Altenburg & Wymenga
ECOLOGISCH ONDERZOEK

In samenwerking met

LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Effecten van tijdelijk hoog waterpeil op weidevogels, bodem en grasopbrengst

A&W-rapport 2151

in opdracht van

provinsje fryslân
provincie fryslân

Effecten van tijdelijk hoog waterpeil op weidevogels, bodem en grasopbrengst

A&W-rapport 2151

E.B. Oosterveld (A&W)
I. Hoving (Wageningen Livestock Research)
M. Sikkema (A&W)
J. van der Kamp (A&W)
I. Mettrop (A&W)
R. Hendriks (Alterra)

Foto Voorplaat
Hoogwatersloot bij Bartlehiem in het koude voorjaar van 2013, Marten Sikkema

E.B. Oosterveld, I. Hoving, M. Sikkema, J. van der Kamp, I. Mettrop, R. Hendriks 2017.
Effecten van tijdelijk hoog waterpeil op weidevogels, bodem en grasopbrengst. A&W-rapport 2151.
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever
Provincie Fryslân
Postbus 20120
8900 HM Leeuwarden
Telefoon 058 29 25 925

Uitvoerders
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv
Suderwei 2
9269TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

Wageningen Livestock Research
Postbus 65
8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 23 82 38
Fax 0320 23 80 50
info.livestockresearch@wur.nl
www.livestockresearch.wur.nl

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

Projectnummer	**Projectleider**	**Status**
2088FLE	E.B. Oosterveld	Eindrapport

Autorisatie	**Paraaf**	**Datum**
Goedgekeurd	M. Brongers	7 juni 2017

Kwaliteitscontrole
M. Brongers

Inhoud

1 Inleiding en vraagstelling 1
2 Materiaal en methode 3
2.1 Onderzoeksgebied en periode 3
2.2 Ecologische effecten 3
2.3 Opbrengstderving 12
3 Effecten op foerageergedrag Grutto 13
3.1 Waarnemingen 13
3.2 Resultaten 13
4 Effecten op de bodem 17
4.1 Algemeen 17
4.2 Invloeden van jaar, maand, afstand tot de sloot en hoogwatertype 18
5 Grasopbrengst 21
5.1 Aanpak 21
5.2 Resultaten 23
5.3 Beïnvloede oppervlakte 24
5.4 Rekenvoorbeeld 2015 25
5.5 Discussie 25
6 Discussie en conclusies 27
6.1 Ecologische effecten 27
6.2 Grasopbrengst 28
6.3 Conclusies 29
7 Literatuur 33

Bijlage 1 Detailkaarten met de proefvlakken per locatie 34
Bijlage 2 Droge stofopbrengst hoogwatermaatregelen 40
Bijlage 3 Bepaling hydrologische uitgangspunten voor berekening opbrengstderving 41

Dankwoord
We danken de boeren die hun land openstelden voor het onderzoek: J. den Hartog en A. Beets (Augsbuurt Kollum), J. Sipkema (Buitenpost), A. Hobert (Warstiens), K. Seinstra (Rhaladyk, Aldtsjerk), S.D. Wybenga (Wyns), H. Andela (Bartlehiem), W. van der Meulen (Smelle Ie-Oost en -West), T. de Groot (Goatum, Grou), O.J. Agricola (Goïngaryp), N. Zeinstra (Raard) en H. Talma en T. van der Wal (Stroobos).
Pieter de Hoop en Gjerryt Hoekstra hielpen met de Gruttowaarnemingen.

1 Inleiding en vraagstelling

Het waterpeil is een van de belangrijkste kwaliteitsfactoren van weidevogelgebieden (Teunissen *et al.* 2012, Oosterveld *et al.* 2014). In het huidige weidevogelbeheer op het boerenland is het een van de grootste knelpunten, omdat een voor weidevogels voldoende hoog waterpeil op gespannen voet staat met de productiefunctie van het boerenland. Voor beide functies, weidevogels en landbouw, is het waterpeil een sleutelfactor. De werking is echter tegengesteld: hoog waterpeil is belangrijk voor weidevogels, laag waterpeil voor de landbouw. Tijdelijke peilverhoging kan de tussenvorm zijn die een substantiële kwaliteitsverbetering oplevert van het weidevogelhabitat en die niet teveel tot productiederving hoeft te leiden. Zo kan het een aantrekkelijke beheermaatregel zijn voor boeren die zowel willen produceren als effectief weidevogels willen beheren.
Tijdelijke peilverhoging is een verhoging van het waterpeil die alleen tijdens het broedseizoen plaatsvindt. Buiten het broedseizoen staat het water op het gangbare landbouwpeil. Er zijn verschillende varianten mogelijk: in individuele sloten, in (groepen van) percelen en door volpompen van greppels (greppelplas-dras).

De vraag is hoe peilverhoging het beste vormgegeven kan worden, zodanig dat deze effectief is voor de weidevogels, beperkt tot opbrengstderving leidt en aantrekkelijk is voor boeren om toe te passen. Door de maatregelen in de vorm van beheerpakketten te gieten, kan met de verschillende aspecten rekening worden gehouden en kan peilverhoging een interessante verdienoptie worden voor boeren. Provinsje Fryslân heeft bureau Altenburg & Wymenga en Livestock Research Wageningen UR gevraagd onderzoek uit te voeren naar een goede onderbouwing van een (of enkele) pakket(ten) Hoog waterpeil voor weidevogels. Het betreft zowel de effecten op de weidevogels als ook de opbrengstderving als gevolg van de verminderde grasproductie en verminderde draagkracht van de grond.

Vraagstelling
In het onderzoek staan twee vragen centraal:

1 Wat is een redelijke vergoeding voor de opbrengstderving als gevolg van tijdelijke peilverhoging ten behoeve van weidevogels?
2 Welk tijdelijk peilregime is effectief voor weidevogels?

Deze vraagstelling is onderverdeeld in deelvragen:

1 Is er effect van de toegepaste typen peilverhoging op de weidevogels en grasland-opbrengst?
2 Is er verschil in de effecten tussen de typen peilverhoging?
3 Welk type peilverhoging heeft het meest positieve effect op de weidevogels?
4 Verschillen de effecten
   - met de afstand tot de sloot?
   - door het seizoen?
   - tussen jaren?
5 Wat zijn de kosten?

In dit onderzoek staat de ecologische en productietechnische onderbouwing van de maatregelen centraal. Het gaat niet over het regeltechnisch ontwerp van een pakket of de juridische aspecten.

2 Materiaal en methode

2.1 Onderzoeksgebied en periode

Het onderzoek is uitgevoerd op twaalf locaties in de provincie Fryslân op de grondsoorten klei-op-veen en klei en gedurende twee voorjaren in de periode 2013-2015. De opzet en de exacte locaties staan hieronder toegelicht.

2.2 Ecologische effecten

2.2.1 Meeteenheden

De betekenis van hoog waterpeil voor weidevogels is gelegen in het feit dat het voedsel voor adulte steltlopers goed beschikbaar maakt in de bovenste bodemlagen en door vertraging van de grasgroei leidt tot een open vegetatiestructuur in de jongenperiode. In aansluiting op open water (ook sloten) levert het ook een veilige rustplaats op. De ultieme maat voor succes is of hoog waterpeil de overleving en reproductie verbetert. Deze vraag kon echter in twee jaar niet worden beantwoord.
Een afgeleide maat van overleving van een vogel is het foerageersucces dat de vogel realiseert op de locaties op hoog waterpeil. Dat geeft geen uitsluitsel over de vraag of het tot voldoende overleving of reproductie bijdraagt, maar we krijgen wel een idee van het relatieve belang van hoog water in vergelijking tot het gangbare, lagere peil. Binnen de gegeven onderzoeksperiode van twee jaar is dit de beste indicatie van de meerwaarde die een hoog waterpeil kan bieden. De bijbehorende succesmaten zijn de *foerageerintensiteit (*aantal foerageerminuten per uur) en het *foerageersucces* (aantal succesvolle prikken per minuut en/of percentage succesvolle prikken).

Naast de respons van de vogels zijn ook de effecten op de bodemfauna, de vegetatie en de grondwaterstand relevant als indicatoren voor potentieel geschikt foerageer- en opgroeihabitat. Nu blijken deze variabelen samen te komen in één factor, namelijk de *indringingsweerstand* van de bodem. In eerder onderzoek bleek dat de indringingsweerstand sterk omgekeerd is gecorreleerd met zowel de grondwaterstand (hoe hoger het peil, hoe lager de weerstand), als ook positief gecorreleerd met de dichtheid aan regenwormen en emelten in de bovenste bodemlagen, én met vegetatiehoogte en –biomassa (Schekkerman 1997, Kleijn *et al.* 2011, R^2 = 0.57-0.92, p's <0.001). Indringingsweerstand is dus een bruikbare maat voor vochteffecten van peilverhoging in de bovenste bodemlaag die van belang zijn voor zowel de voedselvoorziening van weidevogels als de vegetatiestructuur. De indringingsweerstand kan worden bepaald met een penetrometer. Met dit apparaat kunnen eenvoudig veel data worden verzameld.
Ter controle en als aanvulling op de weerstandsbepalingen zijn in de proefvlakken ook de *grondwaterstanden* en het *percentage bodemvocht* gemeten.

In de volgende paragraaf wordt uiteen gezet hoe en waar de metingen zijn uitgevoerd.

2.2.2 Proefopzet

Als onderzoeksopzet is gekozen voor een paarsgewijze vergelijking van proefvlakken op hoog water en op laag water. De proefvlakken zijn zo gekozen dat de omstandigheden binnen een paar (bodem, hoogteligging, grondgebruik, ligging in het landschap) zoveel mogelijk overeenkwamen en alleen qua waterpeil verschilden. Het betrof steeds proefvlakken langs dicht bij elkaar gelegen sloten. Voor een representatief beeld van de Friese weidevogelgebieden zijn

onderzoekslocaties gekozen op klei en op klei-op-veen, omdat de grootste oppervlakte toekomstig weidevogelkerngebied op deze bodemtypen ligt.

Hoogwatertypen
In het weidevogelbeheer is peilverhoging op verschillende manieren en op verschillende schaalniveaus denkbaar. Op grond van onderzoeksresultaten en praktijkervaringen zijn de volgende hoogwatervarianten de meest relevante. Deze stonden in het onderzoek centraal:

1 Individuele sloten op hoog peil (figuur 2.1). Dit is een variant waarin de invloed beperkt blijft tot de direct aangrenzende strook langs de sloot. Door de beperkte beïnvloeding heeft deze variant voor boeren een relatief lage drempel. Een vraag is tot welke afstand de invloed het perceel in reikt,
2 Groepen van percelen (een gebied) op hoog peil. Deze variant betreft situaties waarin percelen volledig worden omringd door sloten op hoog peil en het effect dus grootschaliger is dan bij individuele sloten. Een vraag is of het effect inderdaad verderop in het perceel meetbaar is,
3 Greppelplas-dras (figuur 2.1). Een alternatief voor slootpeilverhoging op perceelschaal is het volpompen van greppels. Dan wordt als het ware regenval gesimuleerd en wordt rechtstreeks de bodemvochtigheid van de bovenste bodemlaag beïnvloed.

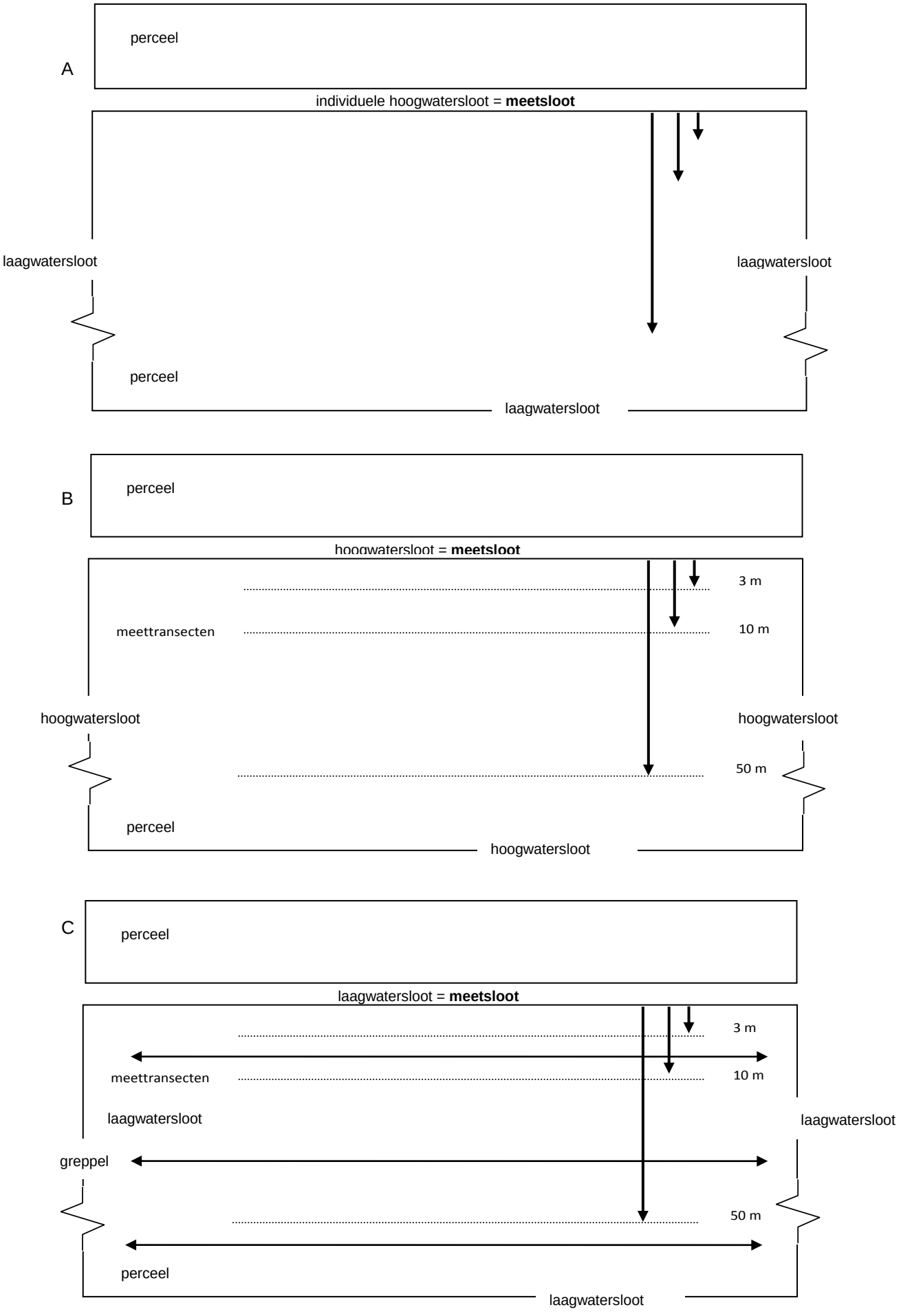
De drie typen zijn in Fryslân de laatste jaren in het kader van de provinciale hoogwaterregeling al in de praktijk toegepast.

Waterpeilen
Het onderzoek betreft hoog waterpeil gedurende het broedseizoen, zoals dat in de praktijk wordt gerealiseerd. Op de onderzochte locaties golden beheerpakketten volgens de provinciale regeling voor hoogwaterpeil in Fryslân. Volgens deze regeling geldt half februari-half juni als hoogwaterperiode. Door het peil tijdig op te zetten kan het bodemprofiel vóór het broedseizoen vol regenen en wordt de grondwaterstand in het perceel verhoogd. Volgens de pakketvoorschriften dienen de hoogwatersloten tot aan de bovenkant van de sloot vol water gezet te worden. Bij greppelplas-dras is het voorschrift dat op ten minste 60% van de perceeloppervlakte het water in het maaiveld staat of maximaal 20 cm daarboven. Tijdens de metingen stelden we vast dat deze omstandigheden in de praktijk niet altijd werden gerealiseerd. Door verschillen in maaiveldligging stond in de hoogwatersloten niet overal het water tot boven in de slootkant of stond na een droogteperiode niet altijd 60% van de oppervlakte plas-dras. Als die omstandigheden zich tijdens een meetronde voordeden, is gewoon gemeten, omdat in het onderzoek de situatie in de praktijk centraal stond. De feitelijk gerealiseerde waterpeilen zijn niet gemeten.
In het onderzoek aan opbrengstderving is uitgegaan van een gemiddelde drooglegging in Fryslân op klei- en klei-op-veengrond en niet van de peilen die er feitelijk in de proefvlakken waren. Voor de opbrengstderving is gerekend met een regulier landbouwpeil van 80 cm beneden maaiveld. Op de onderzoekslocaties was het peil in de referentiesloten op gangbaar peil in meerdere gevallen hoger. In hoofdstuk 5 wordt verder op dit verschil ingegaan.

2.2.3 Bodembepalingen

De bodembepalingen (indringingsweerstand, bodemvocht, grondwaterstand) zijn gemeten in transecten die parallel liggen aan een sloot. Dit is de *meetsloot*. Bij de individuele hoogwatersloot is dat de betreffende sloot; in het hoogwatergebied is dat een sloot langs een perceel dat helemaal is omgeven door sloten op hoog peil; bij greppelplas-dras is dat langs een slootkant op het betreffende perceel (de sloot waarlangs gemeten wordt, staat dus op gangbaar laag peil).

Figuur 2.1
Boven: hoogwatersloot met het water tot bovenin de slootkant (Wyns),
Midden: greppelplas-dras (Stroobos),
Onder: het peilverschil tussen de hoogwatersloot en de referentiesloot op gangbaar, laag peil (Bartlehiem)


A
perceel
individuele hoogwatersloot = **meetsloot**
laagwatersloot
laagwatersloot
perceel
laagwatersloot
B
perceel
hoogwatersloot = **meetsloot**
3 m
meettransecten
10 m
hoogwatersloot
hoogwatersloot
50 m
perceel
hoogwatersloot
C
perceel
laagwatersloot = **meetsloot**
3 m
meettransecten
10 m
laagwatersloot
laagwatersloot
greppel
50 m
perceel
laagwatersloot

Figuur 2.2 op vorige pagina: Ligging van de meettransecten bij de individuele hoogwatersloten (A), de gebieden (groepen van percelen) op hoog water (B) en bij greppelplas-dras (C). Anders dan de tekening suggereert, is er steeds voor gezorgd dat het 50 m-transect niet over het midden van het perceel lag.

De metingen zijn gedaan in drie transecten op een afstand van 3, 10 en 50 m vanaf de meetsloot (zie figuur 2.2). Op deze manier wordt steeds dezelfde veldsituatie bemonsterd, waarbij alleen het hoogwatertype verschilt. Er is steeds voor gezorgd dat het 50 m-transect niet over de helft van de breedte van het perceel lag en daardoor naar verwachting niet onder invloed stond van de volgende sloot. Op twee locaties lag de afstand van 50 m over de helft van het perceel. In dat geval is het verste transect net binnen de halve breedte van het perceel gelegd. Op locatie Bartlehiem lag het verste transect op 33 m van de individuele hoogwatersloot en de referentiesloot en op de greppelplas-draslocatie Stanialand op het referentieperceel op 32 m.

Indringingsweerstand
De indringingsweerstand is gemeten met een penetrometer van het merk Eijkelkamp (Giesbeek), nummer 06.01. De penetrometer is een soort prikstok die met handkracht de bodem in wordt gedreven. De uitgeoefende kracht is een maat voor de indringingsweerstand en wordt gemeten in nanometer (N) per cm^2. De bemonsterde diepte is tien cm. De penetrometer werd in één vloeiende beweging tien cm de bodem ingedrukt. Op de schaalverdeling van de penetrometer werd vervolgens de piek-indringingsweerstand afgelezen. Om de resultaten van de verschillende meetrondes goed vergelijkbaar te maken, zijn de metingen steeds op dezelfde manier door dezelfde persoon uitgevoerd. Ieder transect is op twintig plekken bemonsterd met ca vijf m tussenruimte. De bemonsterde lengte was steeds ca. honderd m. De gemeten waarden hebben betrekking op een conusdiameter van de penetrometer van 1 cm.

Bodemvocht
Voor het bepalen van het bodemvocht is op drie plekken verspreid over ieder transect een bodemmonster gestoken met een diepte van tien cm en een diameter van vijf cm. Van de drie monsters is een mengmonster gemaakt. Van dit mengmonster is het vochtpercentage bepaald door het monster gedurende 24 uur op 70° C te drogen en het vers- en het drooggewicht te meten. De vochtbepaling is gedaan op de proefboerderij Nij Bosma Zathe van Livestock Research WUR bij Leeuwarden.

Grondwaterstand
De grondwaterstand is bepaald met behulp van een grondwaterbuis van een meter lang in ongeveer het midden van ieder transect. De stand werd per monsterronde steeds op één moment tijdens de bodemmetingen bepaald met een meetlint met een 'plopper' onderaan het lint. De stand van het grondwater werd genoteerd als cm ten opzichte van het maaiveld.

Deze metingen zijn zowel in de hoogwaterproefvlakken als langs de referentiesloten gedaan, op dezelfde manier.

2.2.4 Foerageergedrag

Voor het meten van de effecten op weidevogels heeft de Grutto model gestaan. Van foeragerende Grutto's zijn de volgende gegevens verzameld:

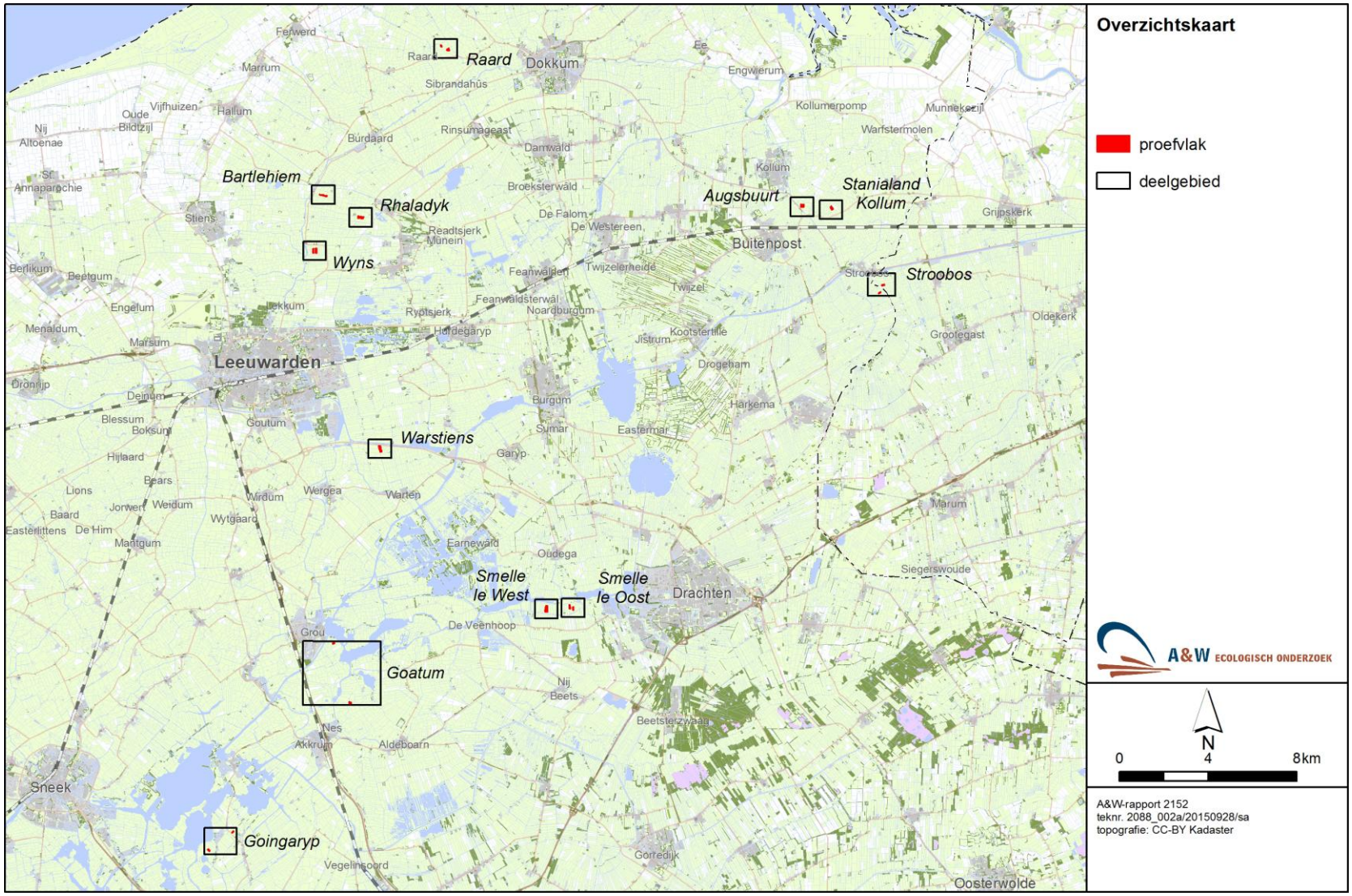
- tijdsduur van de waarneming,
- tijdsduur van het foerageren,
- aantal prikken en succesvolle prikken tijdens het foerageren.

Grutto's zoeken voedsel op de tast door hun snavel in de bodem te prikken en te voelen of ze een prooi treffen. Na een sondering (prik) halen ze hun snavel weer omhoog en doen ze een nieuwe prik. Deze prikken zijn doorgaans goed van elkaar te onderscheiden. Het aantal prikken per tijdseenheid geldt als een maat voor de foerageerintensiteit. Een andere maat voor de foerageerintensiteit is het aantal minuten dat per uur aan foerageren wordt besteed. In het onderzoek zijn beide maten bepaald. Als een Grutto een prooi vindt, wordt deze omhoog gehaald en ingeslikt. De slikbeweging is met een telescoop goed te zien. De slikbeweging geldt als de maat voor een succesvolle prik. Doorgaans vormen regenwormen of emelten de prooi.
De waarnemingen zijn beperkt tot Grutto's die binnen het bereik van de meettransecten foerageerden, dus tot zo'n 50 m het perceel in. De waarnemingen zijn toegerekend aan een transect op 3, 10 en 50 m. Voor de toerekening werd het midden van de afstand tussen de betreffende transecten als scheiding gehanteerd. De waarnemingen zijn gedaan met een telescoop met een vergroting van 20-60 keer, vanaf een afstand waarbij de geprotocolleerde vogel niet werd verstoord.

2.2.5 Onderzoekslocaties

Om de hoogwatervarianten qua effectgrootte te vergelijken zou het het beste zijn om ze alle drie op dezelfde locatie uit te voeren. In de praktijk was dit echter niet haalbaar en is gebruik gemaakt van locaties waar in het kader van het weidevogelbeheer al peilverhoging werd toegepast. De ligging in de provincie is weergegeven in figuur 2.3. Detailkaarten met de ligging van de proefvlakken zijn opgenomen in bijlage 1. Ieder hoogwatertype is op vier verschillende locaties onderzocht. De proeven zijn dus in viervoud uitgevoerd. In tabel 2.1 staan de locaties op een rij.

In de praktijk worden hoogwatersloten en hoogwatergebieden in Fryslân meestal gecombineerd met uitgesteld maaien op de aanliggende percelen tot 15 juni. Om de omstandigheden zoveel mogelijk gelijk te houden, zijn daarom de referentievlakken ook steeds gesitueerd op percelen met uitgesteld maaien tot 15 juni. Voor percelen met greppelplas-dras geldt geen verplichte maaidatum, maar groeit het gras door de inundatie zo langzaam dat doorgaans pas in juli een eerste snee kan worden gemaaid. Als referentie voor greppelplas-dras werden ook percelen genomen met greppels en met uitgesteld maaien tot in juni.



Figuur 2.3 Ligging van de onderzoekslocaties

Tabel 2.1 Overzicht van de onderzoekslocaties met de betreffende hoogwatervariant, de grondsoort en de jaren waarin gemeten is

Locatie	Hoogwatertype	Grondsoort	Meetjaren
Wyns	Individuele hoogwatersloot	klei	2013, 2014
Bartlehiem	Individuele hoogwatersloot	klei	2013, 2014
Smelle Ie-Oost	Individuele hoogwatersloot	klei-op-veen	2013, 2014
Smelle Ie-West	Individuele hoogwatersloot	klei-op-veen	2013, 2014
Goatum (Grou)	hoogwatergebied	klei-op-veen	2014, 2015
Goïngaryp	hoogwatergebied	klei-op-veen	2014, 2015
Raard	hoogwatergebied	klei	2014, 2015
Stroobos	hoogwatergebied	klei	
Augsbuurt (Kollum)	greppelplas-dras	klei	2013, 2014
Stanialand (Kollum)	greppelplas-dras	klei	2013, 2014
Warstiens	greppelplas-dras	klei-op-veen	2013, 2014
Rhaladyk (Aldtsjerk)	greppelplas-dras	klei-op-veen	2013, 2014

2.2.6 Meetjaren, meetfrequentie en meetomstandigheden

De metingen in de proefvlakken van de individuele hoogwatersloten en op de locaties met greppelplas-dras zijn uitgevoerd in de voorjaren van 2013 en 2014; de metingen in de hoogwatergebieden in 2014 en 2015. De reden van de ongelijke jaren is dat het onderzoek in 2013 te laat startte om tijdig hele gebieden op hoog water te kunnen vinden. Om van alle drie hoogwatertypen twee meetjaren te hebben, zijn in 2015 alleen nog in de hoogwatergebieden metingen gedaan.

Ieder voorjaar zijn drie meetrondes uitgevoerd: in de eerste helft van april, de eerste helft van mei en de eerste helft van juni. Iedere ronde werden alle locaties in twee achtereen volgende dagen bemonsterd. De derde ronde geschiedde voordat of rond het moment dat het waterpeil omlaag werd gedaan om op 15 juni te kunnen maaien.

Het foerageergedrag van Grutto's is door het hele voorjaar heen gedurende de maanden april, mei en juni gemeten op momenten dat de grashoogte voldoende laag was om goede waarnemingen te kunnen doen. Er zijn alleen waarnemingen verricht wanneer de foerageerprikken en de slikbewegingen goed konden worden vastgesteld. Ieder jaar is de hoeveelheid waarnemingen zoveel mogelijk gelijkelijk verdeeld over de hoogwaterproefvlakken en de referenties.

Het voorjaar van 2013 kenmerkte zich door een koudeperiode die aanhield tot in maart. In april waren de temperaturen weer normaal, maar de koude liet zijn sporen na in de relatief korte graslengte. 2014 kenmerkte zich door een zeer zachte winter met een voorjaar dat zeer vroeg op gang kwam. De grasgroei was in april 2014 dan ook verder gevorderd dan het jaar ervoor. Toch zijn er in april 2014 nog redelijk wat Gruttowaarnemingen verricht onder goede zichtomstandigheden, ondanks de snelle grasgroei. Het voorjaar van 2015 was zeer zonnig, droog en vrij koud en de meetomstandigheden waren goed. De Gruttowaarnemingen zijn vooral in mei en juni gedaan.

2.2.7 Analyse van de meetgegevens

Voor de analyse van de meetgegevens zijn drie verschillende benaderingen gebruikt:

1 Het effect van het verhoogde waterpeil op het foerageergedrag.
Om de vraag te beantwoorden of foerageerintensiteit en foerageersucces werden beïnvloed door de tijdelijk verhoogde waterstanden is een variantie-analyse (een 2-weg ANOVA) toegepast, waarin de volgende twee onafhankelijke factoren zijn getoetst op hun effect op het foerageren:
- Waterpeil (verhoogd waterpeil versus referentie). Deze test toetst of er een algemeen effect is van alle drie hoogwatertypen gezamenlijk,
- Hoogwatertype (gebied versus greppels versus sloot). Deze test onderzoekt verschillen tussen de typen.

Binnen de factor ‘hoogwatertype’ is de invloed van de typen ‘gebied’, ‘greppel’ en ‘sloot’ onderling vergeleken met behulp van LSD (Least significant difference) post-hoc analysen. Door middel van deze 2-weg ANOVA zijn ook de interactie-effecten tussen de twee factoren getest, waarmee is onderzocht of de invloed van de verhoogde waterpeilen verschilt per watertype. Naast de onafhankelijke factoren 'waterpeil' en 'hoogwatertype' gelden ook 'jaar' (2013, 2014, 2015), 'maand' (de meetrondes van april, mei, juni) en 'transect' (3, 10 en 50 m vanaf de sloot) als onafhankelijke factoren. De factoren ´jaar´, ´maand´ en ´transect´ zijn in deze ANOVA niet meegenomen, omdat de gegevens van het foerageergedrag niet voldoende over de jaren, maanden en transecten waren verdeeld om alle combinaties van factoren te kunnen meenemen in de analyse.

2 Vergelijking tussen foerageergegevens en bodemeigenschappen.
De verschillende bodemeigenschappen vertoonden allen een breed scala aan meetwaarden. De Grutto's bleken slechts bij een deel van de meetwaarden te foerageren (niet boven bijvoorbeeld een bepaalde indringingsweerstand. Zie hoofdstuk 3). Alleen voor de meetwaarden waarbij ook daadwerkelijk foerageren is vastgesteld, is de lineaire relatie getoetst tussen foerageerintensiteit/-succes en betreffende bodemeigenschappen met behulp van Pearson-correlatie-coëfficiënten (r).

3 Het effect van verhoogd waterpeil op bodemeigenschappen.
Op basis van bovengenoemde vergelijking is inzicht gekregen in welke bodemeigenschappen het meest gunstig zijn voor het foerageergedrag. Vervolgens is geanalyseerd in welke mate die bodemcondities verklaard kunnen worden uit de verhoogde waterpeilen. Deze invloed is getoetst aan de hand van een 5-weg ANOVA, waarin onderstaande vijf onafhankelijke factoren zijn getoetst op hun effect op de bodemeigenschappen indringingsweerstand, bodemvocht en grondwaterstand:
- Waterpeil (verhoogd waterpeil versus referentie),
- Jaar (2013, 2014, 2015),
- Maand (de meetrondes april, mei, juni),
- Transect (3 m, 10 m en 50 m vanaf de sloot),
- Hoogwatertype (gebied, greppels, sloot)

In de ANOVA-analysen zijn de subcategorieën per factor getoetst aan de hand van LSD (Least significant difference) post-hoc analysen. Ook zijn de interacties getoetst. Met name aan de hand van de interactie-effecten van de factor ‘waterpeil’ en de overige factoren kan inzicht verkregen worden in de effectiviteit van verschillende varianten van peilverhoging.

Zo is bijvoorbeeld getoetst of de uitwerking van peilverhoging verschilde per jaar, per maand, per transect of per hoogwatertype.
De afzonderlijke locaties zijn niet meegenomen als onafhankelijke factor, aangezien de verschillende watertypen voorkomen op verschillende locaties. Wanneer er ook nog onderscheid wordt gemaakt tussen de locaties kan het effect van het watertype niet meer worden getoetst.

2.3 Opbrengstderving

Voor het bepalen van de opbrengstderving is gebruik gemaakt van rekenmodellen die voor dit doel zijn ontwikkeld. De berekeningen zijn uitgevoerd door Livestock Research en Alterra van Wageningen UR. De werkwijze staat beschreven in hoofdstuk 5.

Greppelplas-dras

3 Effecten op foerageergedrag Grutto

3.1 Waarnemingen

Over de onderzoeksjaren is het foerageergedrag van de Grutto in totaal gedurende 27 uur, 27 minuten en 29 seconden waargenomen. Waarnemingen die konden worden toegerekend aan een transect (3, 10 of 50 m uit de slootkant), betroffen in totaal 11 uur, 9 minuten en 19 seconden, met een gemiddelde protocolduur van 5 minuten en 16 seconden. De totale aan een transect toe te rekenen waarneemtijd in de hoogwaterproefvlakken (van de hoogwatertypen tezamen) besloeg 5 uur, 36 minuten, 21 seconden en in de referentieproefvlakken 5 uur, 32 minuten, 58 seconden, en was dus vrijwel gelijk (tabel 3.1). De meeste waarnemingen zijn gedaan in de hoogwatergebieden, de minste in de greppelplas-dras. Er is wel geprobeerd de waarnemingen over de verschillende typen te spreiden maar dat is maar gedeeltelijk gelukt. De waarneemtijd bij greppelplas-dras is klein. Dit heeft te maken met het onrustige gedrag dat de Grutto's op de plas-draslocaties vertoonden, en mogelijk met een beperkt voedselaanbod door de natte omstandigheden. Op de plas-drasplekken komen veel vogels samen, waarbij veel achter elkaar aan gejaagd wordt, bijvoorbeeld doordat lokale territoriumhouders proberen bezoekers te verdrijven. Daarnaast zitten er weinig regenwormen en emelten in waterverzadigde bodems. De beperkte hoeveelheid waarnemingen bemoeilijkt in de statistische analyse het vinden van significante effecten.

Tabel 3.1 Waarneemtijd van het foerageergedrag van de Grutto dat aan een transect kon worden toegeschreven, verdeeld over de hoogwatertypen

Hoogwatertype	Hoogwaterproefvlak	Referentie
Hoogwatersloot	1 uur, 41 min, 20 sec	1 uur, 28 min, 17 sec
Greppelplas-dras	43 min, 47 sec	26 min, 47 sec
Hoogwatergebied	3 uur, 28 min, 14 sec	3 uur, 20 min, 54 sec
Totaal	*5 uur, 36 min, 21 sec*	*5 uur, 32 min, 58 sec*

3.2 Resultaten

3.2.1 Effecten op foerageerintensiteit en -succes

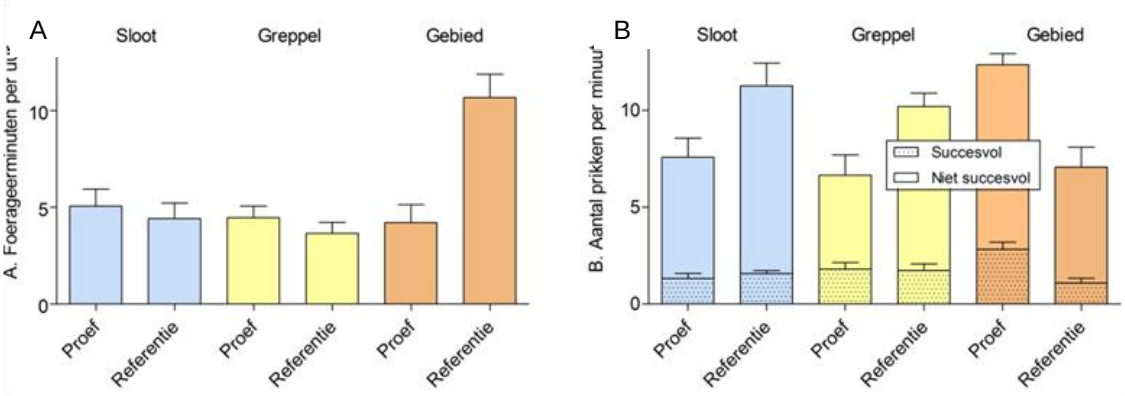
Foerageerintensiteit

Gemiddeld over alle drie hoogwatertypen was er geen verschil in foerageerintensiteit van de Grutto's (in aantal foerageerminuten per uur en prikken per minuut) tussen de proefvlakken met hoogwaterpeil en met het gangbare, lage peil (tabel 3.2, Waterpeil, 2^{e} en 3^{e} kolom).

*Tabel 3.2 Relaties tussen foerageerintensiteit (aantal minuten per uur, aantal prikken per minuut) en de factoren 'waterpeil' en de interactie met 'hoogwatertype' , in een ANOVA-analyse. F-waarden zijn gegeven met hun significantieniveau: *P<0.05, **P<0.01. ns betekent 'niet significant'.*

Factor	Foerageerminuten per uur	Prikken per minuut	Succesvolle prikken per minuut	Percentage succesvolle prikken
Waterpeil	3.8^{ns}	0.4$^{n.s.}$	3.3^{ns}	13.4**
Interactie:				
Waterpeil*Hoogwatertype	8.5**	12.4**	6.9**	1.8^{ns}

Er was wel verschil tussen de typen in het effect op de foerageerintensiteit. Bij de hoogwatersloten en de greppelplas-dras was er geen verschil tussen hoog en laag peil, maar in de hoogwatergebieden was de foerageertijd per uur bij het gangbare peil ruim twee keer zo groot als bij het hoge peil (ruim 10 minuten per uur versus bijna 5 minuten per uur) (tabel 3.2, de interactieterm van waterpeil en hoogwatertype is wel significant. Dat betekent dat er wel verschil is in het effect van de afzonderlijke hoogwatertypen. Dit is weergegeven in figuur 3.1A).



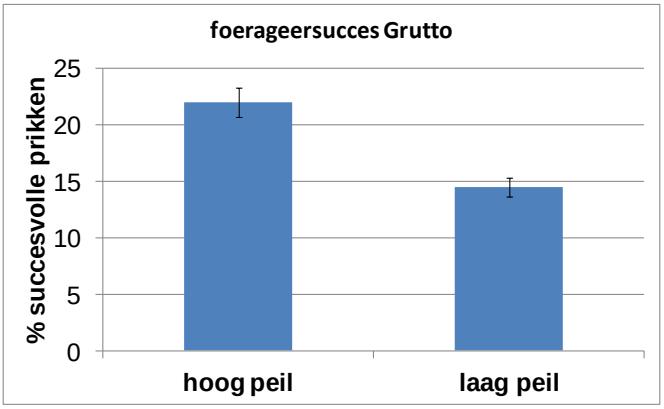
Figuur 3.1 A en B. Het aantal foerageerminuten per uur (links) en het aantal succesvolle en niet-succesvolle prikken per minuut (rechts).

Het aantal prikken per minuut (de andere maat voor foerageerintensiteit) was bij de hoogwatersloten en de greppelplas-dras gemiddeld significant lager (7,1 prikken per minuut) dan in de referenties met het lage peil (gemiddeld 10,2 prikken per minuut). In de hoogwatergebieden was het net andersom: bij hoog water gemiddeld 12,4 prikken per minuut, bij het lage peil gemiddeld 7,1 (figuur 3.1B).

Foerageersucces

Ook bij het aantal succesvolle prikken per minuut scoort het hoogwatergebied significant beter dan de referenties met laag peil (figuur 3.1B). Bij de hoogwatersloten en de greppelplas-dras was er geen verschil in het aantal succesvolle prikken met laag peil.

Voor het *percentage* succesvolle prikken vinden we wel een algemeen effect van peilverhoging (tabel 3.2). In de referentieproefvlakken op laag peil was gemiddeld 14,5% van de prikken succesvol, in de hoogwaterproefvlakken was dat 22% (figuur 4.2). Op dit punt was er geen verschil tussen de hoogwatertypen.



Figuur 3.2 Het effect van hoogwaterpeil op het foerageersucces van Grutto's

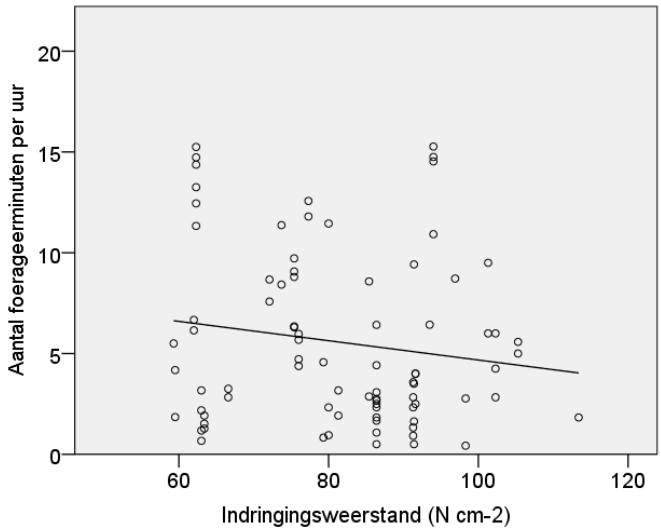
3.2.2 Effecten bodemeigenschappen op foerageerintensiteit en -succes

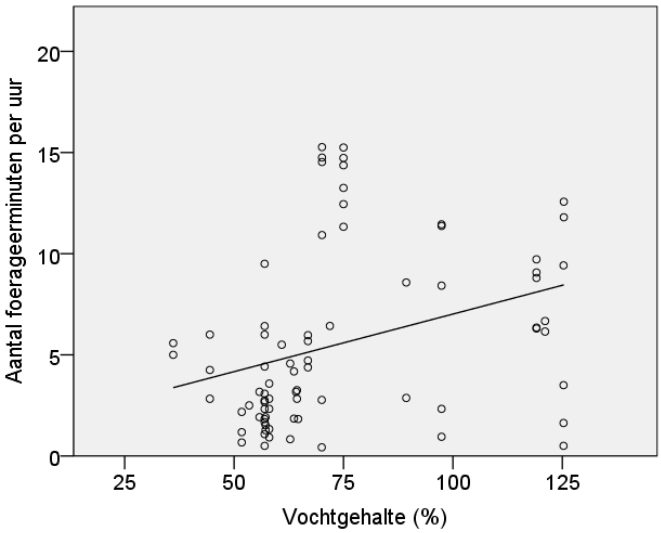
Uit de analyses over alle proefvlakken tezamen (zowel hoog water als laag water en alle drie typen bij elkaar) bleek, dat Grutto's alleen foerageerden bij een indringingsweerstand van de bodem tussen 60 en 110 Nanometer per cm^2 en een vochtgehalte van de bodem van ten minste 40% (figuur 3.2). Bijna de helft van de metingen van de indringingsweerstand zat hoger, namelijk tussen 110 en 400 N/ cm^2. Daar hebben we geen foeragerende Grutto's waargenomen. Het minimumvochtgehalte van 40% maakt minder verschil, want 90% van de meetlocaties voldeed daaraan.

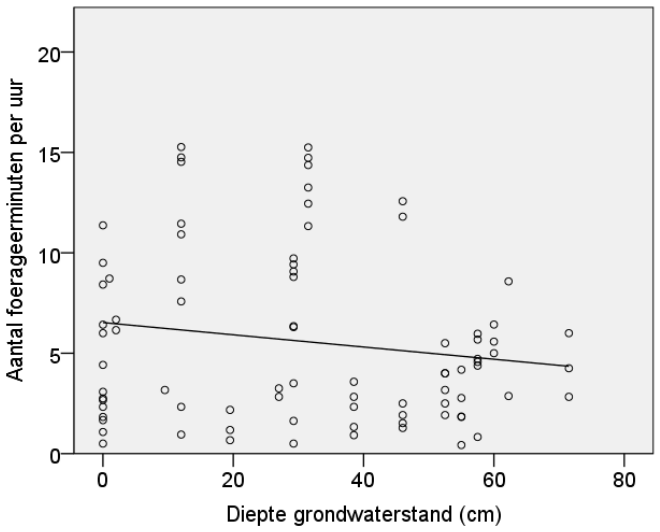
Er waren weinig significante verbanden tussen foerageerparameters en bodemeigenschappen (tabel 3.3, figuur 3.2). Het enige verband was tussen foerageerintensiteit (het aantal foerageerminuten per uur) en het vochtgehalte van de bodem: hoe vochtiger de bodem, hoe langer er gefoerageerd werd.

*Tabel 3.3 Verbanden tussen foerageerparameters en de drie gemeten bodemeigenschappen over alle proefvlakken tezamen. Weergegeven zijn de Pearson correlatie coëfficiënten (r) met hun significantieniveau: *P<0.05, **P<0.01. ns betekent 'niet significant'.*

Foerageerparameters	Indringingsweerstand	Vochtgehalte	Grondwaterstand
Foerageerminuten per uur	-0.15^{ns}	0.33*	-0.16^{ns}
Aantal succesvolle prikken per minuut	0.01^{ns}	-0.15^{ns}	0.13^{ns}
Percentage succesvolle prikken	-0.12^{ns}	0.05^{ns}	0.09^{ns}







Figuur 3.2 Het aantal foerageerminuten per uur uitgezet tegen de drie gemeten bodemeigenschappen in alle proefvlakken tezamen

4 Effecten op de bodem

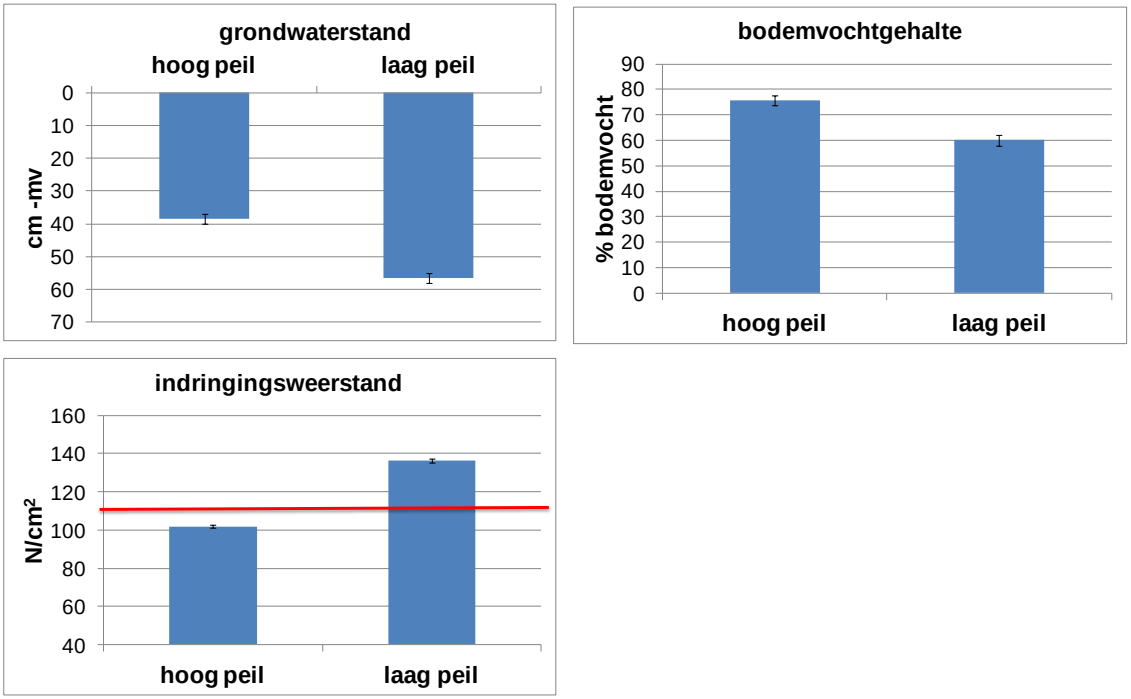
4.1 Algemeen

Gemiddeld over alle proefvlakken en over alle hoogwatertypen is er een duidelijk effect van het hoge waterpeil op de indringingsweerstand, het vochtgehalte van de bodem en de grondwaterstand: de indringingsweerstand is lager dan bij gangbaar, laag peil, het vochtgehalte en de grondwaterstand zijn hoger (tabel 4.1, Waterpeil). De indringingsweerstand was ongeveer 25% lager in de hoogwaterproefvlakken (gemiddeld 102 N cm^{-2}) dan in de proefvlakken met laag peil (gemiddeld 136.4 N cm^{-2}) (figuur 4.1). Uit de veldwaarnemingen bleek dat Grutto's niet foerageerden bij een indringingsweerstand hoger dan 110 N/cm^2. Aan die omstandigheden werd gemiddeld alleen bij een hoog waterpeil voldaan. Gemiddeld waren de omstandigheden bij het gangbare lage peil niet geschikt voor foeragerende Grutto's.
Het vochtgehalte was er ongeveer 25% hoger: gemiddeld 75.7% (ten opzichte van het drooggewicht) vergeleken met 60.1% (figuur 4.1). Ook de grondwaterstand was gemiddeld 20 cm hoger: 38.6 cm beneden maaiveld vergeleken met 56.6 cm beneden maaiveld in de proefvlakken op laag water (figuur 4.1).

Er waren ook algemene effecten van het jaar waarin werd gemeten. In 2013 en 2015 was de indringingsweerstand gemiddeld hoger dan in 2014; in 2013 was de grondwaterstand lager dan in 2014 en 2015. Er was effect van de maand: (in april was de indringingsweerstand lager dan in mei en juni en de grondwaterstand hoger. De afstand tot de sloot maakte uit. Op 3 m van de sloot was de indringingsweerstand kleiner dan op 10 en 30 m. Op deze algemene effecten wordt hier niet verder ingegaan.

*Tabel 4.1 Effecten van het waterpeil op de indringingsweerstand, vochtgehalte van de bodem en de grondwaterstand, en de wisselwerking (interactie) met de factoren 'jaar', 'maand', 'transect' en 'hoogwatertype' . Weergegeven zijn de resultaten van de ANOVA-analyse met de F-waarden en hun significantieniveau: *P<0.05, **P<0.01. ns betekent 'niet significant'*

Factor	Indringingsweerstand	Vochtgehalte	Grondwaterstand
Waterpeil	634.2**	23.6**	56.7**
Hoogwatertype	49.5**	20.4**	1.0^{ns}
Interacties:			
Waterpeil*Jaar	46.0**	0.0^{ns}	1.3^{ns}
Waterpeil*Maand	86.8**	0.2^{ns}	2.7^{ns}
Waterpeil*Transect	61.5**	1.1^{ns}	3.8*
Waterpeil*Hoogwatertype	1.3^{ns}	4.7*	0.7^{ns}

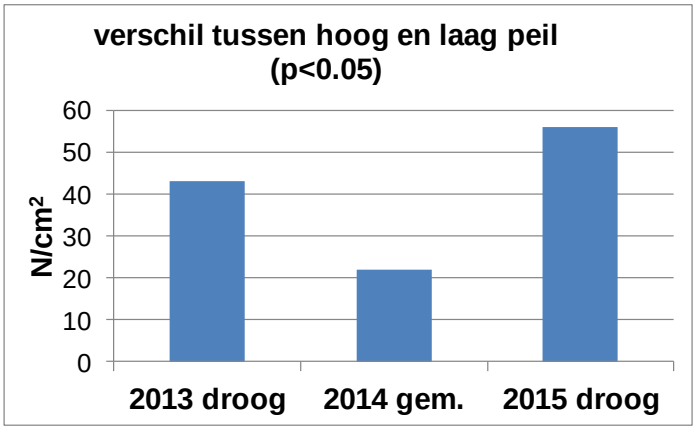


Figuur 4.1 Het effect van hoog waterpeil op de grondwaterstand, het bodemvochtgehalte en de indringingsweerstand van de bodem over alle 3 hoogwatertypen. De rode lijn in de grafiek van de indringingsweerstand geeft de bovengrens aan waaronder Grutto's uitsluitend foerageerden.

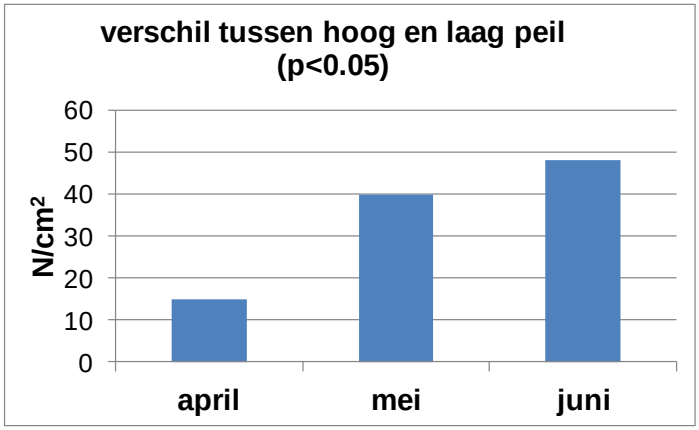
4.2 Invloeden van jaar, maand, afstand tot de sloot en hoogwatertype

Hier wordt onderzocht welke andere factoren het effect van de peilverhogingen beïnvloedden. Dit betreft de interacties tussen het waterpeil met de factoren 'jaar', 'maand', 'transect' (afstand tot de sloot), en 'hoogwatertype' uit tabel 4.1. Het betreft dus de vraag welke factoren nog meer het verschil tussen hoog en laag water beïnvloedden. De gepresenteerde verschillen zijn statistisch significante verschillen (tenzij anders vermeld).
Er was alleen een jaareffect op de indringingsweerstand: in 2014 was het verschil tussen hoog water en laag water kleiner dan in 2013 en 2015 (figuur 4.2). Het verschil in vochtgehalte en grondwaterstand was ieder jaar gelijk.
Verder zien we dat het verschil in indringingsweerstand tussen de hoogwater- en laagwaterproefvlakken kleiner was in april dan in mei en juni (figuur 4.3) Met andere woorden: het verhogen van het waterpeil maakte het minst verschil in april en had het meeste effect later in het seizoen.
De afstand tot de sloot (transect) maakte uit voor de indringingsweerstand en de grondwaterstand. Het verschil in indringingsweerstand tussen hoog en laag water was op 3 m afstand significant het grootst op 3 m en het kleinst op 50 m (figuur 4.4). Er was ook een effect op het verschil in grondwaterstand. Op 3 m was het verschil groter dan op 10 m, op 10 m was het verschil weer groter dan op 50 m. Met andere woorden: hoe groter de afstand tot de sloot, hoe kleiner de uitwerking van de peilverhoging.

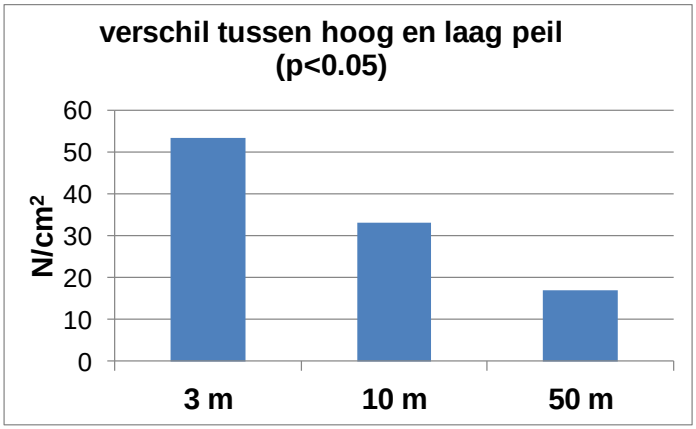
De hoogwatertypen maakten alleen verschil voor het vochtgehalte van de bodem. Het verschil tussen hoog en laag water was het grootst bij de individuele sloten en in de hoogwatergebieden en bij greppelplas-dras minder groot. Bij de indringingsweerstand en de grondwaterstand was er geen verschil tussen de typen. Zie hoofdstuk 6 voor discussie.



Figuur 4.2 Jaareffect voor de indringingsweerstand: het verschil in indringingsweerstand tussen hoog en laag peil is in de droge voorjaren van 2013 en 2105 groter dan in het gemiddeld natte voorjaar van 2014



Figuur 4.3 Effect van maand op de indringingsweerstand: het verschil in indringingsweerstand tussen hoog en laag peil wordt in de loop van het voorjaar groter



Figuur 4.4 Effect van afstand tot de sloot op de indringings-weerstand: het verschil in indringingsweerstand tussen hoog en laag peil is het sterkst dichtbij de sloot en neemt op afstand van de sloot af

Pompinstallatie om greppelplas-dras op peil te houden

5 Grasopbrengst

5.1 Aanpak

In dit onderdeel van de studie is het effect van hoogwatermaatregelen op de bruto grasopbrengst op graslandpercelen met hoog water berekend. Dit is zonder het effect op het graslandgebruik in de vorm van weiden en maaien. Aanvankelijk was de bedoeling dat met het model Waterpas (De Vos *et al*. 2006) de netto grasopbrengst berekend zou worden in bedrijfsverband. Echter, omdat de hoogwatermaatregelen veelal relatief kleine oppervlakten beslaan, is dit minder relevant. Bij grotere oppervlakten is het wel van belang om de verdergaande invloed op de bedrijfsvoering in de berekeningen mee te nemen.

5.1.1 Gebruikte gegevens

Als representatieve steekproef is voor vier locaties op kleigrond en klei-op-veengrond de gemiddelde grasproductie berekend voor een reeks van tien jaar met en zonder de hoogwatermaatregelen ‘greppelplas-dras’ en ‘hoogwatersloten’. Hiervoor is gebruik gemaakt van het model Grasgroei van Livestock Research en het hydrologische model SWAP (Kroes *et al.* 2009). Daarbij is een reeks van tien weerjaren (1992–2001) doorgerekend, om tot een goede benadering van de gemiddelde grasopbrengst te komen. De periode 1992-2001 is gekozen omdat deze weerjaren sterk uiteenlopende weersituaties vertegenwoordigen, variërend van zeer nat tot zeer droog. Met SWAP wordt per dag de zuigspanning in de wortelzone berekend (0-14 cm beneden maaiveld). De zuigspanning is een maat voor de hoeveelheid vocht in de bodem, die voor de gewasgroei beschikbaar is. De uitvoer van SWAP per jaar wordt als input gebruikt voor het grasgroeimodel. Het grasgroeimodel berekent de potentiële (maximale) grasgroei en deze productie vermindert bij vernatting of droogte. Zowel vernatting als droogte zorgen voor een verminderde gewasverdamping waardoor de productie lager wordt. De groeireductie ten opzichte van de potentiële groei wordt recht evenredig verondersteld met de verdampingsreductie (Doorenbos & Kassam 1979).

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de locaties Wyns en Kollum op kleigrond, met respectievelijk de experimentele maatregelen 'hoogwatersloot' en 'greppelplas-dras', en voor de locaties Smelle Ie en Rhaladyk (Aldtsjerk) op klei-op-veengrond, ook met respectievelijk een 'hoogwatersloot' en 'greppelplas-dras'. Op basis van de coördinaten van de experimentele proefvakken zijn voor de SWAP-berekeningen de locatiespecifieke bodem- en hydrologische eigenschappen gebruikt volgens de zogenaamde STONE-plots, zoals die gedefinieerd zijn in Boers *et al.* (1997).
De gegevens voor de berekeningen betreffende de bodem, de hoogwatermaatregelen, het peilregime, de proeflocaties en het stikstofleverend vermogen (NLV) van de bodem staan in tabel 5.1. NLV betreft de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie in de wortelzone ten goede komt aan de groei van gras (zie volgende paragraaf). In de berekeningen is voor alle behandelingen een slootpeil van 80 cm beneden maaiveld (-mv) als uitgangspunt genomen, omdat dit een veel voorkomend Fries landbouwpeil is. Dit is een gemiddeld peil. Dit peil wijkt in een aantal gevallen af van het peil in de referentiesloten op het (lokaal) gangbare peil in de proefvlakken. In het onderzoek naar de bodemeigenschappen is de feitelijke situatie in de praktijk gemeten; in het opbrengstdeel is qua waterpeil een gemiddelde situatie voor Fryslân doorgerekend. Bij het type ‘Hoogwatersloot’ wordt in de periode van 15 februari tot 15 juni het slootpeil tot aan het maaiveld verhoogd. In de rest van het jaar staat het peil op 80 cm –mv. Bij het type ‘Greppelplas-dras’ wordt gedurende 15 februari tot 15 juni via greppels water op het

maaiveld gepompt, zodanig dat op ten minste 60% van het perceel het water in het maaiveld stond of maximaal 20 cm daarboven. De aangrenzende sloten staan op normaal landbouwpeil (80 cm-mv) en hebben dus geen verhoogd peil.
Voor de bodem, neerslag en verdamping zijn dus locatiespecifieke gegevens gebruikt; voor de slootpeilen zijn vaste waarden gebruikt, op basis waarvan het model grondwaterstanden berekent. Deze afwijking van de feitelijke situatie op de onderzoekslocaties wordt in de discussie besproken.

Tabel 5.1 Uitgangspunten bij de berekeningen voor de bodem, de hoogwatertypen, het peilregime, de locatie en het stikstofleverend vermogen van de bodem (NLV in kg/ha).

Locatie	Grondsoort	Behandeling	Slootpeilregime	NLV
Wyns	klei	hoogwatersloot	0-20 cm -mv van 15/2 - 15/6, 80 cm -mv in de rest van het jaar	120
Wyns	klei	referentie hoogwatersloot	80 cm-mv	160
Augsbuurt	klei	greppelplas-dras	80 cm -mv, met maaiveld plas-dras van 15/2 - 15/6	120
Augsbuurt	klei	referentie greppelplas-dras	80 cm -mv	160
Smelle Ie	klei-op-veen	hoogwatersloot	0-20 cm -mv van 15/2 - 15/6, 80 cm -mv in de rest van het jaar	120
Smelle Ie	klei-op-veen	referentie hoogwatersloot	80 cm -mv	160
Rhaladyk Aldtsjerk	klei-op-veen	greppelplas-dras	80 cm -mv, met maaiveld plas-dras van 15/2 - 15/6	120
Rhaladyk Aldtsjerk	klei-op-veen	referentie greppelplas-dras	80 cm -mv	160

Voor ‘hoogwatersloot’ is de berekende grasproductie van toepassing op het deel van het grasperceel dat aan de sloot grenst en direct door de hoogwatermaatregel beïnvloed wordt. Voor het deel van het perceel dat buiten de invloedsfeer ligt (zie paragraaf 5.3), geldt de referentiesituatie. De berekeningen voor ‘Hoogwatersloot’ kunnen ook gebruikt worden voor het hoogwatertype 'hoogwatergebied' omdat het in een hoogwatergebied in feite om het gecombineerde effect van de omringende hoogwatersloten gaat (met een invloedsfeer per sloot, zie paragraaf 5.3). Het effect bij 'hoogwatergebied' wordt berekend door de effecten van de afzonderlijke sloten op hoog peil naar rato van de betrokken oppervlakte te vertalen.

5.1.2 Stikstofbemesting en oogsttijdstippen

Naast de vochtvoorziening van de bodem is stikstofbemesting een belangrijke groeiparameter. De gekozen maaidata en netto N-giften staan in tabel 5.2. Hierbij is uitgegaan van een stikstofleverend vermogen (NLV) van de bodem van 160 kg N per ha per jaar voor de referentiesituatie. Aangenomen is dat door de hoogwatermaatregelen het NLV daalt met ongeveer een kwart naar 120 kg N per ha per jaar. De NLV-hoeveelheden zijn ingeschat op basis van expert judgement, vanwege het ontbreken van onderzoeksgegevens.
Aangezien de hoogwatermaatregelen veelal gecombineerd worden met uitgesteld maaibeheer is de eerste maaidatum op z’n vroegst 15 juni. Om een te zware eerste snede te voorkomen wordt de eerste snede niet bemest. Doordat de eerste snede niet bemest wordt en door het late maaitijdstip, is het verschil in mestgift die geadviseerd wordt voor de resterende sneden, bij de verschillende NLV-hoeveelheden heel gering (www.bemestingsadvies.nl). De mestgiften zijn daarom gelijk gehouden voor beide hoogwatertypen en de referenties. Zodoende verschilt de stikstofvoorziening van de hoogwatervarianten alleen in het NLV. De eerste gift wordt na de oogst van de eerste snede gegeven.

Tabel 5.2. Oogst- en bemestingsdata en N-giften (kg per ha) per hoogwatertype per snede

	Snede			
Hoogwatertype	**1**	**2**	**3**	**4**
	Datum oogst (maaien of weiden)			
Hoogwatersloot	-	25-jul	5-sep	15-okt
Referentie hoogwatersloot	15-jun	25-jul	5-sep	15-okt
Greppelplas-dras	-	25-jul	5-sep	15-okt
Referentie greppelplas-dras	15-jun	25-jul	5-sep	15-okt
	N-gift (kg/ha)			
Hoogwatersloot	-	90	70	40
Referentie hoogwatersloot	-	90	70	40
Greppelplas-dras	-	90	70	40
Referentie greppelplas-dras	-	90	70	40

In de berekeningen zijn de oogstdata aan het groeimodel opgelegd en niet afhankelijk gesteld van de draagkracht van de graszode, zoals dat in Waterpas wel mogelijk is. Van de referentiesituaties is de oogstdatum van de eerste snede 15 juni. Voor de hoogwatermaatregelen is in de modelberekening op deze datum nog geen oogst uitgevoerd door een te gering grasaanbod. Hier vindt de eerste oogst plaats op het moment dat de tweede snede van de referentiesituatie geoogst wordt. Ook voor ‘hoogwatersloot’, waarbij de invloedsfeer van de hoogwatermaatregel slechts een deel van het perceel beslaat, zal in de praktijk een dergelijke combinatie van oogsttijdstippen gekozen worden; het relatief natte gedeelte wordt bij de eerste snede van oogst uitgesloten en wordt later bij de tweede snede meegenomen. Een relatief zware eerste snede (lange groeiduur vanwege uitgesteld maaibeheer) zal in de praktijk worden gemaaid en niet geweid. De latere sneden zijn relatief licht en kunnen zowel worden geweid als gemaaid.

5.2 Resultaten

In tabel 5.3 staan de berekende gemiddelde voederwaardeopbrengsten van het gras voor de hoogwatertypen 'greppelplas-dras' en 'hoogwatersloot'. Daarbij zijn de opbrengsten weergegeven per snede en als jaartotaal uitgedrukt in kVEM per ha (kiloVEM. VEM is voedereenheden melk). Ook is per locatie het verschil tussen de hoogwatermaatregel en de referentie weergegeven. De opbrengsten hebben betrekking op de beïnvloede oppervlakte. Bij greppelplas-dras betreft dat de hele oppervlakte van het perceel; bij de hoogwatersloot is dat alleen de strook langs de sloot. De bijbehorende droge stofopbrengsten staan in bijlage 3. De resultaten van de onderliggende SWAP-berekeningen staan in bijlage 4.

De grasproductie wordt bij beide hoogwatermaatregelen sterk gereduceerd ten opzichte van de referentiesituatie door de natte omstandigheden tijdens de groei van de eerste snede en door de lagere stikstoflevering vanuit de bodem. Door de zuurstofarme omstandigheden in de wortelzone staat de grasgroei in het voorjaar nagenoeg stil. De hoogwatermaatregelen leiden duidelijk tot natschade, vooral door het missen van de eerste snee.
Bij ‘greppelplas-dras’ bedraagt de opbrengstvermindering ongeveer 2.975 kVEM/ha en bij ‘hoogwatersloot’ ongeveer 2.850 kVEM/ha. Het verschil in droge stofopbrengst is ongeveer 160 kg per ha (bijlage 2). De financiële kosten van de opbrengstderving kunnen worden berekend met behulp van de kVEM-prijs van vervangend krachtvoer (zie paragraaf 5.4).

Tabel 5.3 Berekende voederwaardeopbrengsten van het gras voor de hoogwatertypen 'greppelplas-dras' en 'hoogwatersloot' (over de beïnvloede oppervlakte) per locatie, per snede, het totaal over alle sneden en het verschil tussen de hoogwatermaatregel en de referentie (kVEM per ha).

	Snede					Totaal	Verschil
	1	2	3	4	5		
Kollum							
Greppelplas-dras		2538	1534	1390		5462	
Referentie	3662	1635	1566	1574		8435	2974
Rhaladyk							
Greppelplas-dras		2538	1552	1411		5501	
Referentie	3644	1648	1585	1602		8478	2977
Smelle Ie							
Hoogwatersloot		2549	1575	1487		5612	
Referentie	3624	1626	1614	1591		8455	2843
Wyns							
Hoogwatersloot		2596	1559	1492		5647	
Referentie	3687	1657	1574	1579		8498	2851

Het effect van de hoogwatermaatregelen op de grasproductie kan met de gegevens uit tabel 5.3 naar rato van de invloedsfeer bepaald worden.

5.3 Beïnvloede oppervlakte

Uit de effecten van de hoogwatermaatregelen op de bodemeigenschappen is een indicatie af te leiden van de reikwijdte van de peilverhoging vanuit de sloten, dus over welke afstand de peilverhoging in het perceel doorwerkt. In tabel 5.4 zijn de verschillen in grondwaterstanden weergegeven tussen de hoogwaterproefvlakken en de referenties op gangbaar peil op verschillende afstanden vanaf de meetsloot (3, 10, 50 m) bij de individuele sloten op hoog water (het hoogwatertypen 'hoogwatersloot') en in de hele gebieden op hoog water ('hoogwatergebied').

Zoals eerder is vastgesteld, neemt het verschil in grondwaterstand af naarmate de afstand tot de sloot toeneemt. Tabel 5.4 laat zien, dat zowel in april als in juni in vrijwel alle gevallen de invloed van sloten op hoog water zich tot op een afstand van 50 m in het perceel doet gelden. En waarschijnlijk soms verder, maar dat is in dit project niet gemeten. Als een vuistregel kan worden gerekend met een beïnvloedingsafstand van hoogwatersloten van 50 m. Voor alle proefpercelen van het type 'hoogwatersloot' en 'hoogwatergebied' in dit onderzoek loopt deze invloed tot op de helft van de breedte van het perceel (zie kaarten in bijlage 1). In alle vier proefgebieden 'hoogwatergebied' betekent dat, dat percelen met rondom hoogwatersloten, in hun geheel onder invloed staan van de peilverhoging en de percelen aan de rand van het hoogwatergebied tot op een afstand van ca 50 m.

Tabel 5.4 Verschil in grondwaterstand op verschillende afstanden vanaf de sloot bij individuele sloten ('hoogwatersloot') en hele gebieden ('hoogwatergebied') op hoog peil t.o.v. de referentiesituatie. - = geen waarneming

Hoogwatertype	Maand	Afstand tot sloot (m)	Verschil in grondwaterstand hoog water-referentie (cm)		
			2013	2014	2015
Hoogwatersloot	Begin april	3	-	+51	-
		10	-	+26	-
		50	-	+22	-
	Begin juni	3	+34	+19	-
		10	+11	0	-
		50	+1	-18*	-
Hoogwatergebied	Begin april	3	-	+45	-7*
		10	-	+4	+2
		50	-	+17	-23*
	Begin juni	3	-	+17	+22
		10	-	+14	+18
		50	-	+5	+13

* hogere grondwaterstanden in de referenties zijn onwaarschijnlijk en hebben mogelijk met (tijdelijk) verstopte meetbuizen te maken.

5.4 Rekenvoorbeeld 2015

De verminderde voedingswaarde van het gras door de peilverhoging kan in de bedrijfsvoering worden gecompenseerd door extra krachtvoer aan te kopen. De aankoopprijs van krachtvoer was gemiddeld over 2015 12,3 eurocent per kVEM[1]. Bij een opbrengstderving van ca 2.900 kVEM per ha, zoals hierboven berekend, zijn de kosten bij deze kVEM-prijs € 356,70 per beïnvloede ha.

5.5 Discussie

In deze studie is een modelmatige benadering van de graslandopbrengsten gevolgd en zijn geen graslandopbrengsten gemeten. De meerwaarde van de modelmatige benadering is dat de relatie tussen waterpeil en opbrengst is gebaseerd op meetgegevens van veel verschillende locaties en verschillende jaren. Dat geeft een reëler beeld dan opbrengstmetingen van een beperkt aantal locaties gedurende één jaar. Bovendien zijn in de modellen locatiespecifieke bodem-, neerslag- en verdampingsgegevens gebruikt, die gelden voor de locaties waar de proeven lagen. Daarom geven de uitkomsten naar verwachting een reëel beeld.

Er is verschil in de gehanteerde waterpeilen bij het opbrengstonderzoek en de feitelijke waterpeilen in de proefvlakken. Door variaties in maaiveldhoogte en door weers-omstandigheden stond het waterpeil in de hoogwatersloten niet altijd tot aan de bovenkant van de sloot en stond bij greppelplas-dras niet altijd op 60% van de oppervlakte het water in het maaiveld of daarboven. In meerdere gevallen stond in de referentiesloot het peil hoger dan 80 cm beneden maaiveld. In het opbrengstonderzoek zijn dus wel lokale bodem-, neerslag- en verdampingsgegevens gebruikt, maar voor de referenties een meer algemeen in Fryslân geldend waterpeil. De bodem-, neerslag- en verdampingsgegevens zijn overigens ook representatief voor een gemiddelde Friese graslandsituatie. Het voordeel van deze keuze van

[1] http://www.wageningenur.nl/upload_mm/a/d/6/879bb287-3e3e-44eb-ad3b-306ff3ecd60e_Voederwaardeprijzen_160112.pdf

de parameters is de meer algemene geldigheid van de berekeningen voor het gangbaar intensieve boerenland. Het lijkt er echter op dat in de praktijk voor de hoogwatermaatregelen relatief laag gelegen percelen met hogere waterpeilen worden gekozen, met gangbaar minder drooglegging dan 80 cm. In de praktijk is er dus minder opbrengstverschil tussen de hoogwatersituatie en de referentie dan hierboven is berekend. Aan de andere kant hebben metingen in het kader van het provinciale veenweidebeleid laten zien dat er geen opbrengstverschillen waren tussen een drooglegging van 80 cm en een drooglegging van 60 cm (mondelinge mededeling T. Steenbruggen, Provincie Fryslân). Volgens de hier gebruikte modellen is de verwachting echter dat er bij 80 cm drooglegging op de betreffende bodems meer droogteschade is en moet de opbrengstderving daarom als relatief hoog worden beschouwd.

Figuur 5.1 Een enkele sloot op hoogpeil (links) en de referentie (rechts) op gangbaar landbouwpeil in Smelle Ie op klei-op-veen. Het gangbare peil is in dit geval ca 50 cm -mv.

Figuur 5.2 De greppelplasdras bij Augsbuurt trok in het koude en droge voorjaar van 2013 veel vogels (links). In het referentieproefvlak (rechts) stonden de greppels in dit voorjaar al gauw droog.

6 Discussie en conclusies

6.1 Ecologische effecten

6.1.1 Effecten op de bodem

De peilverhogingen in dit onderzoek leidde gemiddeld over alle hoogwatertypen tot een 20% lagere indringingsweerstand van de bodem, tot een 25% hoger vochtgehalte en tot een 20 cm hogere grondwaterstand. Dit is in overeenstemming met de verwachtingen.

Er bleek weinig verschil tussen de hoogwatertypen. Er was alleen verschil in het vochtgehalte van de bodem: bij de hoogwatersloten was het bovenin de bodem gemiddeld vochtiger dan bij greppelplas-dras en het hoogwatergebied. Voor indringingsweerstand en grondwaterstand was er geen verschil tussen de typen. Dit is verrassend. De typen verschillen nogal flink in de mate waarin water wordt vastgehouden of aangevoerd via greppels. Zo is het opvallend dat greppelplas-dras op geen enkele bodemeigenschap beter scoort dan de andere typen, terwijl de directe beïnvloeding van de vochttoestand van de bodem op afstand van de sloot behoorlijk groter is. En dat juist het type met de kleinste beïnvloeding, de individuele hoogwatersloot (met verhoog waterpeil vanaf slechts één kant), zich onderscheidt met een hoger bodemvochtgehalte, is ook opvallend. Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan is. Het lijkt niet aan de meetmethode te liggen. Het effect van hoog water werkt wel verschillend door bij de hoogwatersloten en bij greppelplas-dras. Bij de hoogwatersloten werkt het water sterker door dichtbij de meetsloot; bij greppelplas-dras staat de meetsloot op laag peil en vernat het water juist meer verderop op het perceel. Daar zou het effect sterk moeten zijn, omdat het water op het maaiveld wordt gebracht. De greppels liggen doorgaans op 12-15 m vanaf de sloot en van elkaar. Het effect van het aangevoerde water zou in het 10 m- en het 50 m-transect gemeten moeten zijn. Het heeft mogelijk te maken met het feit dat de hoogwatermaatregelen allemaal op een andere locatie zijn uitgevoerd en dat lokale omstandigheden een rol hebben gespeeld.

Het ene jaar is peilverhoging effectiever (leidt tot een groter verschil met laag water) dan het andere jaar. Dit heeft mogelijk met de hoeveelheid neerslag te maken. Neerslag maakt dat de hoeveelheid bodemvocht in een perceel minder afhankelijk is van aanvoer via sloten of greppels, waadoor de hoeveelheid bodemvocht bovenin de bodem in de referenties ook relatief hoog blijft. Bij het ontbreken van neerslag en geen aanvoer vanuit sloten of greppels daalt de hoeveelheid bodemvocht bovenin de bodem door verdamping. Dit gebeurt dan op de referentiepercelen. Het is daardoor aannemelijk dat het effect van peilverhoging in droge jaren sterker is dan in natte jaren. Of het jaareffect een gevolg is van meer of minder neerslag, is echter in het kader van dit project niet onderzocht.

Over de hoogwatertypen gezamenlijk bleken de verschillen in indringingsweerstand en grondwaterstand tussen hoog en laag peil dicht langs de meetsloot (met hoog water) groter dan op afstand van de sloot. Het effect neemt dus verderop op het perceel af. Dit is overeenkomstig de verwachting. Het heeft te maken met de weerstand die het aangevoerde water bij zijdelingse indringing in de bodem ondervindt. Op afstand van de sloot wordt daardoor het verlies door verdamping minder gecompenseerd. Overigens stond bij greppelplas-dras de meetsloot op gangbaar laag peil en ligt een omgekeerde gradiënt (minder verschil dichtbij de sloot, meer verschil verder op het perceel) meer voor de hand. Kennelijk was de gradiënt bij de andere twee typen zo sterk, dat die het omgekeerde effect bij greppelplas-dras overheerste.

6.1.2 Effecten op foerageersucces Grutto

Gemiddeld over alle onderzochte proefvlakken was er een positief effect van de peilverhoging op het foerageersucces: bij hoog water was het percentage succesvolle prikken 50% groter dan bij laag water (22 versus 14,5%). Hierbij was er geen verschil tussen de hoogwatertypen. Binnen de hoogwatertypen was er alleen verschil tussen de individuele sloten en greppelplasdras enerzijds en de hoogwatergebieden anderzijds. In de hoogwatergebieden was het aantal succesvolle prikken per minuut ongeveer twee keer hoger dan in de referenties op laag water.

Het hogere foerageersucces bij hoog water is in overeenstemming met de verwachting.

Grutto's zijn alleen foeragerend waargenomen bij indringingsweerstanden tussen 60 en 110 N/cm^2. Bijna de helft van de metingen zat hoger, namelijk tussen 110 en 400 N/cm^2. Deze laatste waarden zijn vooral gemeten bij het gangbare landbouwpeil. Kleijn *et al.* (2011) maten waarden van 40-250 N/cm^2, waarbij Grutto's foerageerden. Ook dit betrof klei- en klei-op-veengronden. Het verschil kan met de omstandigheden te maken hebben. Mogelijk hebben Kleijn *et al.* in een drogere periode gemeten.

6.2 Grasopbrengst

De invloed van hoogwatermaatregelen op het graslandgebruik (maai- en weideschema) is buiten beschouwing gebleven, omdat het veelal een relatief kleine oppervlakte betreft ten opzichte van het gehele bedrijfsareaal. De invloed is zodoende gering. In de praktijk is het graslandgebruik afhankelijk van de draagkracht van de graszode. In het gebruikte grasgroeimodel zijn de maaidata echter vastgelegd op 15 juni, de maaidatum van het veelal betreffende beheerpakket. Wanneer wel rekening met de draagkracht gehouden zou worden, zouden de droge stofopbrengsten en voederwaardeopbrengsten mogelijk anders zijn. Dit betekent dat naast een direct effect op de grasgroei (natschade) ook nog een indirecte effect kan optreden door uitstel van grasoogst (gebruiksschade). Dit zal vooral het geval zijn wanneer door te natte omstandigheden de eerste snede later gemaaid wordt dan het betreffende beheerpakket voorschrijft. Dit leidt tot verdere afname van de voederwaarde.

De SWAP-berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de locatiespecifieke bodem- en hydrologische eigenschappen volgens de zogenaamde STONE-plots (Boers *et al.*1997). Deze benadering van de werkelijkheid kan verbeterd worden door de SWAP-invoer te kalibreren op basis van metingen. Dit is echter tijdrovend werk en kon niet binnen het beschikbare projectbudget worden uitgevoerd. Naar verwachting is met de modellering een reële schatting gemaakt omdat het model in veel verschillende omstandigheden is getest, met locatiespecifieke bodem-, neerslag- en verdampingsgegevens van de proeflocaties rekent en de opbrengstderving als het gemiddelde over tien jaren (met verschillende weersomstandigheden) berekent. Dit geeft een reëler resultaat dan graslandopbrengstmetingen van een beperkt aantal locaties uit één jaar.

Voor de kosten van de peilverhoging is van belang welk deel van de betrokken percelen onder invloed staat van de peilverhoging. In de vorige hoofdstukken zagen we dat de invloed van individuele hoogwatersloten vaak tot op 50 m vanaf de sloot het perceel in reikt. Dit is een grove schatting, omdat de invloed van afstand tot de sloot alleen voor 3, 10 en 50 m vanaf de sloot is berekend en niet verderop op het perceel. Het effect deed zich niet in alle maanden in het voorjaar voor en niet gedurende alle onderzoeksjaren, maar lijkt als vuistregel wel hout te snijden. De proefpercelen in dit onderzoek waren vrijwel zonder uitzondering niet breder dan 100 m (zie bijlage 1). Naar verwachting doet zich bij smallere percelen dan 100 m de invloed

van de andere (laagwater)sloot zich in de andere helft van het perceel gelden. De vuistregel wordt dan een beïnvloede zone van 50 m en, in het geval van percelen smaller dan 100 m, de helft van het perceel. Percelen met greppelplas-dras staan over de volledige oppervlakte onder invloed van het hoge peil.

6.3 Conclusies

6.3.1 Effecten op de bodem

1 Gemiddeld over alle drie hoogwatertypen en over een afstand tot 50 m vanaf de meetsloot leidt peilverhoging tot aan de bovenkant van de sloot tot een verhoging van de grondwaterstand met 20 cm, een verhoging van het vochtgehalte van de bodem met 25% en een verlaging van de indringingsweerstand met 20%.

   De grondwaterstand in de hoogwaterproefvlakken was gemiddeld 40 cm beneden maaiveld. Deze stand ligt (vrijwel) binnen de polderpeilen die optimaal zijn voor Grutto's (0-35 cm op klei-op-veen; 0-50 cm op klei, Teunissen *et al.* 2012). De indringingsweerstand nam af van gemiddeld 140 N/cm^2 naar 104 N/cm^2. Hiermee komt die weerstand binnen het traject van 60-110 N/cm^2 waarbij Grutto's in dit onderzoek uitsluitend foerageerden (zie conclusie 7),

2 De verschillen tussen de hoogwatertypen waren gering. Alleen bij de individuele sloten op hoog peil was in de beïnvloede zone van 50 m langs de sloot sprake van een hoger vochtgehalte van de bodem vergeleken met greppelplas-dras en groepen van percelen op hoogwater (hoogwatergebied). Er was geen verschil tussen de typen voor de indringingsweerstand en de grondwaterstand (in de beïnvloede zones).

   Het geringe verschil is verrassend. Ten opzichte van peilverhoging in één individuele sloot is de invloed op de aangrenzende 50 m bij greppelplas-dras en peilverhoging in de overige sloten rond het perceel naar verwachting groter. Dit komt niet uit de metingen naar voren. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat de hoogwatermaatregelen elk op een andere locatie zijn uitgevoerd en dat lokale omstandigheden een rol hebben gespeeld. Het lijkt geen effect van de meetmethode. Hoogwatersloten vernatten een perceel vanuit de zijkant, greppelplas-dras vanuit het midden. Door de ligging van de transecten van 3-50 m vanaf de meetsloot het perceel op, waren beide effecten goed te meten,

3 Het ene jaar was peilverhoging effectiever (leidde tot een groter verschil met laag water) dan het andere jaar. Het is aannemelijk dat het effect van peilverhoging in droge jaren sterker is dan in natte jaren. Dit is in het kader van dit project niet onderzocht,

4 Gemiddeld over alle drie hoogwatertypen nam het effect van peilverhoging met de afstand tot de meetsloot af. Met uitzondering van enkele maanden in sommige jaren reikte de peilverhoging tot ten minste 50 m het perceel in.

6.3.2 Effecten op het foerageergedrag van Grutto's

5 Gemiddeld over de drie hoogwatertypen was het foerageersucces (uitgedrukt als percentage succesvolle foerageerprikken van het totale aantal prikken) bij hoog water 50% hoger dan bij het gangbare landbouwpeil (22% succes tegen 14,5% succes),

6 Het verschil tussen de hoogwatertypen was gering. Er was alleen verschil tussen de individuele sloten en greppelplas-dras enerzijds en de hoogwatergebieden anderzijds. In de hoogwatergebieden was het aantal prikken en succesvolle prikken per minuut ongeveer twee keer hoger dan in de referenties op laag peil,

7 De Grutto's foerageerden alleen bij een indringingsweerstand van de bodem tussen 60 en 110 Nanometer per cm^2 en een vochtgehalte van ten minste 40%. In 50% van de metingen was de indringingsweerstand hoger dan deze kritische waarden. Dit gold vooral voor de referentiepercelen op gangbaar peil (zie conclusie 1). Het minimumvochtgehalte van 40% maakte minder verschil, want 90% van de meetlocaties voldeed eraan,

8 Voor het overige was het verband tussen het foerageergedrag en de gemeten bodem-eigenschappen gering. Het enige verband was tussen foerageerintensiteit en het vochtgehalte van de bodem: hoe vochtiger de bodem, hoe meer minuten per uur er gefoerageerd werd,

9 De algemene conclusie is dat de peilverhoging gemiddeld over alle drie hoogwatertypen leidde tot een verbetering van het foerageersucces van Grutto's. Van de drie typen scoorden de hoogwatergebieden het beste.

6.3.3 Grasopbrengst

10 De opbrengstderving is modelmatig geschat en niet in het veld gemeten. Voor de schatting zijn wel locatiespecifieke bodem-, neerslag- en verdampingsgegevens gebruikt. Door de gemiddelde opbrengstderving over een reeks van tien jaar te berekenen is het effect van zeer uiteenlopende weersituaties meegenomen. Dit geeft een goed beeld van de gemiddelde opbrengstderving, die reëler is dan metingen op een beperkt aantal locaties in één jaar.

11 De opbrengstderving is berekend voor een gemiddelde Friese graslandsituatie met een hoog slootpeil van 0-20 cm beneden maaiveld en een gangbaar referentiepeil van 80 cm beneden maaiveld. In de praktijk van de proefvlakken was het verschil in slootpeil kleiner, met naar verwachting minder droogteschade dan bij 80 cm drooglegging. De berekende opbrengstderving betreft zodoende de bovengrens van het effect dat in de praktijk voorkomt.

12 De vermindering van de voederwaardeproductie van gras door de hoogwatermaatregelen ‘greppelplas-dras’ en ‘hoogwatersloot’ bedraagt 2.800 á 3.000 kVEM ten opzichte van de referentiesituatie.

Dit is onder omstandigheden van uitgesteld maaibeheer (zoals in de praktijk vaak het geval is) en bij een gelijke hoeveelheid stikstofbemesting. De vermindering is bij 'greppelplas-dras' ongeveer 125 kVEM hoger dan bij ‘hoogwatersloot’. De grasgroei wordt in het voorjaar door de vernattingsmaatregelen praktisch tot nul gereduceerd. Er is geen verschil tussen klei en klei-op-veen,

13 In de berekeningen zijn de oogstdata van de grassneden vastgelegd en niet afhankelijk gesteld van de draagkracht van de graszode. Er is uitgegaan van gunstige oogstomstandigheden waardoor op de maaidatum van 15 juni kan worden gemaaid. Eventuele ‘gebruiksschade’ door oogstvertraging bij ongunstige omstandigheden is niet verdisconteerd,

14 In de meeste gevallen (maanden en jaren) reikte het effect van de hoogwatersloten op de grondwaterstand tot minstens 50 m het perceel in (met gemiddeld ca 20 cm verhoging van de grondwaterstand). Als vuistregel voor de beïnvloede oppervlakte vanaf een hoogwatersloot kan met die afstand van 50 m gerekend worden (of met de helft van het perceel wanneer dat smaller is dan 100 m). Over deze oppervlakte geldt de berekende opbrengstderving.

15 De opbrengstderving kan worden gecompenseerd door het aankopen van krachtvoer. De prijs van krachtvoer was in 2015 12,3 eurocent per kVEM. De kosten van het compenseren van een opbrengstderving van gemiddeld 2.900 kVEM per ha waren in 2015 derhalve € 356,70 per beïnvloede ha. Omdat het verschil tussen het hoge en het lage slootpeil in de praktijk van de onderzoeksgebieden kleiner was, moet dit bedrag als een maximum-schatting worden gezien.

Hoogwatersloot bij Raard

7 Literatuur

Boers P.C.M. (red.), H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W Ruijgh & J.A.P.H. Vermulst 1997. Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. RIZA 97.012, SC-DLO 532.

Doorenbos, J. & Kassam, A.H**.** 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper* No. 33. Rome, FAO.

Kleijn, D. *et al*. 2011 in: Teunissen & Wymenga (eds) 2011.

Kroes J.G., Van Dam J.C., Groenendijk P., Hendriks R.F.A., Jacobs C.M.J. 2009. SWAP version 3.2, Theory description and user manual, Wageningen University and Research Centre, Wageningen.

Oosterveld, E.B., L.W. Bruinzeel, E. Wymenga 2014. Ecologie van weidevogels: Kennis-bundeling voor bescherming en beheer. A&W-rapport 1831.Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Schekkerman, H. 1997. Graslandbeheer en groeimogelijkheden voor weidevogelkuikens. IBN-rapport 292. IBN/DLO, Wageningen.

Teunissen, W.A. & Wymenga, E. (Eds.) 2011. Factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van weidevogelpopulaties. Belangrijke factoren tijdens de trek, de invloed van waterpeil op voedselbeschikbaarheid en graslandstructuur op kuikenoverleving. SOVON-onderzoeks-rapport 2011/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. A&W-rapport 1532. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden. Alterra rapport 2187, Alterra, Wageningen.

Teunissen, W.A., A.G.M. Schotman, L.W. Bruinzeel, H. ten Holt, E.B. Oosterveld, H. Sierdsema, E. Wymenga & Th.C.P. Melman 2012. Op naar kerngebieden voor weidevogels in Nederland. Werkdocument met randvoorwaarden en handreiking. Alterra-rapport 2344, Alterra, Wageningen. Sovon-rapport 2012/21. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. A&W-rapport 1799. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek Feanwâlden.

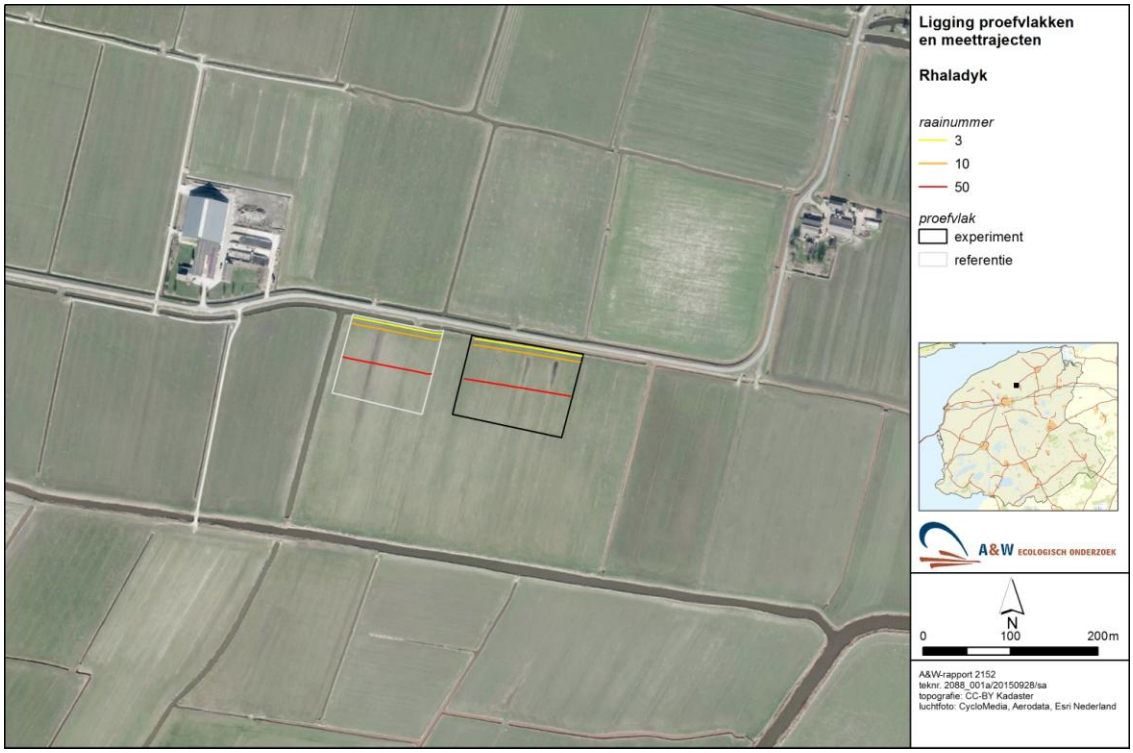
Vos, J.A. de , P.J.T. van Bakel, I.E. Hoving, R.A. and Smidt 2006. Raising surface water levels in peat areas with dairy farming Upscaling hydrological, agronomical and economic effects from farm-scale to local scale. Agricultural Water Management 86: 187–195.

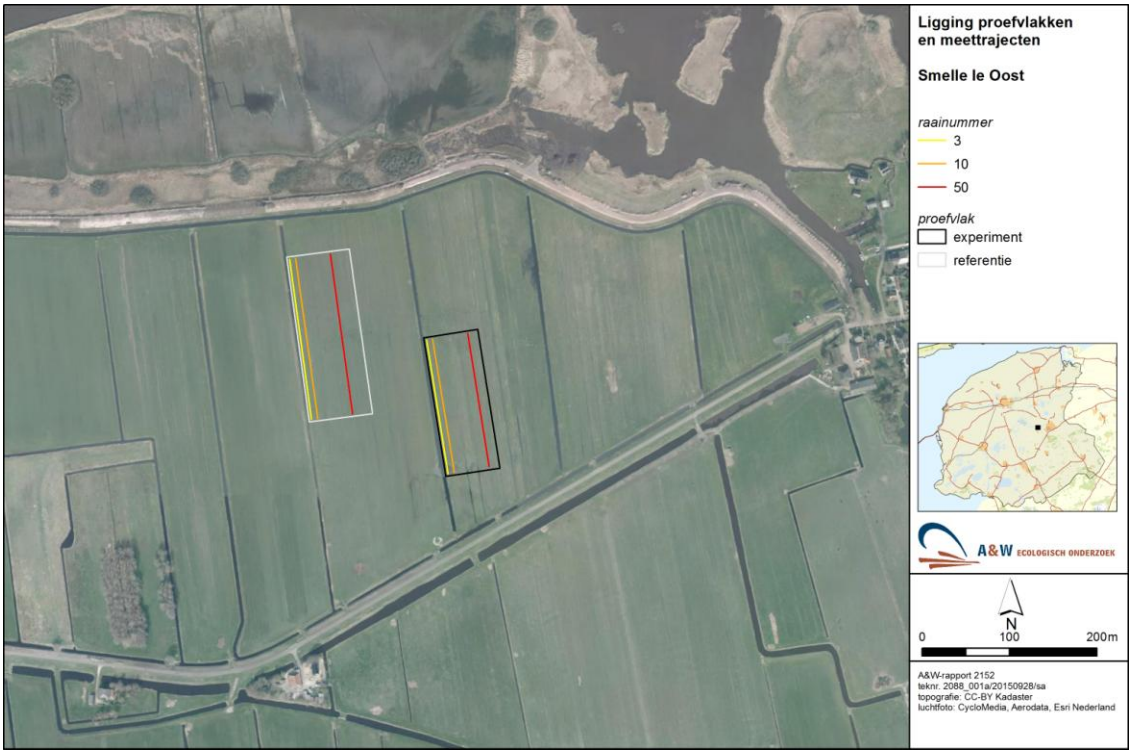
Bijlage 1 Detailkaarten met de proefvlakken per locatie

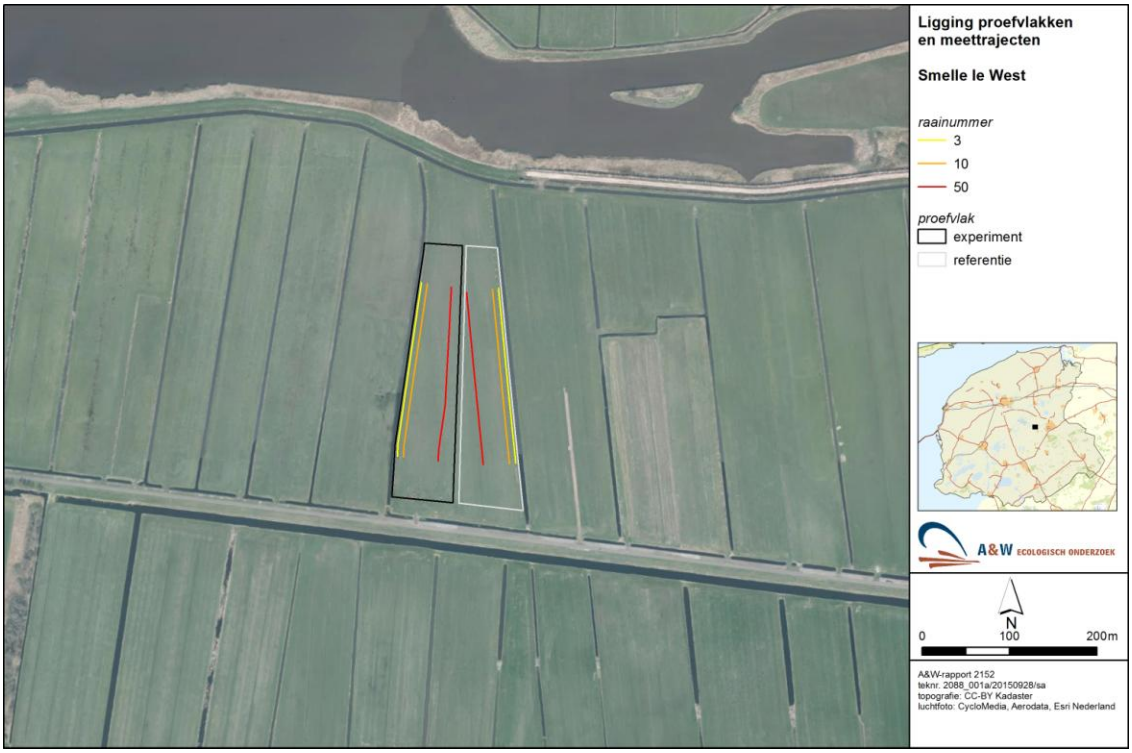
Ligging proefvlakken en meettrajecten
Goatum
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
300
600m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

Ligging proefvlakken en meettrajecten
Goingaryp
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

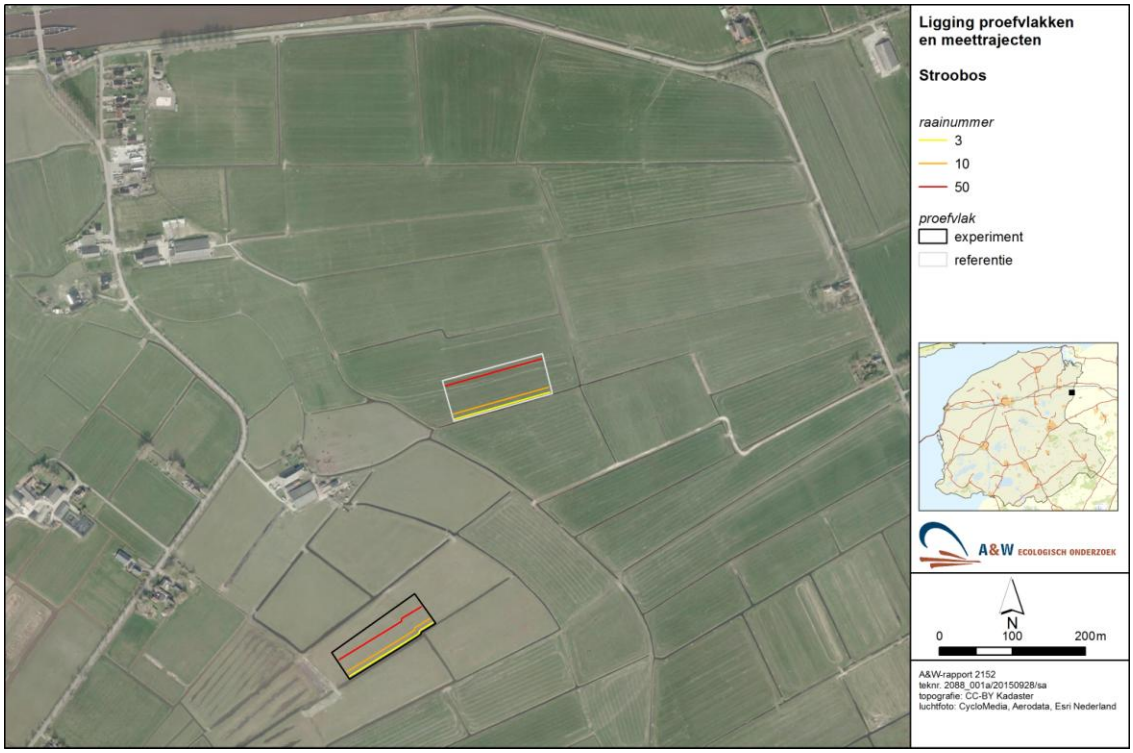
Ligging proefvlakken
en meettrajecten
Raard
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland


Ligging proefvlakken
en meettrajecten
Rhaladyk
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland


Ligging proefvlakken en meettrajecten
Smelle le Oost
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland


Ligging proefvlakken en meettrajecten
Smelle le West
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

Ligging proefvlakken en meettrajecten
Stanialand Kollum
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland


Ligging proefvlakken en meettrajecten
Stroobos
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

Ligging proefvlakken en meettrajecten
Warstiens
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

Ligging proefvlakken en meettrajecten
Wyns
raainummer
3
10
50
proefvlak
experiment
referentie
A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK
N
0
100
200m
A&W-rapport 2152
teknr. 2088_001a/20150928/sa
topografie: CC-BY Kadaster
luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri Nederland

Bijlage 2 Droge stofopbrengst hoogwatermaatregelen

Berekende droge stofopbrengsten gras (1992-2001) bij greppelplas-dras en hoogwatersloot per locatie, per snede, het totaal en het verschil tussen de hoogwatermaatregel en de referentie (kg ds per ha).

	Snede					Totaal	Verschil
	1	2	3	4	5		
Kollum							
Greppelplas-dras		2827	1608	1490		5925	
Referentie	4082	1674	1614	1698		9067	3142
Rhaladyk							
Greppelplas-dras		2828	1631	1517		5976	
Referentie	4060	1690	1636	1734		9120	3144
Smelle Ie							
Hoogwatersloot		2842	1661	1613		6116	
Referentie	4036	1661	1674	1721		9092	2977
Wyns							
Hoogwatersloot		2903	1641	1619		6163	
Referentie	4115	1703	1624	1706		9148	2985

Bijlage 3 Bepaling hydrologische uitgangspunten voor berekening opbrengstderving

Methode
Met GIS zijn de percelen op de aangeleverde kaartjes gelokaliseerd en toegekend aan een STONE-plot, met de volgende drainagemiddelen: sloten aan de kopse kanten, sloten aan de lange zijden, greppels en runoff. Voor de situering van de greppels is uitgegaan van 25 cm diepte en een tussenafstand van 15 m. De drainage- en infiltratieweerstanden voor de greppels zijn afgeleid uit de STONE-gegevens. De drainage- en infiltratieweerstanden voor de sloten zijn eveneens afgeleid uit de STONE-gegevens en aangepast aan de slootafstanden op de kaartjes.

Voor de onderrand is een stijghoogte opgelegd met een sinusvormig verloop dat per lokatie zodanig is afgestemd dat de opgegeven vaste flux van STONE als netto kwel/wegzijging gemiddeld over de 10 jaar (1992-2001) werd verkregen. Daarbij is ook de deklaagweerstand uit STONE licht aangepast. Voor de scenarioberekeningen was een onderrandflux berekend op basis van de grondwaterstand (en dus slootpeil) noodzakelijk, want bij peil opzetten neemt de wegzijging toe en neemt de kwel af.

De afvoer werd in SWAP geregeld via een stuw op basis van realistische waarden voor de twee stuurparameters. Bij de inlaat werd een aanslagpeil van 5 cm onder streefpeil gehanteerd een drempelwwaarde die in de praktijk veel wordt gehanteerd. De capaciteit van de inlaat was zo groot dat het streefpeil snel werd bereikt (meestal binnen de dag). Impliciet is aangenomen dat er altijd voldoende water is om het peil te handhaven. Om praktische redenen werd in plaats van 0 cm –mv uitgegaan van 0,05 cm –mv.

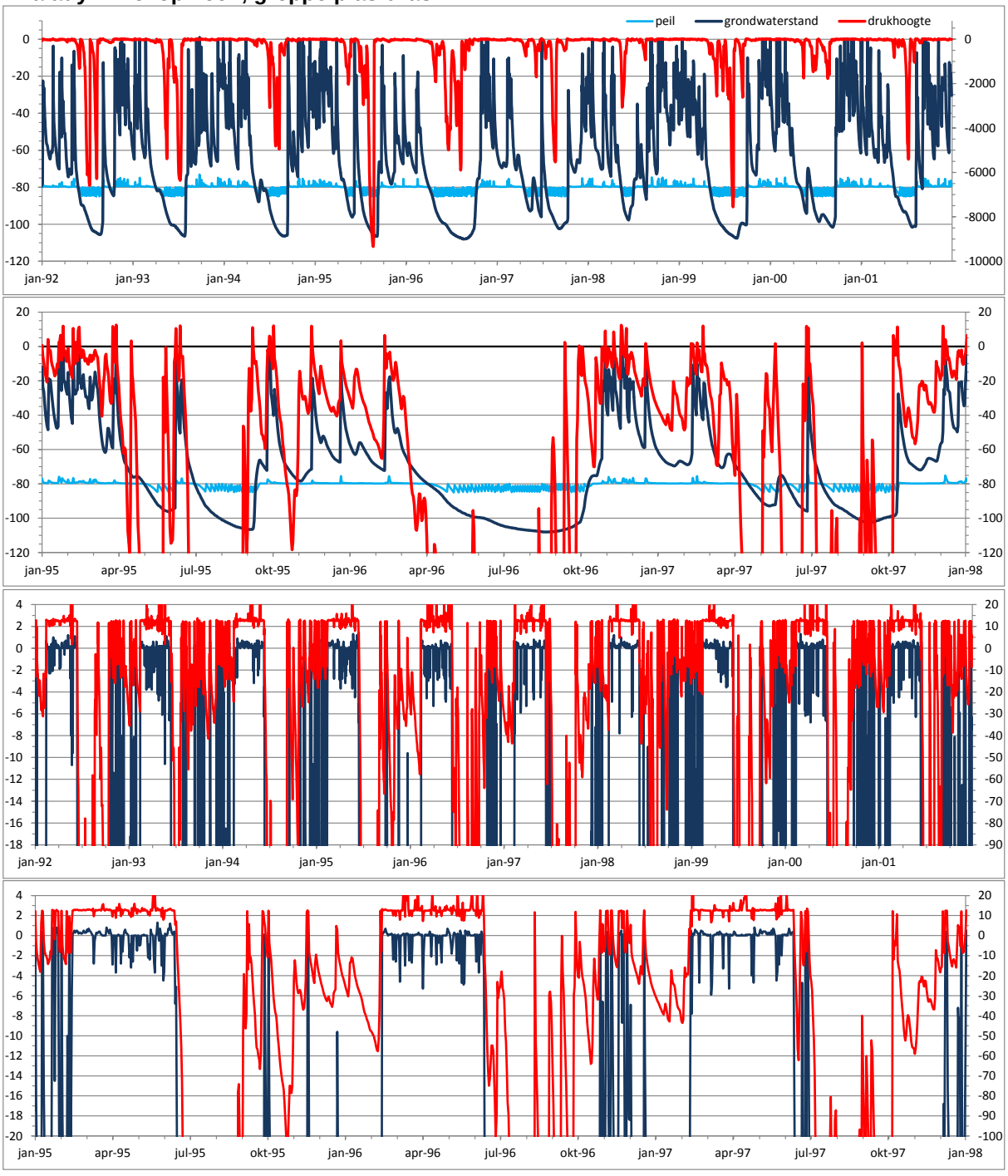
‘Plas-dras’ is gemodelleerd als:
- deze optie is afwijkend van de andere scenarios incl. de referentie niet doorgerekend met het oppervlaktewaterbakje van SWAP, waarin het peil in de sloten kan fluctueren afhankelijk van streefpeil en drempel rond het streefpeil, maar met vaste peilen. Dat impliceert dat er vanuit is gegaan dat er voldoende water beschikbaar was om het peil in de greppels in de plas-drasperiode te handhaven.
- alle drainagemiddelen behalve greppels – dat zijn er twee – zijn op een continu peil van 80 cm –mv gehouden;
- de greppel is van 15 februari tot 15 juni op een peil van 0,05 cm –mv gezet; in de rest van het jaar is geen peil opgelegd maar vormt de greppelbodem op 25 cm diepte de drainagebasis.

Om ‘hoogwatersloot’ goed te kunnen parameteriseren is de volgende interpretatie aan de gegeven informatie gegeven:
- ‘uitzakken van 0 naar 80 cm – mv’ is gemodelleerd als: vanaf 15 feb. de stuw op 0,05 cm – mv laten staan en een drempel voor waterinlaat van 80 cm onder streefpeil hanteren, waardoor pas als de drempel is onderschreden water wordt ingelaten. Het peil kan uitzakken tot de drempel en al het drainagewater uit die periode wordt vastgehouden. Na 15 juni wordt de stuw op 80 cm –mv gezet.
- de stuw werd tot 1 november op 80 cm –mv gehouden. Vanaf 1 november werd de stuw op 0,05 cm –mv gezet.

Resultaten

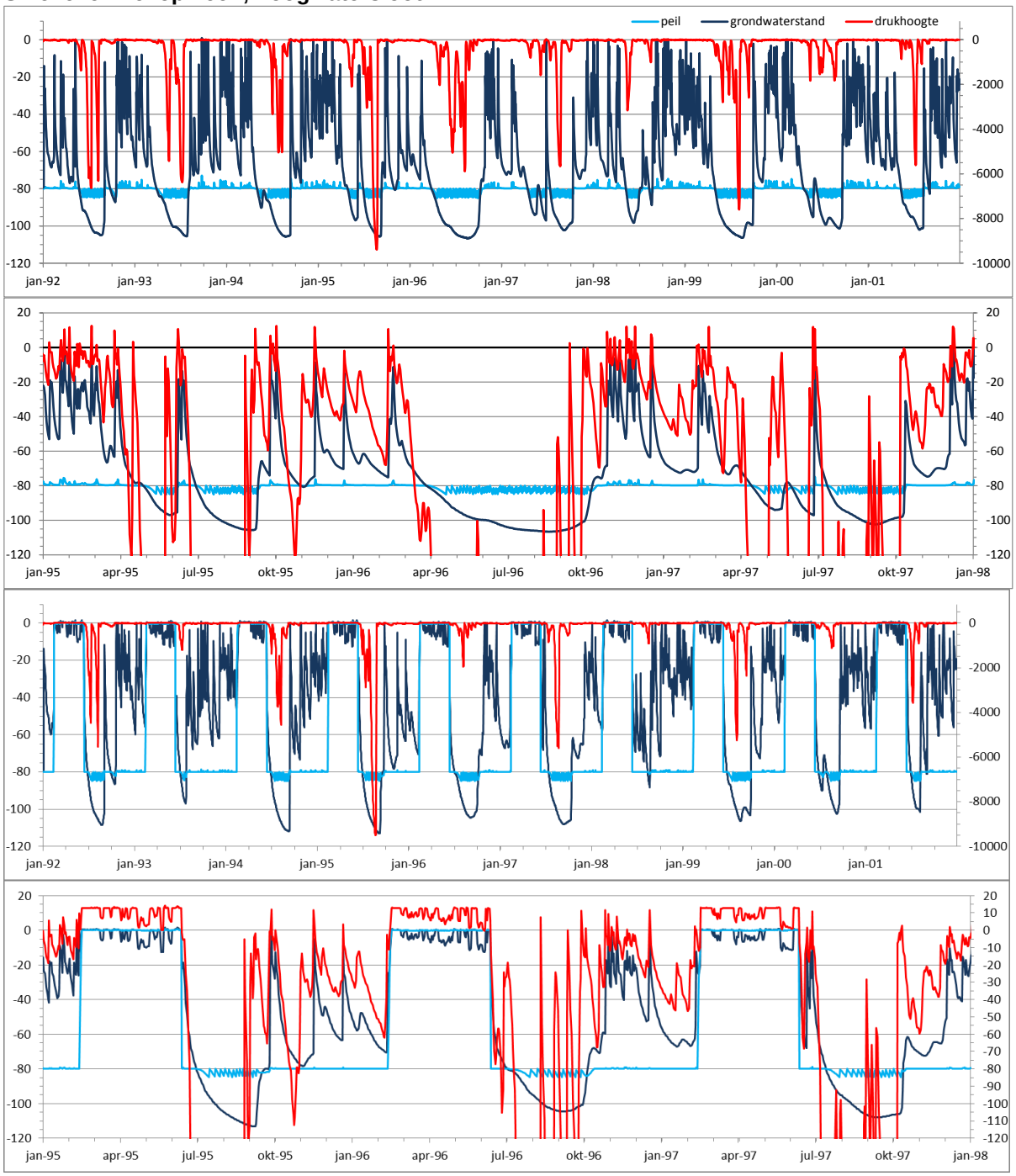
Per locatie zijn de slootpeilen, berekende grondwaterstanden en drukhoogten in vier grafieken weergegeven, namelijk voor ‘referentie’ en ‘scenario’ in twee figuren: één voor de hele periode van tien jaar (1992-2001) en één voor de periode 1995-1997 om meer detail te laten zien. De periode rond 1996 is gekozen, omdat in dat jaar met een droog voorjaar en laatste deel van de winter als enige het peil vanaf eind februari constant geleidelijk afneemt tot rond 40 cm –mv op 5 juni. In andere jaren is het nat genoeg om het peil lang te handhaven op een hoog niveau tussen 0,5 en 5 cm –mv. Ook in 1996 zakt het peil bij Wyns niet verder uit dan tot 40 cm –mv. Blijkbaar is er bij dit perceel met geringe kwel in 1996 voldoende bergingscapaciteit in de sloot om het peil lang in het voorjaar hoog te houden. Bij Smelle Ie lukte dat niet. Dit perceel heeft wegzijging in 1996; ook al bij de referentie als het peil begin van het jaar niet is opgezet.

Rhaladyk: klei op veen, greppelplas-dras



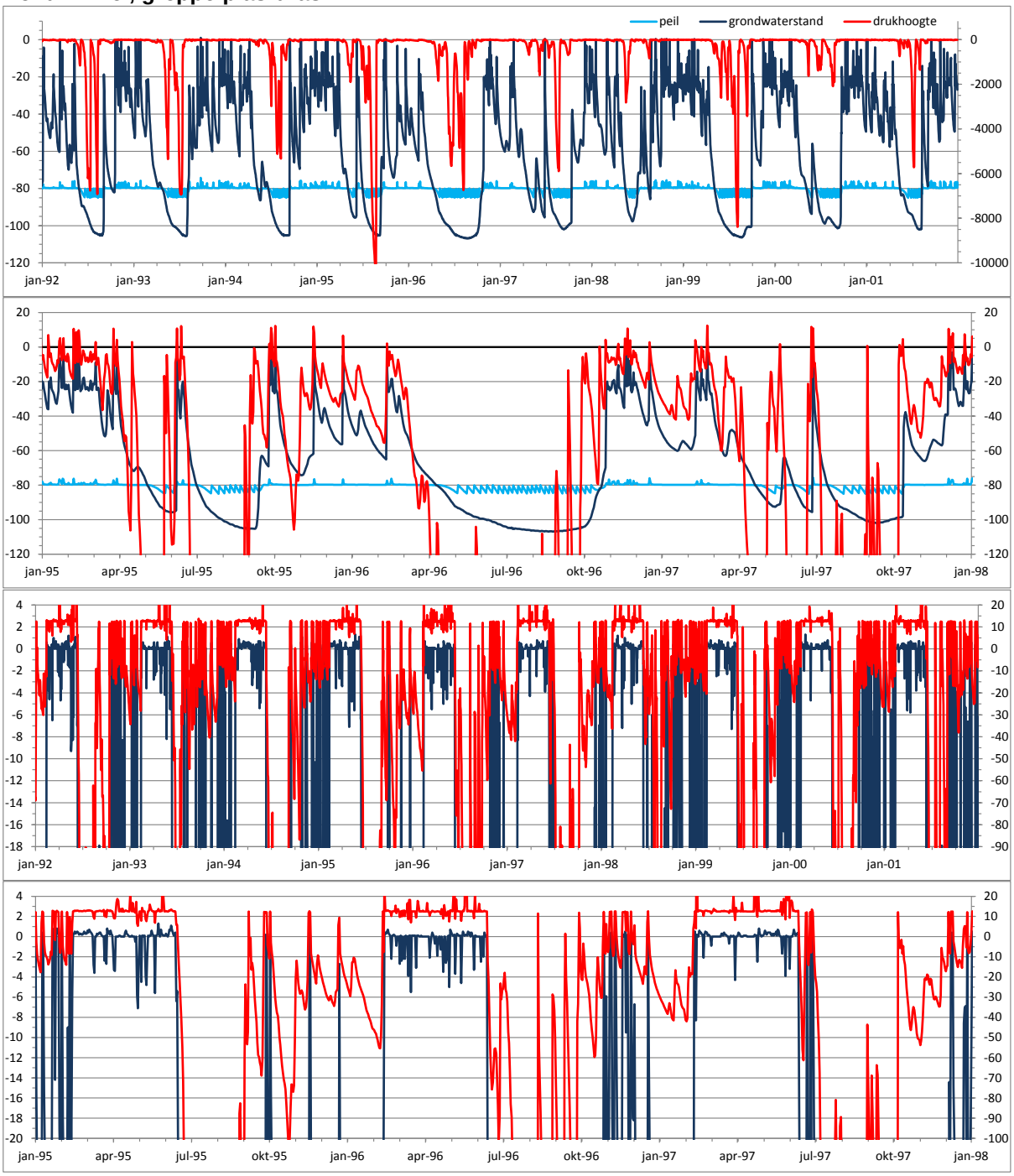
Figuur 1. Resultaten Rhaladyk: helemaal boven referentie, daaronder detail referentie, daaronder greppelplas-dras en helemaal onder detail greppelplas-dras. Alle waarden in cm; peilen in cm tov mv.

Smelle Ie: klei op veen, hoogwatersloot



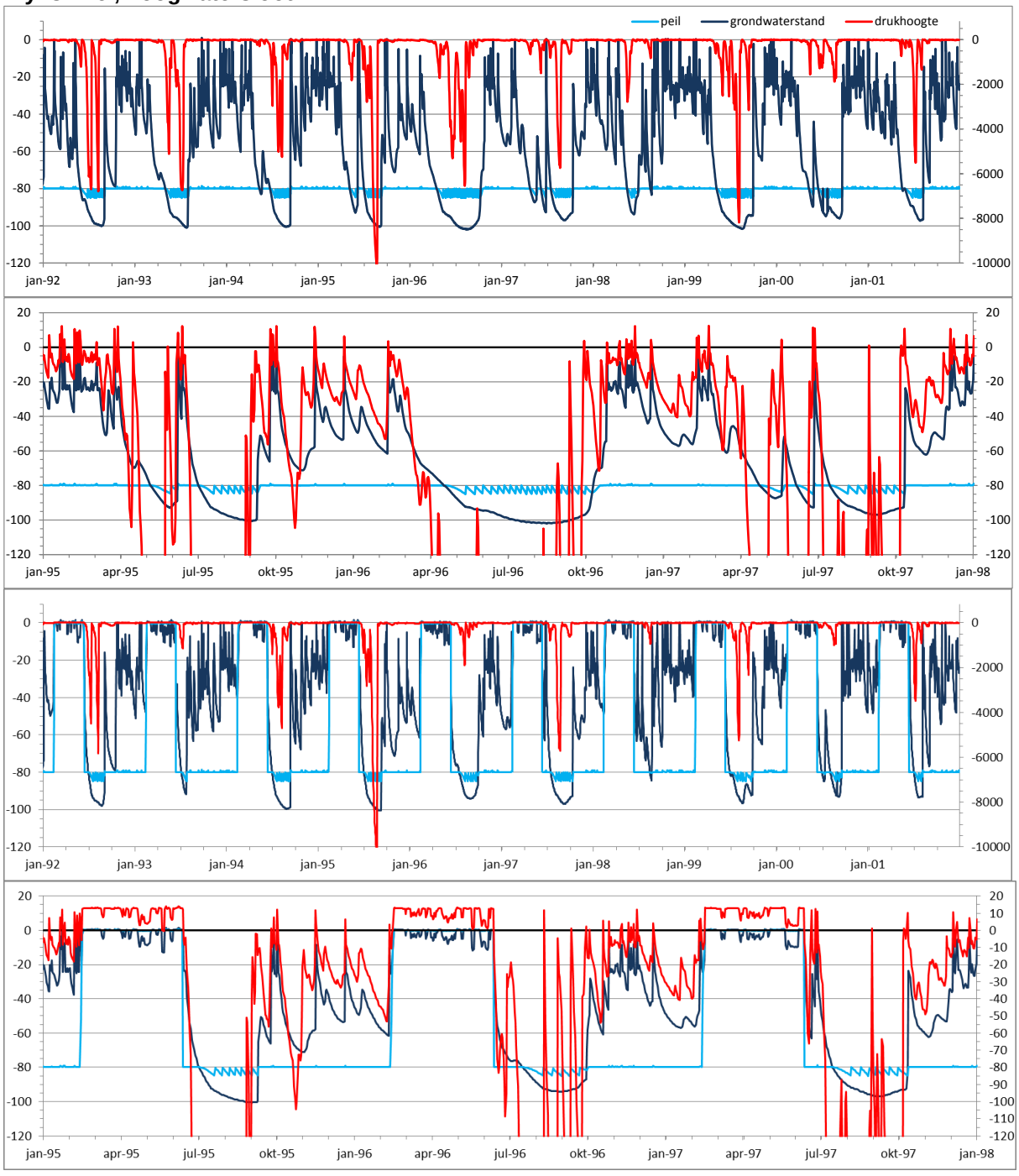
Figuur 2. Resultaten Smelle Ie: helemaal boven referentie, daaronder detail referentie, daaronder hoogwatersloot en helemaal onder detail hoogwatersloot. Alle waarden in cm; peilen cm tov mv.

Kollum: klei, greppelplas-dras

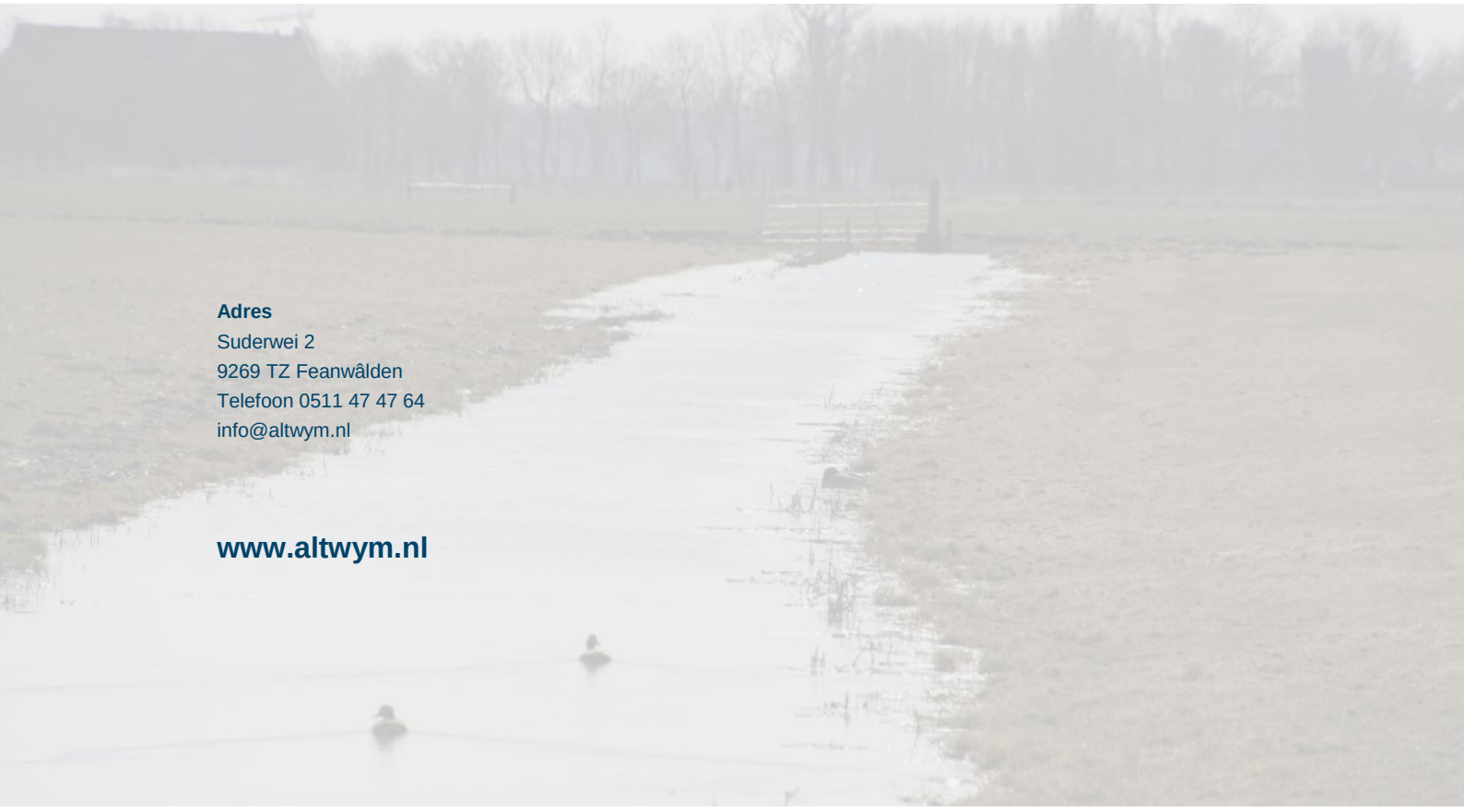


Figuur 3. Resultaten Kollum: helemaal boven referentie, daaronder detail referentie, daaronder greppelplas-dras en helemaal onder detail greppelplas-dras. Alle waarden in cm; peilen in cm tov mv.

Wyns: klei, hoogwatersloot



Figuur 4. Resultaten Wyns: helemaal boven referentie, daaronder detail referentie, daaronder hoogwatersloot en helemaal onder detail hoogwatersloot. Alle waarden in cm; peilen in cm tov mv.



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

www.altwym.nl