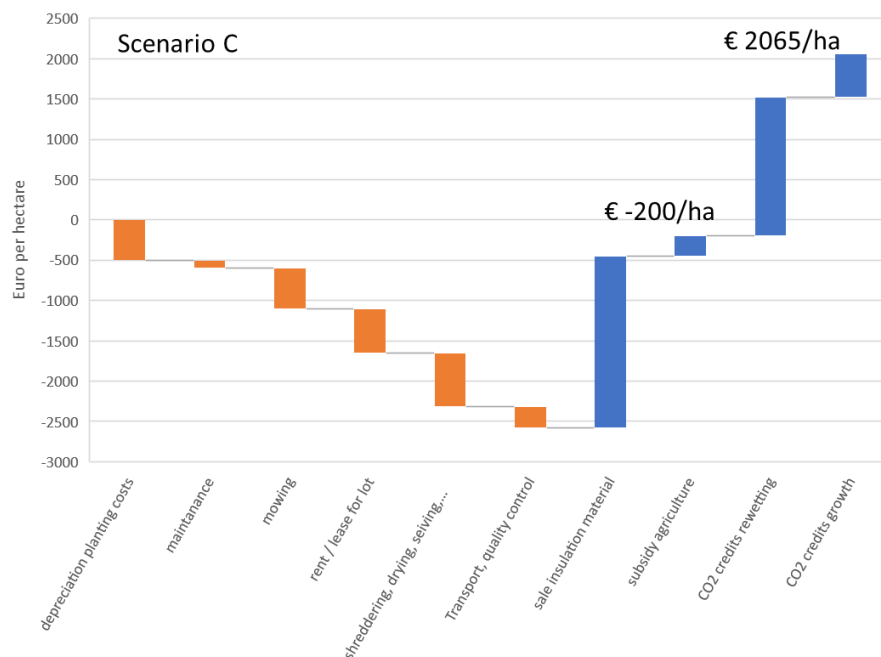
Alleen indien de productie van lisdodde en ook de verkoopprijs van isolatiemateriaal relatief hoog is (meer dan 7 ton drogestof per hectare en een verkoopprijs van tenminste 0,80 euro per kilogram isolatiemateriaal) vervalt de noodzaak voor inkomsten uit ecosysteemdiensten om marge te creëren.



Figuur 8-2. Berekende kosten en baten in de situatie van 8 ton ds/ha.jaar productie en een verkoopprijs van € 0.80 per kg isolatiemateriaal (ready to use). Overige uitgangspunten: zie tekst.



Figuur 8-3. Berekende kosten en baten in de situatie van 6 ton ds/ha.jaar productie en een verkoopprijs van € 0.70 per kg isolatiemateriaal (ready to use). Overige uitgangspunten: zie tekst.



Figuur 8-4. Berekende kosten en baten in de situatie van 4 ton ds/ha.jaar productie en een verkoopprijs van € 0.80 per kg isolatiemateriaal (ready to use). Overige uitgangspunten: zie tekst.

8.3 Mogelijke inkomsten uit andere producten lisdodde

Bij de bovenstaande scenarioberekeningen is ervan uitgegaan dat alleen inkomen wordt gegenereerd door de verkoop van isolatiemateriaal, eventueel gecombineerd met inkomsten uit het vastleggen van CO₂ als ecosysteemdienst. Zoals gezegd is een deel van de lisdoddevezels (grofweg 33%) te fijn voor toepassing als isolatiemateriaal. Deze 'fines' kunnen worden ingezet als bodemverbeteraar (Song, 2020). Hieraan zijn vooralsnog geen inkomsten toegekend. Mogelijk dat hier (in de toekomst) wel (beperkte) inkomsten aan kunnen worden toegerekend. Dat geldt mogelijk ook voor andere reststromen, dat wil zeggen onderdelen van de lisdoddeplant die niet geschikt zijn voor inblaasisolatie, bijvoorbeeld pluï (als basis voor betoncomposiet) en de grotere vezelfracties voor plaatmateriaal (Suidman, 2022). Hoewel nu niet meegenomen in de kosten en batenberekeningen, kunnen deze stromen in de toekomst wel worden geïntegreerd in het verdienmodel en mogelijk aanvullende inkomsten genereren.

8.4 Evaluatie: kansen en risico's

De scenarioberekeningen tonen aan dat de teelt van lisdodde en verwerking daarvan tot isolatiemateriaal rendabel kan zijn indien er voldoende kan worden gegenereerd uit de verkoop van isolatiemateriaal en/of ecosysteemdiensten zoals het vasthouden en vastleggen van CO₂. We willen hierbij twee belangrijke kanttekeningen maken.

Ten eerste: de lisdodde-opbrengst (ton drogestof per hectare) is afhankelijk van meerdere factoren, o.a. nutriëntenbeschikbaarheid, waterbeheersing en de manier van teelt-initiatie (zaaien, aanplant van stekken of wortelstokken). Deze factoren kunnen per locatie verschillen en kunnen bovendien variëren in de tijd. Bijvoorbeeld: de nutriëntenbeschikbaarheid kan relatief hoog zijn indien de toplaag niet is verschaald of afgegraven, of wanneer er sprake is van klei op veen. Echter, na verloop van tijd zal de nutriëntenbeschikbaarheid afnemen en limiterend worden voor de opbrengst, tenzij de lisdodde voldoende nutriënten kan opnemen uit bijvoorbeeld oppervlaktewater of bemesting. Bovendien zal bij 'nieuwe locaties', daar waar lisdodde wordt gezaaid of aangeplant, de opbrengst in de eerste paar seizoenen relatief laag zijn. Het kost enige tijd voordat de productie op maximaal niveau is (Mettrop, 2022).

Ten tweede: het hierboven beschreven verdienmodel gaat over het genereren van een cashflow. Indien veenweidegrond wordt vernat kan dat mogelijk gevolgen hebben voor de grondprijs, en dus voor de waarde van onroerend goed. Onduidelijk is of, en zo ja in welke mate grond moet worden afgewaardeerd. Dit is voor grondeigenaren een mogelijk risico, dat niet is meegenomen in ons model van de waardeketen en het verdienmodel. Het is daarentegen wel een wel een belangrijk punt van aandacht bij verdergaande vernatting van veenweiden in de praktijk.



9. Cranberryteelt in veenmos

In het voorjaar van 2020 is een proef opgestart met de teelt van cranberry in veenmosvegetatie. De achterliggende gedachte hierbij is dat cranberryteelt op veenbodems kansrijk lijkt omdat hiervoor reeds een markt bestaat, maar moeilijk rendabel is te krijgen vanwege te hoge onkruiddruk (Buijs, 2017). Veenmos daarentegen blijkt goed te groeien in het Bûtefjild (Mettrop, 2022) en kan daarbij koolstof vastleggen (Wilson, Muller, & Renou-Wilson, Carbon emissions and removals from Irish peatlands: present trends and future mitigation measures., 2013; Couwenberg, Reichelt, & Jurasinski, in prep.) maar het rendabele toepassing van veenmos als grondstof voor marktproducten lijkt complex. Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) groeit van nature in veenmosvegetaties in N-Amerika en van veenmos is bekend dat het goed in staat is andere planten te onderdrukken (Breemen, 1995). Deze teeltproef richt zich op de ontwikkeling van een teeltmodel dat de koolstofvastlegging en onkruidonderdrukking van veenmosteelt combineert met het aantrekkelijke marktperspectief van Cranberryteelt. In dit hoofdstuk worden de resultaten tot nog toe beschreven.

9.1 Proefopzet

De proef is ingezet op een teeltbed dat werd aangelegd in de zomer van 2017, tegelijk met het proefveld voor veenmosteelt. Zie Mettrop (2022) voor details. Dit teeltbed was oorspronkelijk bedoeld als tweede teeltbed voor veenmosteelt, maar door beperkte beschikbaarheid van veenmos kon het hiervoor niet worden ingericht. Vanaf de inrichting tot en met februari 2021 is geen beheer uitgevoerd op en rond het teeltbed. Hierdoor is het teeltbed begroeid geraakt met spontaan gevestigde soorten.

De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt: “In hoeverre kan veenmos de onkruiddruk in cranberryteelt verlagen en hoeveel veenmos moet hiervoor initieel worden aangebracht?” De bijbehorende deelvragen zijn:

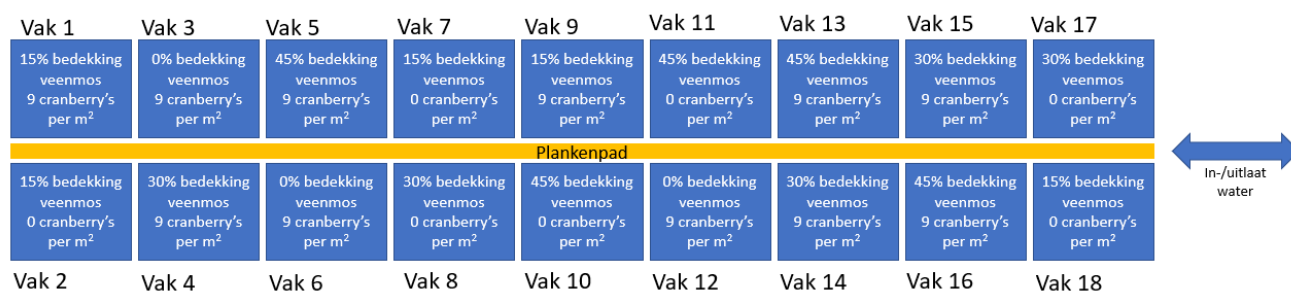
1. Hoe varieert de ontwikkeling van veenmosbedekking met de initieel aangebrachte hoeveelheid veenmos?
2. Wat is de relatie tussen veenmosbedekking en onkruiddruk?
3. Wat is de relatie tussen veenmosbedekking, onkruiddruk en ontwikkeling van cranberries?

Vanaf maart 2020 is de inrichting van het teeltbed uitgevoerd. De inrichting en nul-monitoring van de teeltbedden is in detail beschreven in twee studentenrapporten (Smeenk, 2020; Jong S. d., 2021). Voorafgaand aan de werkzaamheden is in maart 2020 de bestaande (spontane) begroeiing kort afgemaaid met behulp van bosmaaiers. Vervolgens is veenmos verzameld in het Ottema-Wiersma Reservaat, waarbij niet is geselecteerd op soort. Hierdoor is een wisselend mengsel van (vooral) fraai- of slank veenmos (*Sphagnum fallax* of *flexuosum*, niet nader gedetermineerd), gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*) en haakveenmos (*Sphagnum squarrosum*) aangebracht in het teeltbed. Vanaf april 2020 is de aanplant van cranberryplanten gestart. Doordat in Nederland toen de eerste corona-lockdown van kracht was is de aanplant van cranberries in twee delen uitgevoerd: vak 11 t/m 18 (Figuur 9-1) zijn ingeplant in april/mei 2020, waarna vak 1 t/m 10 werd ingeplant in november/december 2020. Vak 1 t/m 10 zijn kort afgemaaid in oktober/november 2020, voorafgaand aan het inplanten van cranberries.

De proef is opgezet als een volledig factorieel experiment. Tabel 9-1 geeft een overzicht van de behandelingen, figuur 9-1 geeft een overzicht van de indeling van het teeltbed.

Tabel 9-1. Behandelingen in het teeltextperiment met veenmos en cranberry.

Initiële bedekking veenmos	geen cranberries (in duplo)	9 cranberries /m ² (in triplo)	Vakken (zie Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.)
0%	-	X	3, 6, 12
15%	X	X	1, 2, 7, 9, 18
30%	X	X	4, 8, 14, 15, 17
45%	X	X	5, 10, 11, 13, 16

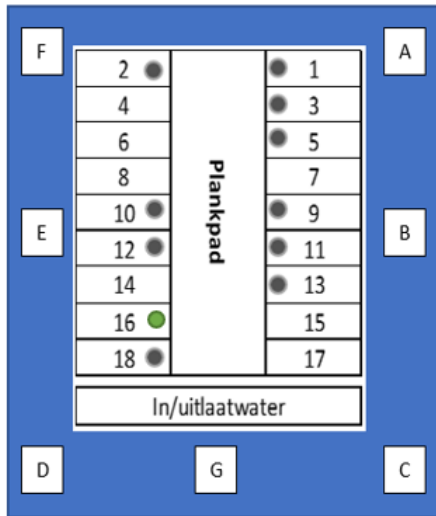


Figuur 9-1. Verdeling van de behandelingen over het teeltbed. Het teeltbed is rondom omgeven door een sloot met één in-/uitlaat met een regelbare stuw.

9.2 Methode

Details van de gehanteerde methoden zijn beschreven in het afstudeerrapport van Van Beem (2021). De groeicondities werden bepaald door gedurende het groeiseizoen regelmatig grond- en oppervlaktewaterstanden te meten, pH, EGV en (incidenteel) gehalten van macro-ionen en nutriënten te bepalen in grond- en oppervlaktewater en porievocht in de toplaag van de bodem. Figuur 9-2 toont de ligging van de monsternamenpunten in het teeltbed.

Ontwikkeling van het veenmos werd bepaald door in september 2021 de totale veenmosbedekking per vak te schatten. Ontwikkeling van de cranberryplanten werd bepaald door het aantal *runners* (liggende scheuten) en *uprights* (opgaande scheuten) van enkele gemarkeerde planten te meten. Ontwikkeling van de overige vegetatie werd bepaald middels vegetatie-opnamen van 1 x 1 m² in elk vak; dit werd uitgevoerd op 27 augustus 2021.



Figuur 9-2. Ligging van de monsternamenpunten in het teeltbed. De cijfers zijn de vakken, A t/m G zijn de monsterpunten voor oppervlaktewater, de grijze punten geven aan waar potvallen zijn geplaatst en porievocht is bemonsterd, bij de groene stip zijn alleen porievochtmonsters genomen (Beem, 2021).

De herkomst van het water is ingeschat middels een IR/EGV diagram (Wirdum, 1991), waarbij de referentiemonsters van Van Wirdum zijn gebruikt. Hierbij is de IR uitgerekend als

$$IR = (2 * [Ca^{2+}]) / (2 * [Ca^{2+}] + [Cl^-]) \quad (1)$$

Uitgaande van concentraties in mmol/l.

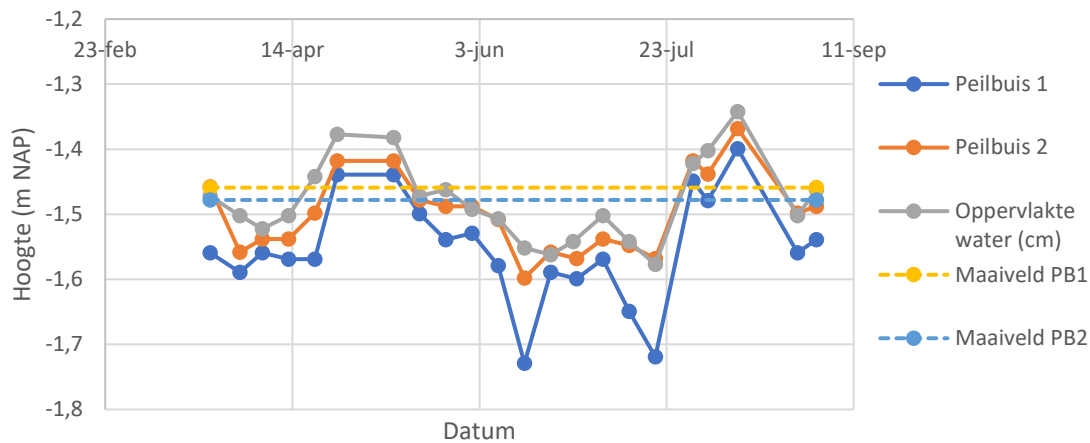
Het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond pH-metingen is berekend op basis van de concentratie H^+ als mol/l middels de formule

$$CI = \text{gemiddelde}(H^+) \pm 1,96 * SD(H^+) / \sqrt{n} \quad (2)$$

Waarbij CI is het 95% betrouwbaarheidsinterval, (H^+) is de concentratie H^+ -ionen, SD is de standaarddeviatie, en n is het aantal waarnemingen.

9.3 Resultaten

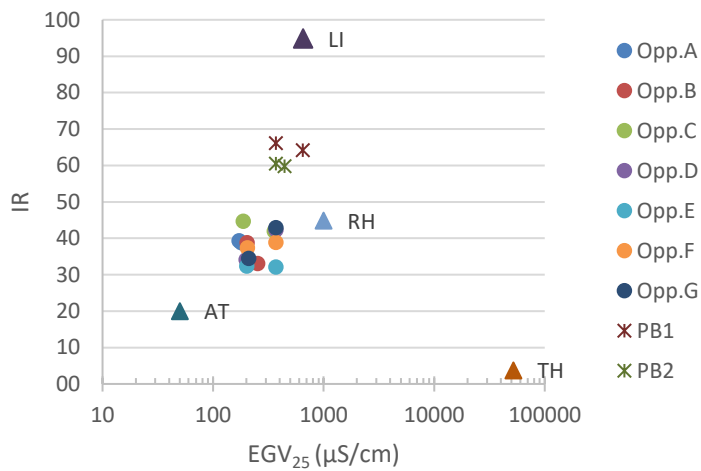
Figuur 9-3 geeft het verloop van waterstanden en de ontwikkeling van bodem-pH in de teeltbedden weer. Van half april tot half mei stond het teeltbed enkele cm's onder water doordat onvoldoende water afgelaten kon worden. In reactie hierop is een waterpomp met flotter geplaatst, maar door storing hierin stond het teeltbed in de eerste helft van augustus opnieuw ondiep onder water.



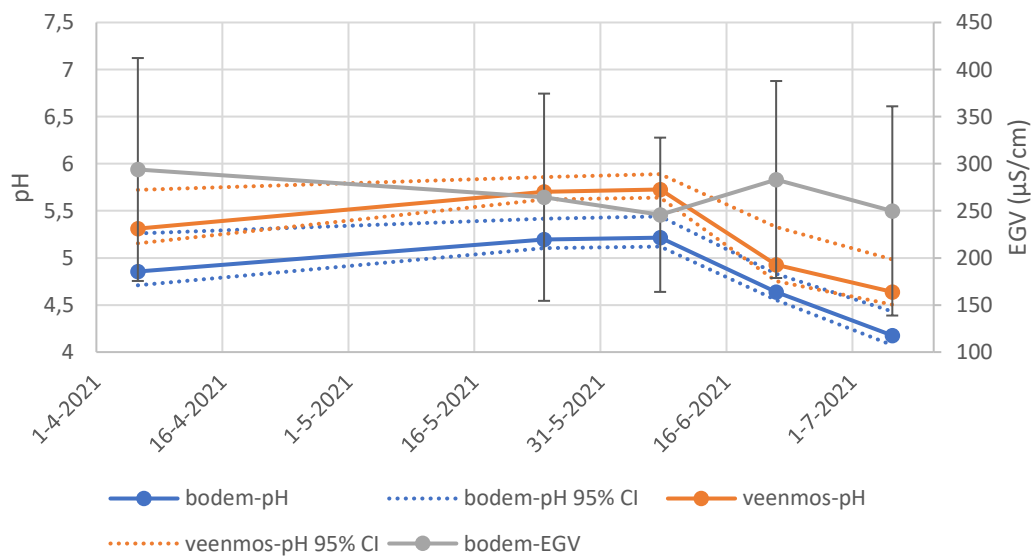
Figuur 9-3. Verloop van grond- en oppervlaktewaterstanden in het voorjaar en de zomer van 2020, afgezet tegen de maaiveldhoogte bij de beide peilbuizen (Beem, 2021).

Figuur 9-4 vergelijkt de samenstelling van in de loop van 2020 genomen grond- en oppervlaktewatermonsters met referentiewaarden voor gerijpt grondwater (LI), regenwater (AT), zeewater (TH) en vervuild rivierwater (RH). Het grondwater in beide peilbuizen blijkt een zwak grondwaterkarakter te hebben, wat duidt op herkomst uit een (zeer) klein hydrologisch systeem. Hierbij heeft pb1 (de westelijke peilbuis) een iets sterker grondwaterkarakter dan pb2. De oppervlaktewatermonsters hebben allemaal een overheersende invloed van regenwater, hoewel ze onderling iets verschillen.

Figuur 9-5 geeft de ontwikkeling van de pH en het geleidingsvermogen (EGV) weer in de toplaag van de bodem en de pH van vocht onderin het veenmos. Deze metingen zijn niet verricht tijdens de inundatie tussen half april en half mei, en de meetreeks eindigt voor de inundatie in de eerste helft van augustus. De EGV varieert tussen de vakken, maar de gemiddelde waarde ligt rond 250 – 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, wat duidt op regenwatergedomineerde omstandigheden met zeer lichte aanrijking met ionen. De pH van bodemvocht lag na afloop van de voorjaarsinundatie tussen 5,1 en 5,4 en nam vervolgens af tot 4,1 tot 4,4. De pH onderin de veenmoslaag ligt structureel iets hoger, maar neemt eveneens af (van 5,6 – 5,9 naar 4,5 – 5,0).

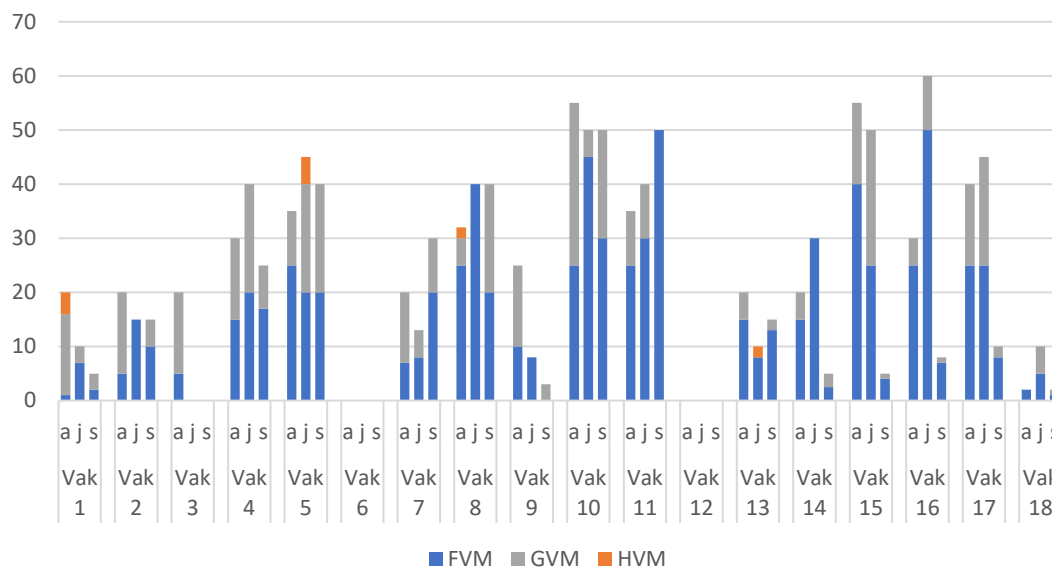


Figuur 9-4. Vergelijking van het grond- en oppervlaktewater met referentiemonsters voor gerijpt grondwater (LI), regenwater (AT), zeewater (TH) en vervuild rivierwater (RH).



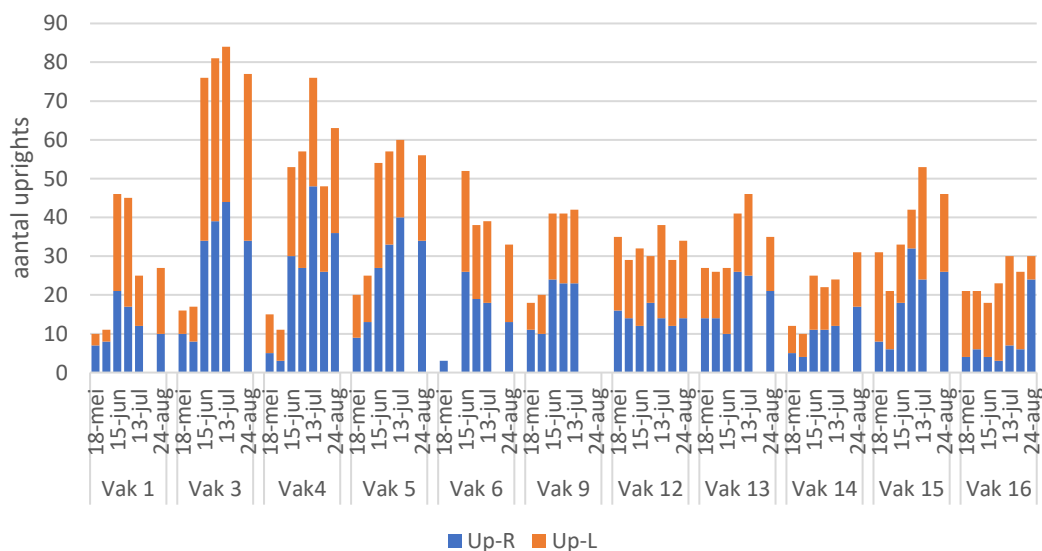
Figuur 9-5. Ontwikkeling van de pH en het geleidingsvermogen van porievocht in de bodem (bodem-pH, resp. bodem-EGV) en onderin het veenmos (veenmos-pH) gedurende het seizoen. Stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de pH-waarden aan, foutbalken geven de variatie in EGV-metingen weer.

Figuur 9-6 geeft de ontwikkeling van de veenmosbedekking per vak en per soort weer. Fraai- of slank veenmos komt het meest voor, naast gewoon veenmos; haakveenmos komt weinig voor. In de meeste vakken is de totale bedekking van veenmossen in september lager dan in april, maar bij vak 14 t/m 18 blijkt de daling vooral opgetreden tussen juli en september.

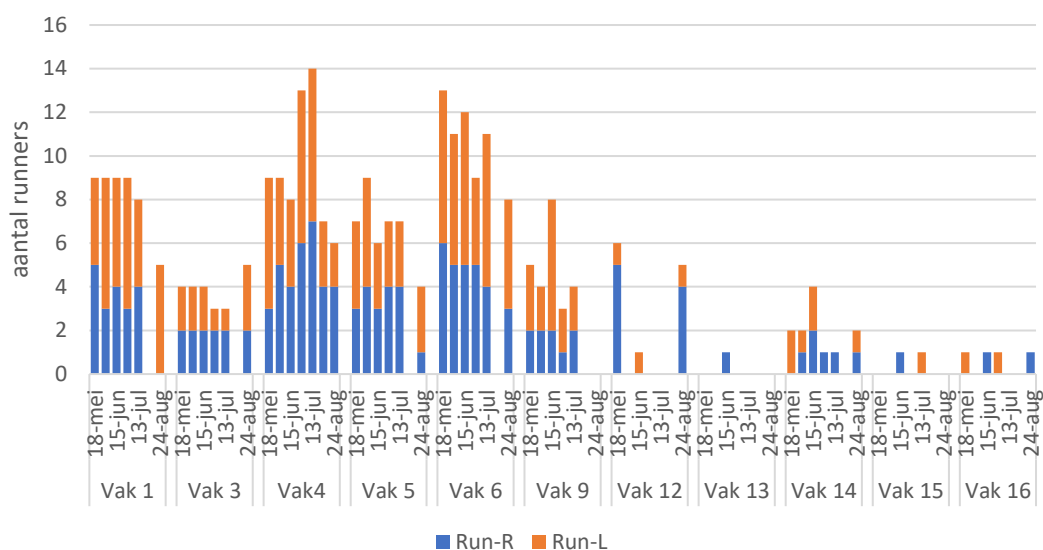


Figuur 9-6. Ontwikkeling van de veenmosbedekking in 2021, per vak en per soort. Zie Figuur 4 voor ligging van de vakken; FVM = fraai- of slank veenmos, GVM = gewoon veenmos, HVM = haakveenmos; a = april, j = juli, s = september. In de vakken 3, 6 en 12 is geen veenmos aangebracht bij de inrichting.

De ontwikkeling van de cranberryplanten is te zien in Figuur 9-7 en Figuur 9-8, waarin de ontwikkeling van het aantal verticale scheuten (uprights), respectievelijk horizontale scheuten (runners) is weergegeven op 18 mei, 2 juni, 15 juni, 30 juni, 13 juli, 12 augustus en 24 augustus. Op 12 augustus zijn niet alle vakken geïnventariseerd, op 24 augustus is vak 9 niet geïnventariseerd.



Figuur 9-7. Ontwikkeling van het aantal uprights per vak (2 planten) over het groeiseizoen 2021, per vak. Per vak zijn twee planten gevolgd. Alleen vakken waar cranberry is aangeplant zijn weergegeven.

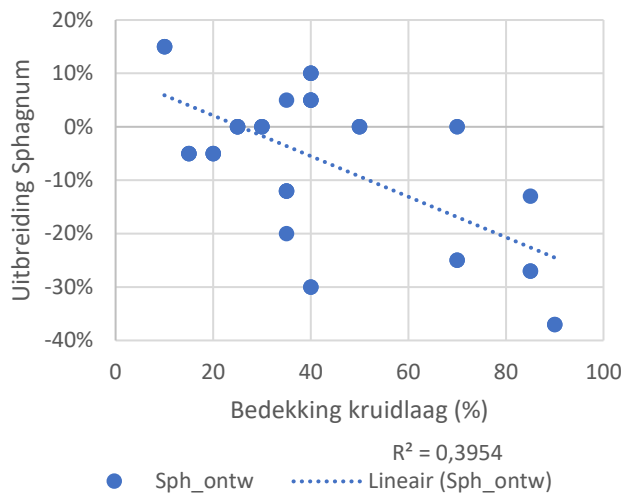


Figuur 9-8. Ontwikkeling van het aantal runners per vak (2 planten) over het groeiseizoen. Per vak zijn twee planten gevolgd. Alleen vakken waar cranberry is aangeplant zijn weergegeven.

9.4 Analyse en interpretatie

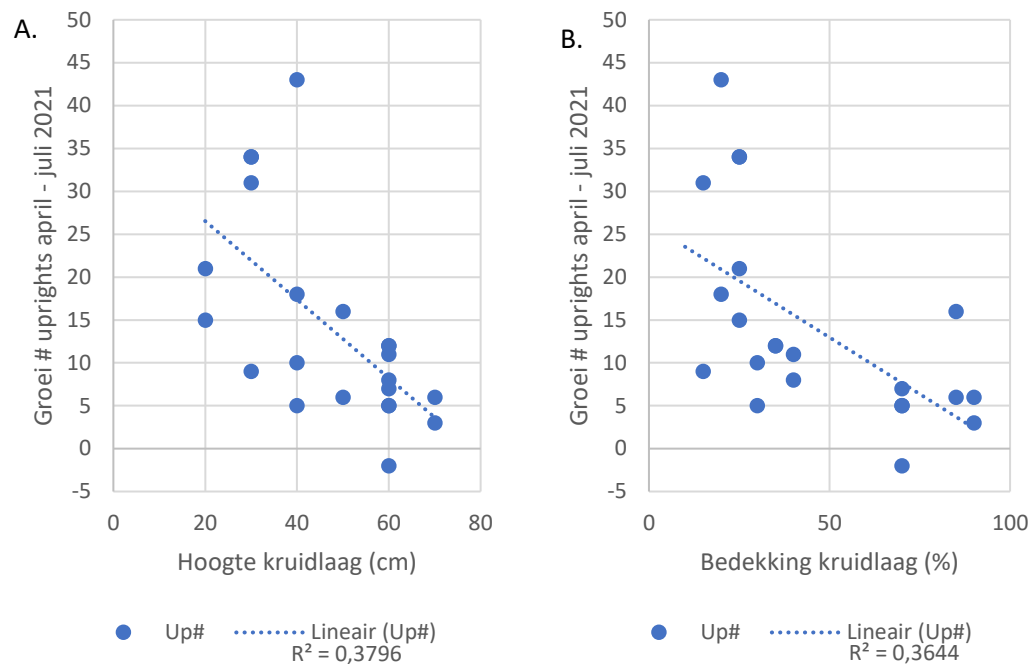
De abiotische groeiomstandigheden in het teeltbed zijn redelijk gunstig voor veenmossen en daarmee vermoedelijk ook voor cranberries. De grondwaterstanden zakken zelden dieper weg dan 15 cm -mv, de EGV en IR duiden op mineralenarm water met overheersende invloed van regenwater in de ringsloot en in porievocht in het teeltbed. Daar staat tegenover dat het teeltbed tweemaal enkele weken geïnundeerd was doordat de inrichting te weinig mogelijkheid bood water af te laten in natte periodes.

De pH in porievocht onder het veenmos is hoger dan dat in de veenbodem, wat er op duidt dat de veenmossen (nog) niet zo hard groeien dat ze hun omgeving actief verzuren. Dit wordt bevestigd door de ontwikkeling van veenmosbedekking per vak. Dit laat een gevarieerd beeld zien, maar een opvallend groot aantal vakken laat afname van veenmosbedekking zien tussen juli en september 2021. Vergeleken met de in 2020 aangebrachte veenmosbedekking laten veel vakken een achteruitgang zien. Figuur 9-9 zet het verschil tussen aangebrachte veenmosbedekking en die in september 2021 zien en vergelijkt deze met de bedekking van de kruidlaag. De kruidlaag is vanuit het perspectief van cranberryteelt het onkruid, hoewel de vegetatie in het teeltbed enige ecologische waarde vertegenwoordigt, met een groot aandeel paddenrus (*Juncus subnodulosus*). Er lijkt een negatief verband aanwezig tussen bedekking van de kruidlaag en ontwikkeling van de veenmosbedekking. Dit verband is niet statistisch getoetst, maar variatie in bedekking van de kruidlaag verklaart 39% van de variatie in veenmosontwikkeling ($R^2 = 0,39$). Een dergelijk verband is ecologisch te verklaren, doordat de (hogere) kruidlaag de mossen in de schaduw zetten en daardoor de groeipotentie van de mossen remt. In dit eerste volledige groeiseizoen van deze proef onderdrukt het onkruid dus nog vooral het veenmos, en niet andersom.



Figuur 9-9. De verandering van veenmosbedekking tussen aanleg in 2020 en de situatie in september 2021 afgezet tegen de bedekking van de kruidlaag.

De ontwikkeling van de cranberryplanten varieert eveneens met de bedekking- en daarnaast ook met de hoogte van de kruidlaag (Figuur 9-10). Hiervoor geldt dezelfde ecologische verklaring als voor de ontwikkeling van de veenmosbedekking: hoger opgaande planten zetten de kleinere cranberries in de schaduw. Dit is een bevestiging van het bekende negatieve effect van 'onkruid' op cranberries.



Figuur 9-10. Vergelijking van de ontwikkeling van het aantal uprights per cranberryplant van 18 mei t/m 24 augustus 2020 met de hoogte (A.) en bedekking (B.) van de kruidlaag.

9.5 Conclusie en aanbevelingen

In dit eerste volledige groeiseizoen is nog niets te zeggen over resultaten van de proef. Het gaat nu nog vooral om het vaststellen van de uitgangssituatie en beoordeling of ontwikkeling van de beoogde soorten kansrijk is.

In het teeltbed lijken gunstige condities te zijn gecreëerd voor de groei van veenmos en cranberry, hoewel betere controle over het waterbeheer gewenst is. Dit is in de loop van 2020 ingevuld door een pomp te plaatsen, maar door problemen met de afstelling hiervan liep het teeltbed in begin augustus nog eens onder. In het vervolg van de proef zal het waterbeheer steeds een punt van aandacht moeten blijven.

De spontane vegetatieontwikkeling in het teeltbed tussen het moment van inrichting (zomer 2017) en inrichting voor de cranberry-veenmosproef (vanaf maart 2020) heeft geleid tot een forse kruidlaag. In het kader van dit onderzoek is deze kruidlaag het 'onkruid' dat onderdrukt moet worden met behulp van veenmossen. Het betreft hier een vegetatie die wordt gedomineerd door paddenrus, zodat deze vegetatie wel enige natuurwaarde vertegenwoordigd. In dit eerste jaar ging nog geen merkbaar onkruidonderdrukkende werking uit van het veenmos. Wel bleek de ontwikkeling van veenmos gerelateerd te zijn aan de bedekking van de kruidlaag: bij dichtere bedekking had het veenmos meer moeite op gang te komen. Voor het vervolg van de proef zal – in ieder geval in de eerste jaren – nog ingezet moeten worden op periodiek maaien om beschaduwing van het veenmos te beperken. Wellicht moet de maai frequentie opgevoerd worden, van nu één keer per jaar naar twee keer per jaar (in het voorjaar en in het najaar).

De cranberries laten zien te kunnen groeien onder de gecreëerde omstandigheden, maar ook dat ze gehinderd worden door de hoogte en bedekking van de kruidlaag. Dit is in lijn met de verwachting vooraf.

Voor het vervolg van de proef is het wenselijk meer structureel gegevens te verzamelen over de groeicondities, met name de beschikbaarheid van nutriënten, zuurbuffering (HCO_3^-) en de aanwezigheid van potentieel verstorende stoffen als sulfaat. Binnen het huidige project was dit niet financieel gedekt, zodat dit slechts zeer beperkt uitgevoerd kon worden. Daardoor valt hier nu niet veel over te zeggen, terwijl voor vergelijking met andere teeltproeven vergelijking van de groeicondities van cruciaal belang is.



10. Conclusies en perspectieven voor waardeketens en verdienmodellen

In dit rapport over het deelproject Veenmarktplaats in Better Wetter Fase 2 hebben we de mogelijkheden verkend voor economisch rendabel gebruik van natte veengronden. Onder invloed van lokale marktontwikkelingen, en met name de ambitie van Bouwgroep Dijkstra Draisma om duurzaam en circulair te bouwen, heeft het onderzoek zich vooral gericht op de waardeketen van lisdodde teelt als basis voor inblaasisolatie. Deze toepassing lijkt zich te ontwikkelen tot een bulklijn met, zoals het zich nu laat aanzien, veel potentie. Daarnaast is aangetoond dat lisdodde zich heel goed leent voor decoratief bouw materiaal (biolaminaat) en (design) meubelen. Naast lisdodde is in Better Wetter fase 2 onderzoek gedaan naar veenmos in combinatie cranberryteelt.

Uit het uitgevoerde onderzoek kunnen de volgende conclusies en perspectieven worden afgeleid:

Conclusies m.b.t. waardeketen lisdodde isolatiemateriaal

- De teelt van lisdodde als grondstof voor isolatiemateriaal lijkt een aantrekkelijk alternatief voor grasproductie indien de veengrond te nat is (geworden) voor grasproductie.
- De verwerking van lisdodde tot inblaasisolatie is relatief eenvoudig en kan regionaal worden opgezet, mede omdat de investeringen beperkt zijn. Bij de teelt is het belangrijk is dat de lisdodde niet te veel verontreinigd is met andere gewassen.
- Drogen aan de lucht tot >90% drogestof lijkt een aantrekkelijk alternatief voor geforceerde droging met fossiele brandstoffen. Ook drogen met restwarmte kan een aantrekkelijk alternatief vormen. In vervolgonderzoek moet de geconstateerde schimmelvormingspotentie (drogen aan lucht gelijkwaardig aan thermische droging) worden bevestigd.
- De rendabiliteit van de waardeketen is afhankelijk van veel factoren die zijn verbonden aan teelt, verwerking en de markt voor (biobased) isolatiemateriaal. Op basis van de huidige inzichten lijkt een productie van orde grootte 6 ton drogestof per hectare per jaar noodzakelijk om voldoende rendement te bieden voor zowel de teler als de verwerker van lisdodde. Deze 'minimale productie' kan lager worden indien ook inkomen kan worden gegenereerd uit ecosysteemdiensten zoals het vasthouden en vastleggen van CO₂ in de bodem en het gewas.
- Het oppervlak dat is gemoeid met lisdoddeproductie voor isolatiemateriaal is afhankelijk van de productie (ton per hectare) die wordt nagestreefd. Indien wordt uitgegaan van 6 ton ds per hectare, en 67% recovery van isolatiemateriaal (4 ton isolatiemateriaal per hectare), dan kunnen circa 2-4 huizen per jaar per hectare worden geïsoleerd.³⁹ De vraag naar biobased isolatiemateriaal is groeiende.
- Er is behoefte aan verdere innovatie op het gebied van lisdodde teelt, vooral m.b.t. het zaaien/poten, zodanig dat 'zekere productie' (zoals bij inpoten van wortelstokken)

³⁹ Volgens Bouwgroep Dijkstra Draisma is voor het isoleren van een woning 1000 tot 2000 kg isolatiemateriaal nodig, afhankelijk van woninggrootte en -type.

wordt verkregen tegen beperkte kosten. Maaikosten kunnen worden beperkt indien rekening wordt gehouden met maaien bij de perceelinrichting.

- Ook is verder onderzoek nodig ten behoeve van ontwikkeling van de waardeketen van lisdodde als grondstof voor isolatiemateriaal, met name naar schaafeffecten. Algemeen wordt aangenomen dat grotere schaal resulteert in lagere productiekosten, maar de relatie tussen schaal en kosten is op dit moment niet duidelijk.

Perspectief: gecombineerde inkomensstromen

De winstgevendheid van de waardeketen van lisdodde voor isolatiemateriaal neemt toe met de opbrengst (ton drogestof) per hectare. Het streven naar maximale productie zal (zeker op termijn) de input van meststoffen vereisen. Los van de vraag of dit (wettelijk) is toegestaan, kan streven naar productiemaximalisatie ten koste gaan van regulerende ecosysteemdiensten, zoals waterzuivering en het creëren van een habitat voor biodiversiteit. Er kan dus spanning bestaan tussen enerzijds behoeften van de markt (efficiënte productie) en anderzijds behoeften van de maatschappij, zoals behoud van biodiversiteit, schoon water, klimaatmitigatie en -adaptatie. De vraag is wat de trade-offs zijn: de relaties tussen productie (ton per hectare) en ecosysteemdiensten. En, in het verlengde daarvan, hoe de behoeften van markt en maatschappij in balans kunnen worden gebracht. Mogelijk ligt het antwoord bij het creëren van gecombineerde inkomensstromen voor telers en verwerkers van lisdodde. Indien, naast de productie van lisdodde c.q. het isolatiemateriaal, ook geldelijke waarde wordt toegekend aan waterzuivering, waterberging en het behoud en vastleggen van koolstof in bodem en lisdodde (gewas), dan vervalt de eenzijdige prikkel voor het maximaliseren van (gecontroleerde) gewasproductie en kunnen de behoeften van markt en maatschappij beter in balans worden gebracht.

Overheden (Rijk, provincie waterschap) spelen een belangrijke rol bij het opzetten van een systeem voor het kwantificeren en waarderen van ecosysteemdiensten, waarmee voor boeren en ketenondernemers de risico's van (opschaling van) natte teelten kan worden beperkt.

Vervolg onderzoek binnen VIP-NL

Het onderzoek binnen Better Wetter Fase 2 heeft belangrijke perspectieven geleverd voor waardevol gebruik van natte veengronden vanuit economisch en ecologisch perspectief. Verder onderzoek voor verantwoorde opschaling van natte teelten, waaronder lisdodde en cranberry. Dat onderzoek zal plaatsvinden binnen het landelijke Veenweide Innovatie Programma (VIP-NL). In het Natte Teelten thema vindt onderzoek plaats m.b.t. teeltaspecten en verdienvermogen rond verschillende gewassen en waardeketens.

Met betrekking tot de teelt zijn de centrale vragen:

- Wat zijn bepalende omgevingsfactoren (zoals waterpeil, beschikbaarheid nutriënten) bij de productie van verschillende gewassen
- In welke mate bijdragen aan het verbeteren van waterkwaliteit en klimaatadaptief waterbeheer
- Hoe is de interactie tussen bodem(kwaliteit) en teelt?
- Op welke manier kunnen natte teelten een bijdrage leveren aan biodiversiteit en landschapsbeheer?
- Wat is de interactie tussen natte teelten en (de emissie van) broeikasgassen?

Met betrekking tot waardeketens en verdienmodellen:



- Welke gewassen, waardeketens en verdienmodellen bieden (naast lisdodde voor isolatiemateriaal) perspectief voor rendabel grondgebruik?
- Wat zijn de effecten van opschaling op de kosten verbonden aan teelt en verwerking, o.a. voor lisdodde, dus op de rendabiliteit?
- Wat zijn passende methoden voor kwantificering en geldelijke waardering van regulerende ecosysteemdiensten rond natte teelten, met koolstofvastlegging en waterzuivering?
- Welke aspecten rond wetgeving en beleid kunnen de introductie en opschaling van natte teelten stimuleren c.q. belemmeren?

11. Bibliografie

- Bansal, S., Lishawa, S., Newman, S., Tangen, B., Wilcox, D., Albert, D., . . . Windham-Myers, L. (2019). Typha (Cattail) invasion in North American wetlands: biology, regional problems, impacts, ecosystem services, and management. *Wetlands*, 39, 645-684.
- Beem, M. v. (2021). *De combinatieteelt van cranberry's en veenmos. Onderzoek naar de concurrentiedruk van veenmos op onkruid tussen cranberry's*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Belle, J. v. (2021). *Natte teelt voor waterkwaliteit. Verkenning van de bijdrage van paludicultuur aan waterkwaliteitsverbetering in een Friese polder*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein. Opgehaald van <https://betterwetter.nl/wp-content/uploads/2022/01/Natte-teelt-voor-waterkwaliteit-v1.1def.pdf>
- Belle, J. v., & Elferink, E. (2021). Site Emission Tool v1.2. Leeuwarden: Van Hall Larenstein. Opgehaald van <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/cconnects-carbon-connects/#tab-6>
- Belle, J. v., & Maas, P. v. (2021). Nutrient Reduction Tool v1.1. Leeuwarden: Van Hall Larenstein. Opgehaald van https://betterwetter.nl/wp-content/uploads/2022/01/Nutrient-Reduction-Tool_v1.1.xlsx
- Berg, M. v., Weideveld, S., Geurts, J., & Fritz, C. (2019). *CO₂, N₂O en CH₄ emissies en bodemdaling in de Friese veenweiden. Kan onderwaterdrainage veenoxidatie en emissies uit veengebieden duurzaam verlagen?* Nijmegen: Radboud Universiteit.
- Blauw, M., & Veenhoven, S. (2021). rotten/broeien natuurlijk gedroogde lisdodde. (J. Wagenaar, Interviewer)
- Bonneville, M.-C., Strachan, I., Humphreys, E., & Roulet, N. (2008). Net ecosystem CO₂ exchange in a temperate cattail marsh in relation to biophysical properties. *Agr. Forest Meteorology*, 148, 69-81.
- Breemen, N. v. (1995). How Sphagnum bogs down other plants. *TREE*, 10(7), 270-275.
- Buijs, J. &. (2017). *Cranberry's in het veen, een groeiend perspectief. Eindrapportage veldproef 2015-2017 'Introductie cranberryteelt in veenweiden'*. . Zegveld: Veenweiden Innovatie Centrum.
- Couwenberg, J., Reichelt, K., & Jurasinski, G. (in prep.). Vegetation as a proxy for greenhouse gas emissions from peatlands: an update.
- Evans, C., Peacock, M., Baird, A., Artz, R., Burden, A., Callaghan, N., . . . Morrison, R. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 548-552. doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Franz, D., Koebisch, F., Larmanou, E., Augustin, J., & Sachs, T. (2016). High net CO₂ and CH₄ release at a eutrophic shallow lake on a formerly drained fen. *Biogeosciences*, 13, 3051 - 3070.
- Gerven, L. v., & Boekel, E. v. (2020). *Uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwpercelen naar oppervlaktewater. Een modelstudie ter kwantificering van ondiepe en diepe uitspoelroutes voor zes polders in Friesland*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Geurts, J., & Fritz, C. (2018). *Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands*. Nijmegen: Radboud University.



- Geurts, J., Oehmke, C., Lambertini, C., Eller, F., Sorrell, B., Mandiola, S., . . . Fritz, C. (2020). Nutrient removal potentia and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. *Science of the Total Environment*, 141102.
- Günther, A., Huth, V., Jurasinski, G., & Glatzel, S. (2015). The efferct of biomass harvesting on greenhouse gas emissions from a rewetted temperate fen. *Global Change Biology Bioenergy*, 7, 1092-1106. doi:10.1111/gcbb.12214
- Heinz, S. (2012). *Population biology of Typha latifolia L. and Typha angustifolia L.: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland*. Aachen: Shaker Verlag.
- Ineke. (2020). Openingstijden grasdrogerij. (J. Wagenaar, Interviewer)
- Jong, M. d. (2021). Paludiculture as paludifuture on Dutch peatlands: An environmental and economic analysis of *Typha* cultivation and insulation production. *Science of the Total Environment*(792), 148161.
- Jong, S. d. (2021). *Invloed van cranberry's op gecombineerde teelt met veenmos op agrarische grond*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Kadlec, R., & Knight, R. (1996). *Treatment Wetlands*. New York: Lewis Publishers.
- Kostel, J. (2021, 03 17). *Nutrient removal*. Opgehaald van The Wetlands Initiative: <http://www.wetlands-initiative.org/nutrient-removal>
- Lahtinen, L., Mattila, T., Myllyviita, T., Sepälä, J., & Vasander, H. (2022). Effects of paludiculture products on reducing greenhouse gas emissions from agricultural peatlands. *Ecological Engineering*, 106502.
- Mettrop, I. (2021). *Natte teelten en biodiversiteit. Een kennisoverzicht met speciale aandacht voor lisdodde- en veenmosteelt*. Feanwâlden: Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek.
- Mettrop, I. (2022). *Proeven met natte teelten Better Wetter Fase 2. Eindrapportage*. Feanwâlden: Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek.
- Mooij, N. d. (2021, Januari). Pistenbully . (J. Wagenaar, Interviewer)
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., . . . Zhang, H. (2013). Anthropogenic and natural radiative forcing. In T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, . . . P. Midgley, *climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I tot the fifth assessment report on the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge / New York: Cambridge University Press.
- Nouta, R. (2016). *Paludicultuur; natte, duurzame vorm van conventionele landbouw? Studie naar het effect van stikstofrijk oppervlaktewater op de biomassaproductie en nutriëntenbalans in de bodem*. Leeuwarden / Nijmegen: Van Hall Larenstein / Radboud Universiteit.
- Petrescu, A., Lohila, A., Tuovinen, J.-P., Baldocchi, D., Desai, A., Roulet, N., . . . Cescatti, A. (2015). The uncertain climate footprint of wetlands under human pressure. *Proc. natl. Acad. Sci. USA*, 4594-4599.
- Pfadenhauer, J., & Wild, U. (2001). *Rohrkolbenanbau in Niedermooren. Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept*. Freising-Weihenstephan: Technische Universität München.
- Ros, J., Koelemeijer, R., Elzenga, H., Peters, J., Hekkenberg, M., & Bosch, P. (2011). *Verkenning van routes naar een schone economie in 2050. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Sechi, V., Ó Brolcháin, N., Belle, J. v., Fritz, C., Tilak, A., Geurts, J., . . . Crushell, P. (2022). *Towards a carbon and blue credit scheme for peatlands. White paper*. Leeuwarden / Galway: Van Hall Larenstein / NUI Galway. Opgehaald van <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/cconnects-carbon-connects/#tab-7>
- Smeenk, W. (2020). *Invloed van cranberry's op gecombineerde teelt met veenmos op agrarische grond*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Song, U. (2020). Improvement of soil properties and plant responses by compost generated from biomass of phytoremediation plant. *Environmental Engineering Research*, 25(5), 638-644.
- Steinbachová-Vojtísková, L., Tylová, E., Soukup, A., Novická, H., Votrubová, O., Lipvaská, H., & Cízková, H. (2006). Influence of nutrient supply on growth, carbohydrate, and nitrogen metabolic relations in *Typha angustifolia*. *Environmental and Experimental Botany*, 246-257.
- Strachan, I., Nugent, K., Crombie, S., & Bonneville, M.-C. (2015). Carbon dioxide and methane exchange at a cool-temperate freshwater marsh. *Environmental Research Letters*, 10, 065006.
- Suidman, S. et al. (2022). *Jaarrapportage Markt en ketenvorming natte teelten*. Amsterdam: Spaak Circular Solutions.
- Tanneberger, F., Appulo, L., Ewert, S., Lakner, S., Ó Brolcháin, N., Peters, J., & Wichtmann, W. (2021). The power on nature-based solutions: how peatlands can help us achieve key EU sustainability objectives. *Advanced Sustainable Systems*, 5, 2000146.
- Tiemeyer, B., Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., . . . Zeitz, J. (2016). High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 4134-4149.
- Veenhoven, T., & van Belle, J. (2021). (J. Wagenaar, Interviewer)
- Veenhoven, T., & Verboom, C. (2020, November). fractie lisdodde. (J. Wagenaar, & P. v. Maas, Interviewers)
- Velde, Y. v., Buzacott, A., & Berg, M. v. (2021). Zegveld lisdodde. In G. Erkens, S. v. Asselen, S. Hommes-Slag, R. Melman, H. Kooi, H. v. Essen, . . . F. Smolders, *Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) - Data-analyse 2020-2021* (pp. 71-74). Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV).
- Verhoeven, J., Arheimer, B., Yin, C., & Hefting, M. (2006). Regional and global concerns over wetland and water quality. *Trends in Ecology and Evolution*, 96-103.
- Wal, D. v. (2021a). *Lisdodde groeiproef*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Wal, D. v. (2021b). *Mechanization of paludiculture*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Whiting, G., & Chanton, J. (2001). Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration. *Tellus*, 53B, 521-528.
- Wichtman, W., Schröder, C., & Joosten, H. (2016). *Paludiculture - productive use of wet peatlands*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Wilson, D., Alm, J., Laine, J., Byrne, K., Farrell, E., & Tuittila, E.-S. (2008). Rewetting of cutaway peatlands: are we re-creating hot plots of methane emissions? *Restoration Ecology*, 17, 796-806.
- Wilson, D., Muller, C., & Renou-Wilson, F. (2013). Carbon emissions and removals from Irish peatlands: present trends and future mitigation measures. *Irish Geography*, 46(1-2), 1-23.
- Wilson, D., Tuittila, E.-S., Alm, J., Laine, J., Farrell, E., & Byrne, K. (2007). Carbon dioxide dynamics of a restored maritime peatland. *Ecoscience*, 14, 71-80.



Wirdum, G. v. (1991). *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Maastricht: Datawyse.