



EFFECTEN VERNATTINGSMAATREGELEN OP VEENWEIDEBEDRIJVEN IN NOORD-HOLLAND

Technische en economische
consequenties en effecten op
bodemdaling en broeikasemissie



Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in opdracht van het Innovatie Programma Veen, een initiatief van Landschap Noord Holland en Vereniging Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer Water, Land en Dijken en gefinancierd door Provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, de Bestuurlijke Regiegroep Laag Holland en het Kennis Basis programma KB32-2A-1 'Veengebieden in nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen'.

Hoving, I.E, G. Holshof, R.F.A. Hendriks, 2020. Effecten waterbeheersmaatregelen op veenweidebedrijven in Noord Holland. Technische en economische consequenties en effecten op bodemdaling en broeikasgasemissie. Wageningen Livestock Research, Rapport 1274.

Informatie

Bezoekadres

Wageningen Livestock Research
Zodiac, De Elst 1,
6708 WD Wageningen

Postadres

Wageningen Livestock Research
Postbus 338,
6700 AH Wageningen

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/535508> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

Foto op de voorkant is van Vereniging Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer Water, Land en Dijken.



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.



EFFECTEN VERNATTINGSMAATREGELEN OP VEENWEIDEBEDRIJVEN IN NOORD-HOLLAND

Technische en economische consequenties
en effecten op bodemdaling en
broeikasgasemissie

november 2020

Auteurs:

I.E. Hoving¹, G. Holshof¹ & R.F.A. Hendriks²

Rapportnummer: 1274

1 Wageningen Livestock Research

2 Wageningen Environmental Research

Samenvatting

Met modelberekeningen zijn voor een melkveehouderijbedrijf op veengrond in Noord Holland (IPV-projectbedrijf) de technische en economische consequenties en effecten op bodemdaling en broeikasgasemissies van vernattingsmaatregelen verkend. De vernattingsmaatregelen betroffen pompgestuurde onderwaterdrains met verschillende streefpeilen voor de grondwaterstand (30, 40 en 50 cm beneden maaiveld), slootpeilverhoging, greppelinfiltratie en lisdoddecultuur en combinaties van deze maatregelen, waar in het IPV mee geëxperimenteerd wordt. De maatregelen zijn vergeleken met een gangbare situatie met een drooglegging van 50 cm. Afgezien van pompgestuurde onderwaterdrains met een

streefpeil voor de grondwaterstand van 50 cm beneden maaiveld, leidden alle vernattingsmaatregelen en combinaties van maatregelen tot extra vernatting en verlies van grasproductie, waardoor vooral de kosten voor voeraankoop stegen. Het netto bedrijfsresultaat kan hierdoor drastisch verminderen. Pompgestuurde onderwaterdrains met een streef-grondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie bij een greppelafstand van 12,5 m gaven de grootste geschatte reductie van maaiveld daling en broeikasgasemissie (CO₂ en N₂O). Greppelinfiltratie lijkt kosteneffectiever te zijn, gezien de hoge kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains.

Summary

Model calculations have been used to explore the technical and economic consequences and effects on soil subsidence and greenhouse gas emissions for a dairy farm on peat soil in the province North Holland of The Netherlands (IPV project farm) of wetting measures. The wetting measures concerned pump-driven submerged drains with different target levels for the groundwater table (30, 40 and 50 cm below mowing field), ditch water level raising, trench infiltration and cattail cultivation and combinations of these measures, which are being experimented within the IPV project. The measures have been compared with a common situation with a ditch water level of 50 cm below mowing field. Apart from pump-controlled submerged drains with a target

level for the groundwater table of 50 cm below mowing field, all waterlogging measures and combinations of measures led to extra waterlogging and loss of grass production, which in particular increased the costs for feed purchase. As a result, the economic operating result can be drastically reduced. Pump-driven submerged drains with a target groundwater level of 30 cm below ground level and trench infiltration at a trench distance of 12,5 m gave the largest estimated reduction in ground level subsidence and greenhouse gas emissions (CO₂ en N₂O). Trench infiltration appears to be more cost effective, given the high cost of pump-controlled submerged drains.

Het Innovatie Programma Veen

Deze rapportage is een uitgave van het Innovatie Programma Veen (IPV). Het IPV is een initiatief van Water, Land en Dijken en Landschap Noord-Holland en wordt gefinancierd door de Provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de Regiegroep Laag Holland. Het IPV is gestart in 2016 en heeft zich ten doel gesteld om bodemdaling in veenweidegebied te reduceren met 90% in combinatie met een duurzaam verdienmodel voor de agrarisch ondernemer in Laag Holland. Ook legt het IPV de focus op het realiseren van een aantal ecosysteemdiensten: reductie van uitstoot van broeikasgassen, verbetering van de waterkwaliteit en verbetering van de biodiversiteit.

Landgebruik op twee proeflocaties

Het IPV is een onafhankelijk, waardevrij innovatieprogramma dat door te experimenteren met nieuwe vormen van landgebruik – maatregelen genoemd – zoekt naar oplossingen om het landgebruik in het veenweidegebied te verduurzamen. De maatregelen worden getest op twee locaties: Het Zuiderveen bij Nauerna (12ha) en melkveehouderij Kramer in Assendelft (15ha). Het innoveren, experimenteren en onderzoeken van landbouwkundige toepassingen vormt de kern van het IPV.

Markt en ketenvorming voor nieuwe producttoepassingen

Voor nieuwe vormen van landgebruik wordt ook onderzocht wat de potenties zijn in de markt. Hiermee treedt het IPV buiten het domein van alleen landgebruik en wordt ook de markt van potentiële afnemers onderzocht en worden ondernemers actief benaderd om zelf ook producttoepassingen te onderzoeken. Hiermee ontstaat meer inzicht of een maatregel ook daadwerkelijk financieel kan gaan renderen.

Onderzoek van maatregelen

Typerend voor het IPV is een systeembenadering, waarbij elke maatregel wordt onderzocht op een aantal aspecten:

- De gevolgen van de maatregel op bedrijfstechnische en bedrijfseconomische aspecten voor de agrarisch ondernemer;
- De effecten van de maatregel op bodem, water en atmosfeer;
- De effecten van de maatregelen op biodiversiteit en het landschap.

Dit onderzoek is cruciaal om inzicht te krijgen in vragen als: Is een maatregel rendabel te exploiteren? Remt de maatregel de uitstoot van CO₂? Vergt een maatregel andere machines of bedrijfsvoering? Wat zijn de gevolgen voor natuur en landschap?

Governance

Tot slot wordt gekeken welke wet- en regelgeving noodzakelijk is. Heeft een maatregel subsidie nodig? Welke overheid is bevoegd om een maatregel te handhaven? Hoe wordt het behalen van klimaatdoelen geborgd? Et cetera.

Projectrapportages

Het programma IPV bestaat uit een aantal verschillende projecten, die in samenhang met elkaar worden uitgevoerd. Het IPV publiceert de uitkomsten van de verschillende projecten in rapportages met een vast format. De gezamenlijke projecten zijn samengevat in de Eindrapportage IPV. U kunt de rapporten vinden en downloaden op de volgende website: www.innovatieveen.nl/downloads

Het IPV heeft de volgende sporen en projecten:

SPOOR LANDBOUW	Project 1 Veeteelt
	Project 2 Natte veeteelten
SPOOR MARKT	Project 3 Markt en ketenvorming
SPOOR ONDERZOEK	Project 4 Bedrijfstechnisch en bedrijfseconomisch onderzoek
	Project 5 Onderzoek bodem, water en atmosfeer
	Project 6 Natuur en landschap
SPOOR GOVERNANCE	Project 7 Governance

De voorliggende rapportage betreft het project 4: Bedrijfstechnisch en bedrijfseconomisch onderzoek

Inhoudsopgave

Het Innovatie Programma Veen	5
Woord vooraf	8
Samenvatting	8
1. Inleiding	13
2. Werkwijze	14
2.1 Systeembenadering	14
2.2 Bedrijfsberekeningen	15
2.3 Bedrijfskenmerken	15
2.4 Bedrijfsvarianten	16
3. Methodiek	23
3.1 Waterpas	23
3.2 BBPR	24
3.3 SWAP	25
3.4 Gemiddeld laagste grondwaterstand en GLG	27
3.5 Maaiveldddaling en CO ₂ emissie	27
3.6 Achtergrondberekening ammoniakemissie	29
4. Resultaten	30
4.1 Grondwater, drukhoogte en draagkracht	30
4.1.1. Grondwaterstand	30
4.1.2. Drukhoogte	32
4.1.3. Draagkracht	32
4.2 Debieten aan- en afvoer van water	35
4.3 Technische bedrijfsresultaten	35
4.3.1. Uitgangspunten modelbedrijf	35
4.3.2. Ruwvoerproductie	36
4.3.3. Grasopname melkvee	41
4.3.4. Aankoop voer	43
4.3.5. Aankoop meststoffen, uitrijden en afzet drijfmest	45
4.3.6. Mineralenbalans	46
4.4 Economische bedrijfsresultaten	47
4.4.1. Kosten maatregelen	47
4.4.2. Opbrengsten	49
4.4.3. Bedrijfsbegroting	50
4.5 Verwachte effecten maaiveldddaling en CO ₂ emissie	57
4.6 Ammoniakemissie	59
5. Discussie	61
5.1 Grondwater, drukhoogte en draagkracht	61
5.2 Technische bedrijfsresultaten	62
5.3. Economische bedrijfsresultaten	64
5.4 Verwachte effecten maaiveldddaling en CO ₂ emissie	68
6. Conclusies	70
7. Perspectief	72

Literatuur	73
Bijlagen	75
Bijlage 1 Grondwaterstanden	75
Bijlage 2 Drukhoogte	77
Bijlage 3 Draagkracht	79
Bijlage 4 Debieten aan- en afvoer van water	81
Bijlage 5 Melk en -voerproductie	83
Bijlage 6 Grasopname	88
Bijlage 7 Aan- en verkoop voer	93
Bijlage 8 Aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest	98
Bijlage 9 Belangrijkste kosten	103
Bijlage 10 Mineralenbalans	108
Bijlage 11 Grondwaterstanden greppelinfiltratie 2020	113

Woord vooraf

Water, Land en Dijken (WLD) en Landschap Noord-Holland (LNH) hebben het initiatief genomen om samen op zoek te gaan naar een innovatieve aanpak om het dalen van het veen te verminderen. Uitgangspunt is om ontwatering om te buigen naar vernatting. WLD en LNH zijn hiervoor het Innovatie Programma Veen Laag Holland (IPV) gestart. Dit heeft tot doel nieuwe rendabele landbouwbedrijven te ontwikkelen, waar met hogere grondwaterpeilen de productie van melk en vlees wordt gecombineerd met natte teeltsystemen met nieuwe gewassen (paludicultuur). Het IPV verkent en ontwikkelt nieuwe manieren om te komen tot behoud van veen en onderzoekt welke effecten vernatting kan hebben voor de agrarische sector, de natuur en het landschap.

In het kader van het IPV zijn door Wageningen Livestock Research modelmatige bedrijfsberekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de technische en economische consequenties van vernattingsmaatregelen en de effecten op bodemdaling en broeikasgasemissie. Opdrachtgever van het onderzoek is Landschap Noord-Holland en het project wordt gefinancierd door provincie Noord-Holland. Tevens is gebruik gemaakt van financiering uit het Kennis Basis programma KB32-2A-1 'Veengebieden in nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen' om de berekeningen nog uitvoeriger uit te kunnen voeren en breed toepasbaar te maken.

Met dit rapport wordt beoogd een bijdrage te leveren aan behoud van zowel het veen als een duurzame en rendabele melkveehouderij in het westelijk veenweidegebied.

Dr. drs. I.D. de Wolf
Afdelingshoofd Veehouderij & Omgeving, Wageningen Livestock Research

Review
M. de Haan (Wageningen Livestock Research)
J. van den Akker (Wageningen Environmental Research)
B. Meerkerk (PPP-Agro Advies)
W. Honkoop (PP-Agro Advies)
F. Lenssinck (Veenweide Innovatiecentrum)
E. Jansen (Veenweide Innovatiecentrum)
J. Gielen (Countus)
R. Westerhof (ORG-ID)
J. Pijlman (Louis Bolk Instituut)

Agrarische begeleidingsgroep IPV
E. Kramer
J.J. Jantjes
S. Hogendoorn
N. Spaans
J. Oskam

Samenvatting

In het kader van het Innovatie Programma Veen Laag Holland (IPV) zijn voor een veenweidebedrijf (melkveehouderij) in Noord-Holland modelmatige bedrijfsberekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de technische en economische consequenties van vernattingsmaatregelen en de effecten op bodemdaling en broeikasgasemissie. De berekeningen moeten bijdragen aan het tot uitvoer brengen van een bedrijfsconcept voor een multifunctioneel agrarisch bedrijf op veengrond in Laag Holland, waarbij de bodemdaling en broeikasgasemissie nog een fractie is ten opzichte van de gangbare situatie. Om de toepassing van de vernattingsmaatregelen in een breed perspectief te kunnen plaatsten, zijn integrale bedrijfsberekeningen uitgevoerd om de gevolgen voor de technische en economische resultaten van 'natte veeteelt' te kunnen inschatten en te onderbouwen. Tevens zijn de effecten op maaiveld-daling en broeikasgasemissie (CO₂- en N₂O-emissie op grasland en CH₄-emissie voor lisdodde-teelt) geschat. De berekeningen dienen tevens als referentie voor de verdere monitoringsresultaten van het pilotbedrijf in het project.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het modelinstrumentarium 'Waterpas'. Met dit instrumentarium kan de bodemvochttoestand (drukhoogte in de wortelzone), grondwaterstanden en alle bedrijfsaspecten van een melkveebedrijf, zoals voeding, bemesting, grasgroei, graslandgebruik en melkproductie geïntegreerd doorge-rekend worden. Door een reeks van tien weerjaren door te rekenen (1992-2001) zijn invloeden van verschillende meteorologische omstandigheden op grondgebruik en productie zichtbaar gemaakt. Niet alleen een gemiddeld effect op de bedrijfsuitkomsten is een belangrijk gegeven, maar ook de variatie ten opzichte van het gemiddelde. Een grotere variatie betekent een hoger risico op jaren met een slecht bedrijfsresultaat, wat door ondernemers als erg negatief wordt ervaren.

De berekeningen zijn in vier sessies uitgevoerd, waarbij een gangbare situatie is vergeleken met veranderde situaties op het gebied van waterbeheer en grondgebruik:

1. . Pompgestuurde onderwaterdrains bij meerdere streefpeilen voor de grondwaterstand.
2. . Verminderde drooglegging en greppelinfiltratie (alternatief pompgestuurde onderwaterdrains).
3. . Inpassing paludicultuur door een deel van het grasareaal te vervangen door Lisdodde-teelt.
4. . Combinaties van bovenstaande vernattingsmaatregelen.

Het projectbedrijf, dat als uitgangspunt is gebruikt voor de modelberekeningen, had een omvang van 110,5 ha en 200 melkkoeien met bijbehorend jongvee. Van het totale areaal was 7,5 ha grasland voor natuurdoeleinden met beheerbeperkingen en 15 ha snijmaïs gelegen op een klei-op-veengrond. De vernattingsmaatregelen zijn vergeleken met een referentiesituatie die een drooglegging had van 50 cm. De pompgestuurde onderwaterdrains werden modelmatig toegepast op gangbaar grasland en snijmaïs. Daarbij zijn streefpeilen voor de grondwaterstand gehanteerd van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld en is de drooglegging gelijk gehouden aan het streefpeil. De invloed op productie en grondgebruik is alleen doorge-rekend voor grasland. Als alternatief voor pompgestuurde onderwaterdrains op grasland is een verminderde drooglegging van 20 cm (slootpeilverhoging) en greppelinfiltratie bij een drooglegging van 20 cm opgenomen. Greppelinfiltratie is doorge-rekend voor een greppelafstand van 12,5 en 20 m. Voor wat betreft de inpassing van paludicultuur is modelmatig een deel van de veldkavel omgezet in lisdodde-teelt, namelijk 15, 25 en 35% van de totale bedrijfsoppervlakte grasland. Verondersteld is dat daarbij het land volledig onder water staat. Op de rest van het grasland bleef het gebruik zoals in de referentiesituatie van kracht.

Met pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie werd volgens Waterpas de grondwaterstand in de zomer aanzienlijk verhoogd, afhankelijk van respectievelijk het streefpeil en de greppelafstand. Slootpeilverhoging verhoogde de zomergrondwaterstand slechts beperkt. Voor pompgestuurde onderwaterdrains was de grondwaterstand in de zomer 10-20 cm lager dan de streefpeilen door de bandbreedte die gehanteerd werd voor het in en uitpompen van water. Scherper sturen was mogelijk, maar dit benadert minder de praktijksituatie. Greppelinfiltratie gaf in het voorjaar en het najaar ten opzichte van de andere varianten meer vernatting. Dit gaf extra groeireductie en graslandgebruiks-beperkingen door een te lage draagkracht van de graszode. Zowel de mate van drainage als infiltratie werden vergroot door pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie. Bij greppelinfiltratie was de infiltratie relatief groot door openwaterverdamping vanuit de watervoerende greppels.

De vernattingsmaatregelen leidden tot verlies aan grasproductie. Daarbij was het productieverlies het grootst voor greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m.

De grasopbrengst op bedrijfsniveau verminderde recht evenredig met het vernattende effect van de maatregel en het areaal waar de maatregel op werd toegepast. Dit was ook voor het areaal lisdodde het geval.

De aankoop van ruwvoer was evenredig met de verminderde grasopbrengst door vernatting en de teelt van lisdodde. De variatie tussen weerjaren nam daarbij toe. Door de aankoop van ruwvoer (graskuil en snijmaïs) steeg het aandeel snijmaïs (eiwitarm) in het rantsoen, waardoor de mestafvoer verminderde (effect lagere excretienormen). De voerkosten maakten het grootste deel uit van de kosten en waren recht evenredig met de verminderde grasproductie. De toename van de totale kosten ten opzichte van de referentiesituatie per variant per 100 kg melk en per ha staat in Tabel 1. Voor de teelt- en aanlegkosten van lisdodde, de kosten van vernattingsmaatregelen en de opbrengsten voor lisdodde waren de prijzen en tarieven onzeker. Voor pompgestuurde onderwaterdrains is uitgegaan van de kosten zoals die gemaakt zijn in het IPV-project. Door de onzekerheid over de kosten en opbrengsten van lisdoddeteelt zijn deze gelijk aan elkaar verondersteld. De voederwaardeopbrengst van lisdodde lijkt echter overschat en dat kan betekenen dat de kosten-batenverhouding in de berekeningen te gunstig uitkwam. Wel is rekening gehouden met het vervallen van derogatie voor het kunnen uitrijden van extra drijfmest (EU-regelgeving). De omvang van de GLB-subsidie is gelijk gehouden. Het netto bedrijfsresultaat van de referentiesituatie was het hoogst, wat betekent dat het inkomen in meer of mindere mate daalt door de vernattingsmaatregelen, lisdoddeteelt of een combinatie hiervan.

Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie bij een greppelafstand van 12,5 m gaven de grootste geschatte reductie van maaiveldaling en broeikasgasemissie. Slooppeilverhoging had een relatief beperkt verlagend effect. Greppelinfiltratie met een greppelafstand van 20 m was voor de beperking van maaiveldaling en broeikasgasemissie het meest kosteneffectief (laagste kosten per mm maaiveldaling en ton CO₂-equivalenten reductie). Wel was de variantie tussen weerjaren groter en daarmee vergroot het bedrijfsrisico. De kosten per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar staan in Tabel 1.

De ammoniakemissie daalde voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld, verminderde drooglegging en greppelinfiltratie door een eiwitarm rantsoen als gevolg van de aankoop van ruwvoer (meer snijmaïs). Bij lisdoddeteelt daalde de ammoniakemissie vooral door het minder uitrijden van drijfmest als gevolg van het verlies aan derogatie.

Van de vernattingsmaatregelen benadeelde greppelinfiltratie de grasgroei en het graslandgebruik het meest, maar lijkt het wel de meest kosteneffectieve maatregel om maaiveldaling en broeikasgasemissies te verminderen. Het is bovendien een adaptieve en robuuste maatregel die vooral relatief gemakkelijk is in te zetten op grasland met beheerbeperkingen. De praktijk is echter sceptisch en beducht voor extra vertrapping nabij de greppels, zeker bij een hoge beweidingsintensiteit, en een toename van leverbotbesmetting. Onderwaterdrains lijken wat dat betreft meer draagvlak te hebben.

Pompgestuurde onderwaterdrains is een relatief dure oplossing om maaiveldaling en CO₂-emissie te verminderen, vraagt arbeid voor de aansturing en verstoringen (vervuiling, luchtinsluiting) kunnen de werking benadelen. Dit pleit ervoor om de drains doelgericht in te zetten, met een zorgvuldige aansturing en controle van het systeem. De investering betreft dan een soort risicopremie voor behoud van ruwvoerproductie en weidegang in natte jaren, in zoverre sprake kan zijn van extra drainage bij het nastreven van een relatief hoge grondwaterstand. De kosten zouden verlaagd kunnen worden door de bediening van de pompen handmatig uit te voeren in plaats van automatisch en door gebruik te maken van wind- of zonne-energie in plaats van netspanning. Voor deze alternatieve situatie staan de toename van de totale kosten en de kosten per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar in Tabel 2. Wel kunnen deze besparingen ten kosten gaan van het realiseren van voldoende infiltratie.

Voor lisdoddeteelt moeten de opbrengsten aanzienlijk hoger zijn dan de teelt- en oogstkosten om de verhoogde voer- en mestafzetkosten ('opportunity cost') te compenseren. Ook de arbeidskosten zullen toenemen, maar dit is niet nader gekwantificeerd. Dit moet opgebracht worden uit perspectievolle toepassingen van het geogoste materiaal of uit neveninkomsten voor vernatting, bijvoorbeeld door het vergroten van natuurwaarden.

Tabel 1: Toename totale kosten (exclusief verschil in opbrengsten) ten opzichte van de referentiesituatie voor de vernattingsvarianten per 100 kg melk en per ha en de kosten per ton CO₂-eq.ha⁻¹.j⁻¹.

Variatant	Beschrijving	Toename totale kosten per 100 kg melk		Toename totale kosten per ha		Kosten per tCO ₂ -eq	
		Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)	Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)	Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)
1	Referentie drooglegging 50 cm	0		0		0	
2	OWD's pomp 30 cm -mv ¹⁾	3.8		620		35	
3	OWD's pomp 40 cm -mv	3.1		504		36	
4	OWD's pomp 50 cm -mv	3.0		491		41	
5	Slootpeilverhoging (drooglegging 20 cm)	0.8		125		53	
6	Greppelinfiltratie 12,5 m (drooglegging 20 cm)	1.6		258		14	
7	Greppelinfiltratie 20 m (drooglegging 20 cm)	0.8		137		10	
8	Paludi 15 % bedrijfsareaal ²⁾	2.3	1.2	371	197	189	100
9	Paludi 25 % bedrijfsareaal	4.3	2.4	708	390	216	119
10	Paludi 35 % bedrijfsareaal	5.7	3.7	992	598	216	130
11	Referentie (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	1.1		173		53	
12	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	1.4		235		112	
13	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	2.2		362		22	
14	Drooglegging 20 cm (50%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)	4.9	3.42	923	557	119	72
15	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)	6.2	3.43	1016	558	65	36

1) OWD's = pompgestuurde onderwaterdrains

2) Paludi = paludicultuur in de vorm van lisdoddeteelt

Tabel 2: Toename totale kosten (exclusief verschil in opbrengsten) ten opzichte van de referentiesituatie voor de vernattingsvarianten per 100 kg melk en per ha en de kosten per ton CO₂-eq.ha-1.j-1 bij gereduceerde kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains (handmatige bediening en zonne-energie systeem).

Variant	Beschrijving	Toename totale kosten per 100 kg melk		Toename totale kosten per ha		Kosten per tCO ₂ -eq	
		Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)	Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)	Zonder lisdodde als veevoer (euro)	Met lisdodde als veevoer (euro)
1	Referentie drooglegging 50 cm	0.0		0		0	
2	OWD's pomp 30 cm -mv ¹⁾	2.8		463		26	
3	OWD's pomp 40 cm -mv	2.1		347		25	
4	OWD's pomp 50 cm -mv	2.1		334		28	
5	Slootpeilverhoging (drooglegging 20 cm)	0.8		125		53	
6	Greppelinfiltratie 12,5 m (drooglegging 20 cm)	1.6		258		14	
7	Greppelinfiltratie 20 m (drooglegging 20 cm)	0.8		137		10	
8	Paludi 15 % bedrijfsareaal ²⁾	2.3	1.2	371	197	189	100
9	Paludi 25 % bedrijfsareaal	4.3	2.4	708	390	216	119
10	Paludi 35 % bedrijfsareaal	5.7	3.7	992	598	216	130
11	Referentie (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	0.8		131		40	
12	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	1.2		193		92	
13	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%)	2.0		319		19	
14	Drooglegging 20 cm (50%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)	4.6	3.2	881	515	114	67
15	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)	6.0	3.2	974	513	63	33

1) OWD's = pompgestuurde onderwaterdrains

2) Paludi = paludicultuur in de vorm van lisdoddeteelt

1 Inleiding

In het kader van het deelproject 'Natte veeteelt' van het Innovatie Programma Veen Laag Holland (IPV) is een modelstudie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de effecten van vernattingsmaatregelen op de technische en economische bedrijfsaspecten, maaiveld daling en CO₂-emissie. Het melkveebedrijf van de familie E. Kramer in Assendelft, waar 'natte veeteelt' tot uitvoer gebracht wordt, is hierbij als uitgangspunt genomen. Op een deel van het bedrijfsareaal zijn pompgestuurde onderwaterdrains (Hoving et al., 2018) aangelegd. Dit zijn buisdrains die aangesloten zijn op een waterreservoir waarin met een pomp het waterpeil ingesteld kan worden om het drukverschil tussen het oppervlaktewater en het grondwater te vergroten en zodoende de drainerende en infiltrerende werking van drains sterk te vergroten. De doelstelling van het project is om de grondwaterstand zodanig te sturen dat de bodemdaling en CO₂-emissie met 90% vermindert ten opzichte van de gangbare situatie met een drooglegging van 50 cm (afstand tussen slootpeil en gemiddelde maaiveldhoogte).

Vanuit de IPV-gedachte om nieuwe rendabele bedrijfsconcepten te ontwikkelen wordt, naast de toepassing van pompgestuurde onderwaterdrains, gekeken of het produceren van melk te combineren is met paludicultuur (natte teelten zoals Azolla en Lisdodde). Bij paludicultuur staat de bodem geheel onder water en is de verwachting dat daarmee aan de reductiedoelstelling voor bodemdaling en CO₂-emissie voldaan kan worden. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met een toename van methaanemissie (Pijlman et al., 2020). In de studie is uitgegaan van Lisdoddeteelt, omdat hiervan de kosten en opbrengsten het beste in beeld gebracht zijn (Duursen et al., 2016). Als alternatieve manier om graspercelen op een relatief eenvoudige wijze te vernatten, zonder aanleg van drainbuizen, waterreservoirs en pompen is in het project greppelinfiltratie als vernattingsmaatregel geïntroduceerd. Met deze vernattingsmaatregel zal mogelijk niet aan de doelstelling van 90% reductie van bodemdaling en CO₂-emissie voldaan worden, maar kan het vanwege de eenvoud van de maatregel wel snel op een relatief groot areaal toegepast worden. Verder zijn combinaties van maatregelen doorgerekend, omdat de verwachting is dat maatregelen aanvankelijk niet op het volledige bedrijfsareaal toegepast zullen worden, maar bijvoorbeeld alleen op de huiskavel of alleen op een veldkavel.

Het doel van deze studie is om de effecten van vernattingsmaatregelen in een breed perspectief te kunnen plaatsten. Dit betreft het inschatten en onderbouwen van gevolgen van vernattingsmaatregelen voor:

- de grondwaterstand, drukhoogte en in de wortelzone en draagkracht van de graszode
- de technische en economische resultaten van 'natte veeteelt'
- maaiveld daling en CO₂-emissie

Een nevendoelstelling is om met de uitkomsten van de studie een referentie te verkrijgen voor de verdere monitoringsresultaten van het pilotbedrijf in het project.

Op een melkveehouderij houden alle bedrijfsaspecten verband met elkaar en zodoende is een systeembenadering essentieel. Melkproductie, voerbehoefte, mestproductie, voederverzorging en de economische kosten en baten worden allemaal beïnvloed door een (minimale) wijziging in de bedrijfsvoering. Om hieraan tegemoet te komen zijn de berekeningen uitgevoerd in bedrijfsverband, waarbij met alle relevante bedrijfsaspecten en de specifieke hydrologische situatie rekening is gehouden. De berekeningen maken duidelijk in welke mate vernattingsmaatregelen in de bedrijfsvoering in te passen zijn. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een reeks van tien weerjaren om verschillen weercondities tussen jaren mee te nemen.

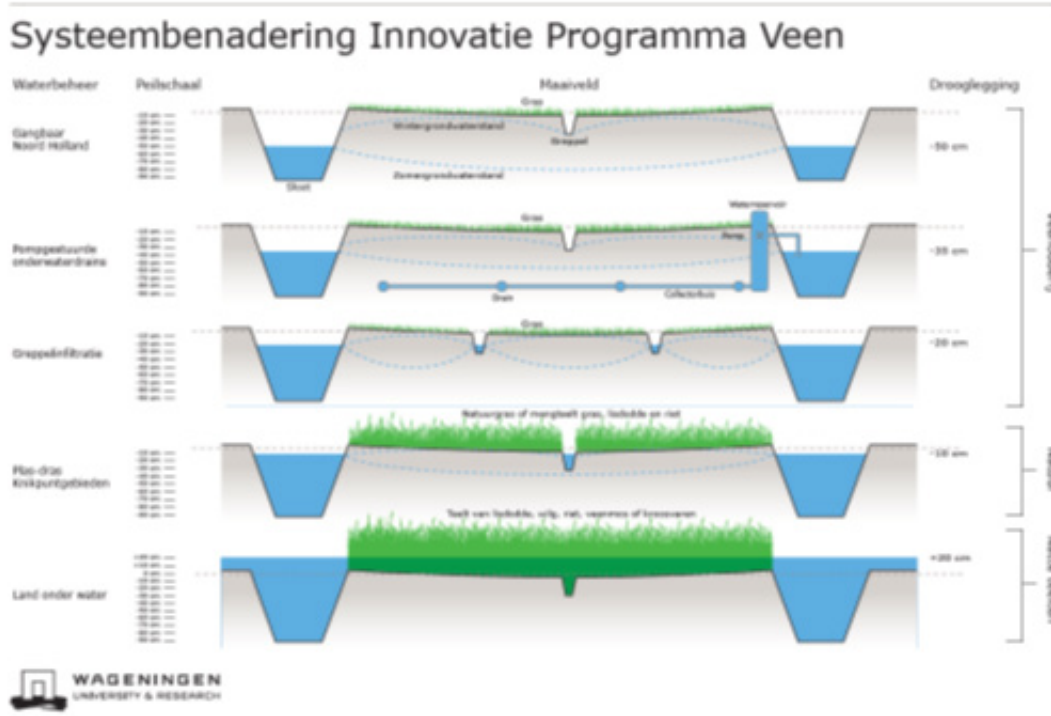
Tot nu toe zijn dergelijke berekeningen uitgevoerd voor modelbedrijven in de polders Zegveld (De Vos et al. 2006), Krimpenerwaard (Hoving en De Vos, 2007), Vlietpolder (Van Bakel et al, 2009) en Zeevang (Hoving et al., 2013). De berekeningen voor Zegveld, Krimpenerwaard en Vlietpolder betroffen het vergelijken van verschillende droogleggingen en lieten in zijn algemeenheid zien dat een vermindering van de drooglegging de totale kosten deed toenemen. De berekeningen voor polder Zeevang lieten zien dat door toepassing van onderwaterdrains bij een drooglegging van 60 cm de voederverzorging verbetert en dat de baten de investeringskosten voor de aanleg van drainage kosten compenseren. In die berekeningen was niet het effect op maaiveld daling en broeikasgasemissie meegenomen. In het voorliggende rapport zijn deze aspecten wel meegenomen en is een verdere stap gemaakt in de modelmatige benadering van het effect van waterbeheersmaatregelen op melkveebedrijven.

2 Werkwijze

2.1 Systeembenadering

De drie vernattingsmaatregelen (pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie en Lisdoddeteelt), die als uitgangspunt gekozen zijn voor de bedrijfsberekeningen, staan niet op zichzelf, maar maken onderdeel uit van een systeem. Dit betreft een combinatie van drooglegging, toepassing van drainagemiddelen en grondgebruik. De gangbare situatie (referentie) is begreppeld grasland met een drooglegging van 50 cm. Vanuit het perspectief van melkveehouderij is een drooglegging tot 20 cm nog in te passen in de gangbare bedrijfsvoering, mits er geen sprake is van kwel. In het algemeen nemen de beperkin-

gen voor graslandgebruik toe naarmate de drooglegging afneemt. Een drooglegging kleiner dan 20 cm (plas-dras) is grasland alleen nog in te passen in de vorm van agrarisch natuurbeheer. Dergelijke geringe droogleggingen zouden op termijn aan de orde kunnen zijn in knikpuntgebieden, daar waar een minimale drooglegging van 20 cm voor gangbare melkveehouderij niet langer gehandhaafd kan worden. Bij slootpeilen boven maaiveld kan vanuit landbouwkundig perspectief de grond alleen worden toegepast voor natte teelten. In Figuur 2.1 zijn de gangbare situatie en de vernattingsmaatregelen schematisch als systeem weergegeven (dwarsdoorsnede van een perceel), met de te hanteren droogleggingen, een inschatting van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand en het grondgebruik.



Figuur 2.1: Schematische weergave systeembenadering (dwarsdoorsnede perceel) voor een gangbare situatie in Noord-Holland, pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie en natte teelt. Voor natte teelt is onderscheid gemaakt in plas dras voor natuurdoeleinden en volledig onder water voor paludicultuur. De te hanteren droogleggingen, maaiveldhoogte (bruine stippellijn), een inschatting van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand (respectievelijk donker- en lichtblauwe stippellijn) en het grondgebruik is aangegeven

Voor de gangbare situatie is uitgegaan van een gemiddelde drooglegging van 50 cm, zoals dat op het projectbedrijf in Assendelft het geval is. Het grasland wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van overwegend landbouwkundig gewaardeerde grassoorten. Met greppels wordt gezorgd dat wateroverlast vermindert. Daarbij is de greppelafstand vaak tenminste 20 m. De greppels dienen alleen voor

waterafvoer. Alleen onder relatief natte omstandigheden wordt de draagkracht van de graszode onvoldoende voor berijding en beweiding.

Met pompgestuurde onderwaterdrains is het mogelijk om de grondwaterstand te sturen (Hoving et al., 2018). Na natte perioden zakt het grondwaterpeil sneller naar

een niveau waarbij de draagkracht voldoende is en in droge perioden kan het uitzakken van grondwaterstanden voorkomen worden. Op het projectbedrijf wordt een streefpeil van de grondwaterstand gehanteerd van 35 cm beneden maaiveld en deze wordt redelijk benaderd ook in droge perioden. De aanleg van pompgestuurde onderwaterdrains is kapitaalintensief en zodoende is het uitgangspunt dat voor een gunstige kosten-batenverhouding grasland intensief gebruikt wordt. De aanleg van de betreffende vorm van precisiewatermanagement op een deel van het bedrijfsareaal zou er mogelijk al voor kunnen zorgen dat in relatief natte en droge perioden er voldoende uitwijkmogelijkheden ontstaan om een voldoende gras aanbod te houden voor weidend vee. Met de bedrijfsberekeningen is dit verkend door verschillende arealen met pompgestuurde onderwaterdrains te hanteren bij een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld.

Voor greppelinfiltratie als vernattingsmaatregel is de achterliggende gedachte dat naar verwachting niet al het grasland op veengrond van onderwaterdrains voorzien kan en zal worden, al of niet pompgestuurd, door de hoge investeringskosten en verhoogde arbeidsintensiteit. Het infiltreren van oppervlaktewater via greppels zou een adaptievere manier kunnen zijn om de veenbodem te vernatten. De consequentie zal zijn dat in natte perioden het maaiveld natter wordt en dat in droge perioden de grondwaterstand weliswaar minder ver uitzakt dan de gangbare situatie, maar minder effectief is dan pompgestuurde onderwaterdrains. Het effect van vernatting hangt nauw samen met de greppelafstand; een kleinere afstand geeft een groter effect. Deze vorm van vernatting past bij een relatief extensief grondgebruik met een lager economisch rendement, waardoor de kosten verhoudingsgewijs laag moeten blijven. Voor deze maatregel is een drooglegging aangehouden van 20 cm.

De maatregel plas-dras wordt voorzien in situaties waarbij een voldoende drooglegging niet meer gegarandeerd kan worden, de zogenaamde knikpuntgebieden. Grasland is dan alleen nog te gebruiken als natuurgras in de vorm van een beheerpakket met een vergoeding voor gedeerde inkomsten. Een alternatief zou kunnen zijn dat in de graszode lisdodde en/of riet wordt geplant om het productie en voederwaardeverlies van gras te compenseren; een mengteelt van gras en paludicultuur in de bestaande graszode. De biomassa zou in relatief droge zomerse perioden geoogst kunnen worden, zo mogelijk in een relatief jong stadium om in te kuilen als veevoer (Pijlman et al., 2019). Het voordeel is dat gebruik gemaakt kan worden van de draagkracht van de oude graszode en dat in droge perioden waarin het maaiveld droogvalt mest uitgereden kan worden om de mengteelt van nutriënten te voorzien voor behoud van productie en voederwaarde. De drooglegging bedraagt 10 cm.

Voor de inpassing van paludicultuur is het uitgangspunt dat een deel van het areaal gras binnen een melkveebedrijf vervangen zou kunnen worden door natte teelt. Hierbij staat het land geheel onder water. De geoogste biomassa vervangt in meer of mindere mate gras in het rantsoen. Deze teelten kunnen bijdragen aan de voedervoorziening of zouden neveninkomsten door de verkoop van biomassa voor verwerking buiten de melkveehouderij bij een voldoende marktperspectief. Het areaal van de paludicultuur in de vorm van lisdoddeteelt is hierbij gevarieerd (zie paragraaf 2.3).

2.2 Bedrijfsberekeningen

Om de effecten van de vernattingsmaatregelen op bedrijfsvoering, draagkracht, maaiveldvaling en CO₂-emissie te bepalen zijn integrale bedrijfsberekeningen uitgevoerd met het Waterpas instrumentarium (De Vos et al. 2006). Hiermee kunnen alle bedrijfsaspecten van een melkveebedrijf, zoals voeding, bemesting, grasgroei, graslandgebruik en melkproductie geïntegreerd doorerekend worden. Dit maakt het mogelijk om praktische bedrijfssituaties realistisch te benaderen. Door een reeks van verschillende weerjaren door te rekenen worden invloeden van verschillende meteorologische omstandigheden op grondgebruik en productie zichtbaar. Niet alleen een gemiddeld effect op de bedrijfsuitkomsten is een belangrijk gegeven, maar ook de variatie ten opzichte van het gemiddelde. Een grotere variatie betekent een hoger risico op jaren met een slecht bedrijfsresultaat, wat door ondernemers als bijzonder negatief wordt ervaren.

2.3 Bedrijfskenmerken

Het projectbedrijf is als uitgangspunt gebruikt voor de modelberekeningen. Wel zijn de basisgegevens enigszins aangepast om een eenvoudiger vertaling naar zowel het model als de praktijk te maken. Zo zijn melkproductie en aantallen dieren afgerond naar gehele getallen en is de bodemclassificatie voor grasland beperkt tot één veentype, terwijl dit in werkelijkheid varieert. De maïs wordt in het model op klei-op-veen geteeld. Ook is de totale oppervlakte grasland teruggebracht ten opzichte van de werkelijke situatie. In de basissituatie bleek het bedrijf modelmatig meer ruwvoer te produceren dan nodig is om zelfvoorzienend te zijn. In de praktijk is dit niet het geval. Het bedrijfsareaal van het modelbedrijf is zodoende enigszins verkleind om eventuele nadelige effecten van de vernattingsmaatregelen tot uiting te kunnen laten komen. Verder is de praktijksituatie zoveel mogelijk in het model

opgenomen. In Tabel 3 zijn de uitgangspunten van het modelbedrijf weergegeven. De melkkoeien weiden op de 48 ha huiskavel. Dit is al het grasland dat direct aansluit

op het erf en de bedrijfsgebouwen. Het overige areaal ligt op afstand.

Tabel 3: *Uitgangspunten bedrijf Kramer (referentiesituatie).*

Uitgangspunten	Data
Bedrijfsoppervlakte (ha cultuurgrond)	110.5
- huiskavel gras (ha)	48
- veldkavel maaaien (ha)	30
- veldkavel snijmaïs (ha)	15
- beheergrasland (ha)	7.5
- extensief grasland (ha)	10
Aantal melkkoeien (#)	200
Aantal pinken (#)	54
Aantal kalveren (#)	57
Melkproductie (kg/koe/jaar)	9000
Vetgehalte (%)	4.1
Eiwitgehalte (%)	3.55
krachtvoergebruik (kg per koe, exclusief jongvee)	2541
Bijproducten (kg ds/koe/jaar)	854
Stikstofjaargift grasland (kg N /ha totaal)	230
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%)	95
Maaipercantage totaal (%)	222
Opbrengst snijmaïs (kg drogestof per ha per jaar)	16.723

2.4 Bedrijfsvarianten

De berekeningen zijn in vier sessies uitgevoerd, waarbij een gangbare situatie is vergeleken met veranderde situaties op het gebied van waterbeheer en grondgebruik:

1. Pompgestuurde onderwaterdrains (OWD's) bij meerdere streefpeilen voor de grondwaterstand
2. Greppelinfiltratie als alternatief voor pompgestuurde onderwaterdrains
3. Inpassing paludicultuur door een deel van het grasareaal te vervangen door Lisdoddeteelt
4. Combinatie van grondgebruik (grasland en Lisdoddeteelt) en watermanagement (pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie)

Sessie 1-3 zijn bedoeld om de effecten van een afzonderlijke vernattingsmaatregel te bepalen en in sessie 4 zijn combinaties van maatregelen doorgerekend omdat verwacht wordt dat in de praktijk afzonderlijke maatregelen (vooral nog) niet op de volledige bedrijfsoppervlakte zullen worden toegepast. Redenen hiervoor kunnen zijn de hoge investeringskosten voor pompgestuurde onderwaterdrains, de extra arbeid die precisiewatermanagement vraagt, verschil in hoogteligging of ontwateringssituaties binnen een bedrijf of risicospreiding van maatregelen vanuit het oogpunt van de rendabiliteit van de bedrijfsvoering.

In de modelsituatie is voor een deel van het grasland (7,5 ha) uitgegaan van beheerpakketten ten aanzien agrarisch natuurbeheer, conform de werkelijke situatie op het projectbedrijf (Tabel 2). Het betreffende beheergrasland kent een uitgestelde maaidatum tot 15 juni (indien de draagkracht het dan toelaat om te maaien) en werd daarna afwisselend beweid met pinken, dan wel nogmaals gemaaid. De rest van het grasland dat met pinken beweid werd kende een extensieve bemesting. Daarnaast was er nog een veldkavel die alleen gemaaid werd.

In totaal zijn op basis van de vier aangegeven sessies 15 varianten doorgerekend. De vier sessies zijn in het onderstaande nader gespecificeerd en toegelicht. De uitgangssituatie komt als Variant 1 in elke sessie terug.

Ad 1 Pompgestuurde onderwaterdrains

De pompgestuurde onderwaterdrains zijn toegepast op het bedrijfsareaal, exclusief het beheergrasland (alleen gangbaar grasland en snijmaïs). Voor de pompgestuurde onderwaterdrains zijn drie streefpeilen voor de grondwaterstand doorgerekend om het effect te bepalen op de grasproductie en het graslandgebruik van het gangbare grasland. Door ontbrekende kennis zijn deze effecten niet berekend voor snijmaïs. Voor wat betreft economie zijn de kosten van pompgestuurde onderwaterdrains voor snijmaïs wel meegerekend.

In de uitgangssituatie was de drooglegging 50 cm. Voor de varianten van onderwaterdrains is de drooglegging gelijk gesteld aan het streefpeil voor de grondwaterstand. In Tabel 4 staan de betreffende uitgangspunten.

Tabel 4: *Uitgangspunten bedrijf Kramer (referentiesituatie).*

OWD's pompgestuurd	Drooglegging (cm)	Grasareaal (%)			
		Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4
Uitgangssituatie	50	0	0	0	0
OWD's pompgestuurd gwst 30 cm -mv	30	0	93	0	0
OWD's pompgestuurd gwst 40 cm -mv	40	0	0	93	0
OWD's pompgestuurd gwst 50 cm -mv	50	0	0	0	93

In de berekeningen zijn voor de economische vergelijking van de varianten de kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains met een nabewerking bepaald (zie paragraaf 4.4.1).

Ad 2 Greppelinfiltratie

Het effect van greppelinfiltratie is afhankelijk van de greppelafstand. Veel voorkomende afstanden zijn 12,5 en 20 m. De drooglegging is verhoogd tot 20 cm om water op een natuurlijke manier de greppels in te laten lopen en om ervoor te zorgen dat water niet te snel weer naar de sloten afstroomt (oppervlakkig of via de bodem). Het effect van de verminderde drooglegging en greppelinfiltratie bij verschillende greppelafstanden zijn als varianten

doorgerekend. Daarbij is uitgegaan van het totale grasareaal inclusief beheergrasland, aangezien deze wijzen van vernatten natuurwaarden kunnen versterken. In Tabel 5 staan de betreffende uitgangspunten.

De greppelinfiltratie is toegepast op het gehele grasareaal, inclusief beheergrasland aangezien verondersteld is dat watervoerende greppels natuurwaarden bevorderen. Voor greppelinfiltratie is gerekend met een greppelafstand van 12,5 en 20 m. Door de watervoering is verondersteld dat de greppeloppervlakte niet beschikbaar is voor productie en daarom is respectievelijk 6 en 3 procent oppervlakteverlies ingerekend.

Tabel 5: Percentage grasareaal met beperkte drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie bij een greppelafstand van 12,5 en 20 m ten opzichte van gangbaar grasland met een drooglegging van 50 cm. Daarbij zijn de vernattingsmaatregelen ook toegepast op beheergrasland.

Greppelinfiltratie	Drooglegging (cm)	Grasareaal (%)			
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Uitgangssituatie	50	0	0	0	0
Beperkte drooglegging	20	0	100	0	0
Greppelinfiltratie 12,5 m	20	0	0	100	0
Greppelinfiltratie 20 m	20	0	0	0	100

Voor greppelinfiltratie is een verlies van het grasareaal in rekening gebracht ter grootte 6% voor de greppelafstand van 12,5 m en 3% voor een greppelafstand van 20 m.

In de berekeningen zijn voor de economische vergelijking van de varianten de kosten voor greppelinfiltratie met een nabewerking bepaald (zie paragraaf 4.4.1).

Ad 3 Inpassing paludicultuur door een deel van het grasareaal te vervangen door Lisdoddeteelt

Voor de inpassing van paludicultuur was het uitgangspunt dat een deel van het areaal gras binnen een melkveebedrijf vervangen wordt door lisdoddeteelt. Het areaal lisdodde is gevarieerd om te zien of de hoeveelheid biomassa die het bedrijf tekort komt recht evenredig is met het areaal. Verondersteld is dat de lisdoddeteelt alleen gangbaar grasland zal vervangen en geen beheergrasland. In Tabel 6 staan de betreffende uitgangspunten.

Tabel 6: Percentage grasareaal inpassing paludicultuur (lisdoddeteelt) ten opzichte van gangbaar grasland met een drooglegging van 50 cm. Hierbij is de paludicultuur alleen toegepast op het areaal gangbaar grasland en niet op het areaal beheergras..

Aandeel paludicultuur	Drooglegging (cm)	Grasareaal (%)			
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Uitgangssituatie	50	0	85	75	65
Paludi	-	0	15	25	35

Door vervanging van grasland door lisdodde werd niet meer aan het vereiste minimale aandeel grasland van 80% van het totale bedrijfsareaal voldaan voor het verkrijgen van derogatie voor toediening van extra drijfmest (250 kg stikstof in plaats van 170 kg uit drijfmest). Dit betekent dat meer drijfmest moet worden afgevoerd en dat meer kunstmest moet worden aangevoerd om de lagere drijfmestgift te compenseren. In de berekeningen is het vervallen van derogatie en de bijkomende effecten van extra mestafzet, meer kunstmest en een besparing op loonwerkkosten voor het uitrijden drijfmest meegenomen.

Het modelinstrumentarium Waterpas (zie hoofdstuk 3), is ontwikkeld om een melkveebedrijf met reguliere voedergewassen door te kunnen rekenen en niet met inpassing van een afwijkend gewas als lisdodde. In de berekeningen zijn voor de economische vergelijking van de varianten de kosten en opbrengsten voor lisdodde met een nabewerking bepaald (zie respectievelijk paragraaf 4.4.1 en 4.4.2). Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen de afzet van lisdodde buiten bedrijf (extra opbrengsten) en het gebruik van lisdodde als veevoer binnen het bedrijf (compensatie van het verlies aan grasproductie).

Ad 4 Combinaties van grondgebruik en watermanagement

De vernattingsmaatregelen op het gebied van grondgebruik en watermanagement (Tabel 3, 4 en 5) zijn gecombineerd, omdat verwacht wordt dat de afzonderlijke maatregelen voornamelijk niet op het volledige bedrijfsareaal toegepast gaan worden. In de eerste plaats omdat vernatting in principe tot een verslechtering van het bedrijfsresultaat leidt, maar ook kan het een te grote investering vragen (pompgestuurde onderwaterdrains) of te veel arbeid om de maatregelen te beheren (lisdoddeleert).

In alle combinaties is op 25% van het areaal pompgestuurde onderwaterdrains het streefpeil van 40 cm beneden maaiveld toegepast als basismaatregel, aangezien deze maatregel ten opzichte van de uitgangssituatie het technische en economische bedrijfsresultaat niet negatief beïnvloedde (zie Hoofdstuk Resultaten), maar wel de maaiveldvaling en de CO₂-emissie fors reduceert. Mogelijk dat het bedrijfsresultaat hierdoor redelijk op peil blijft, doordat in natte perioden voldoende uitwijkmogelijkhe-

den blijven bestaan in het graslandgebruik.

De pompgestuurde onderwaterdrains werden in sessie 4 uitsluitend op de huiskavel toegepast, omdat dit praktisch het meest voor de hand ligt. Het geeft naar verwachting minder draagkrachtbeperkingen van de graszode voor het weiden van melkvee door nivellering van het grondwaterstandsverloop, het geeft meer gelegenheid tot aansturing en controle van het systeem en de stroomvoorziening is gemakkelijker te realiseren. Dit bleek ook in de werkelijke praktijksituatie van het projectbedrijf.

In varianten 11, 12 en 13 is de gradatie van vernatting steeds verder vergroot om het effect op de bedrijfsresultaten te kunnen beoordelen. In varianten 14 en 15 is 25% van het bedrijfsareaal bestemd voor lisdoddeleert, naast het toepassen van pompgestuurde onderwaterdrains op eveneens 25% van het bedrijfsareaal. In Tabel 7 staan voor de vijf aangegeven combinaties de betreffende uitgangspunten.

Tabel 7: Percentage grasareaal inpassing met verschillende combinaties van grondgebruik en watermanagement ten opzichte van gangbaar grasland en een drooglegging van 50 cm beneden maaiveld (-mv). Variant 11-15...

Grondgebruik en watermanagement	Drooglegging (cm)	Grasareaal (%)					
		1	11	12	13	14	15
Uitgangssituatie	50	0	75	0	0	0	0
Beperkte drooglegging	20	0	0	75	0	50	0
OWD's pompgestuurd gwst 30 cm -mv	30	0	25	25	25	25	25
Greppelinfiltratie drainafstand 12,5 m	20	0	0		75	0	50
Paludicultuur	-	0	0	0	0	25	25

Input bodem en hydrologie

Wageningen Environmental Research (WEnR) leverde de inputfiles voor SWAP voor de specifieke hydrologische situatie van het projectbedrijf. Daartoe is een bodemprofiel gekozen van de uitgevoerde bodemkartering (Massop et al., 2017) op het bedrijfsareaal met pompgestuurde onderwaterdrains dat representatief is voor de bedrijfs-situatie. Het gekozen profiel behoort tot de eenheid kVc van de bodemkaart: koopveengrond op rietzeggeveen. Het heeft een humeuze kleibovengrond van 10 cm dik waaronder een 25 cm dikke lichte-kleilaag die rust op een dik pakket rietzeggeveen dat zich uitstrekt tot minstens

180 cm beneden maaiveld. Voor de berekeningen met model SWAP is het nodig om de bodemkolom onder te verdelen in bodemhorizonten, waaraan belangrijke bodemeigenschappen als de hydraulische karakteristieken waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek worden toegekend. De horizonten zijn voor de numerieke berekeningen onderverdeeld in bodemcompartimenten met een dikte van 1 cm (bovenin) tot 10 cm (onderin). Tabel 8 geeft de belangrijkste kenmerken van de onderscheiden bodemhorizonten.

Tabel 8: In de SWAP modellering onderscheiden bodemhorizonten met hun dieptetraject, compartimentdikten en de bron-

Bodemhorizont	Dieptetraject (cm)	Dikte modelcompartimenten (cm)	Bronnen hydraulische karakteristieken
Heumeuze klei	0-10	10 x 1	B17, Staringreeks-bouwsteen
Lichte klei	10-35	10 x 1 en 6 x 2,5	O11, Staringreeks-bouwsteen
Veraard rietzeggeveen	35-55	8 x 2,5	Hendriks et al., 2013
Geoxideerd rietzeggeveen	55-75	4 x 5	Hendriks et al., 2013
Gereduceerd rietzeggeveen	75-180	5 x 5 en 8 x 10	Hendriks et al., 2013

De hydraulische karakteristieken zijn niet gemeten voor de gemodelleerde bodem. Voor de minerale bovengrond zijn de waarden betrokken van de Staringreeks 1994 (Wosten et al., 1994). Voor de rietzeggeveen-ondergrond zijn de gemeten waarden van de pilot onderwaterdrains in de Keulevaart (Lopikerwaard) genomen (Hendriks et al., 2013).

De zeven doorgerekende vernattingsmaatregelen verschillen in het voorkomen en de eigenschappen van de vier drainagemiddelen, waarvan drie ook als infiltratiemiddel konden fungeren. Tabel 9 geeft de eigenschappen van deze vier middelen.

Tabel 9: Waarden van eigenschappen van de vier onderscheiden drainagemiddelen

Drainagemiddel	Afstand (m)	Diepte (cm -mv)	Drainageweerstand (dagen)	Infiltratieweerstand (dagen)
Sloten	85	100	1000	1100
Drain(buizen)	4	50-70	40	40
Greppels	12,5 of 20	30	64 of 100	64 of ∞
Interflow	n.v.t.	20	20	n.v.t.

Slootafstanden en greppelafstanden en -diepten zijn geschat van de AHN3. De afstand van drainbuizen is opgelegd als de afstand waarbij onderwaterdrains (OWD) goed functioneren. De diepte bedraagt 20 cm onder de drooglegging.

De weerstanden van sloten en greppels zijn eerst geschat met de drainagevergelijkingen van Hooghoudt en Ernst op basis van de gemeten horizontale doorlatendheden uit Massop et al. (2017). Daarna zijn ze bijgesteld door de berekende grondwatertrap (Gt) te vergelijken met die van Massop et al. (2017) die voor deze locatie Gt IIb is. Om deze Gt te benaderen is het proces van 'interflow' meegenomen: snelle horizontale afvoer door de bovenste laag (20 cm) van de bodem om de hoogste grondwaterstanden 'af te toppen'.

De weerstanden van onderwaterdrains zijn ingeschat op basis van de gekalibreerde weerstanden uit de pilots

Onderwaterdrains in Utrecht en Zuid-Holland van Hendriks et al. (2013) en Van den Akker et al. (2013). Deze weerstanden gelden voor drainbuizen op 6 m afstand. Met bovengenoemde drainagevergelijkingen en doorlatendheden zijn ze omgerekend naar weerstanden voor drains op 4 m afstand.

Tabel 10 geeft voor de drainagemiddelen onderwaterdrains en greppels de waarden van de variantafhankelijke eigenschappen. De infiltratieweerstand (Y) van greppels is oneindig groot bij alle varianten waarin greppelinfiltratie niet is toegestaan. Bij variant 5 'drooglegging 20 cm' zijn daarvoor de 30 cm diepe greppels afgesloten voor infiltratie.

De zeven doorgerekende vernattingsmaatregelen verschillen in het voorkomen en de eigenschappen van de vier drainagemiddelen, waarvan drie ook als infiltratiemiddel konden fungeren. Tabel 9 geeft de eigenschappen van deze vier middelen.

Tabel 10: Drooglegging, waarden van variabele eigenschappen van de drainagemiddelen onderwaterdrains (OWD) en greppels, en met SWAP berekende jaargemiddelde kwel (negatief is wegzijging) voor de zeven doorgerkende varianten

Variant	Beschrijving	Drooglegging (cm)	Drainbuizen (OWD)		Greppel		(Y infiltratie (dagen))	Kwel positief (mm/jaar)
			aanwezig ja/nee	diepte (cm-mv)	afstand (m)	Y ¹ drainage (dagen)		
1	Referentie drooglegging	50	nee	-	20	100	∞	74
2	OWD's pomp 30 cm	30	ja	50	20	100	∞	-1
3	OWD's pomp 40 cm	40	ja	60	20	100	∞	54
4	OWD's pomp 50 cm	50	ja	70	20	100	∞	129
5	Drooglegging 20 cm	20	nee	-	20	100	∞	53
6	Greppelinfiltratie 12,5 m	20	nee	-	12,5	64	64	-13
7	Greppelinfiltratie 20 m	20	nee	-	20	100	∞	-33

¹ weerstand

Tabel 10 geeft ook de in de modellering bereikte 'onder-randvoorwaarde' als de lang(10)jarige gemiddelde kwel (positief) of wegzijging (negatief). Deze kwel/wegzijging berekent SWAP zelf op dagbasis uit het verschil tussen berekende grondwaterstand en opgelegde stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerende pakket, en een opgelegde weerstand tegen verticale waterstroming van 500 dagen. De waarde van de verticale weerstand is ingeschat uit gegevens van Dinoloket en Geotop. Het stijghoogteverloop in de tijd is als een sinus opgelegd met een gemiddelde waarde van 30 cm beneden maaiveld, een halfamplitude van 5 cm en een hoogste waarde op dag 90 in het kalenderjaar. De sturende waarden van de sinus zijn verkregen door de stijghoogten van buis B19DP0175 (locatie gegeven in Massop et al., 2017) over de periode 1995-2001 te fitten met een sinusvergelijking. De verticale weerstand en gemiddelde stijghoogte zijn later nog bijgesteld door kalibratie bij een drooglegging van 50 cm op de kwelwaarde uit Massop et al. (2017) van 1-2 mm per dag.

Weer

Voor de berekeningen is een reeks van tien weerjaren doorgerkend om het effect van verschillende weerjaren op het bedrijfsresultaat in beeld te brengen. Gekozen is voor de weerjaren 1992-2001 van het weerstation Schiphol (KNMI station 240). In deze reeks zijn de meest uiteenlopende weersituaties vertegenwoordigd, variërend van relatief nat tot relatief droog. In Tabel 11 staan de neerslagsom in mm per maand per jaar.

Stikstoflevering bodem

Op basis van Hoving et al. (2018) is de vermindering van de stikstoflevering van de bodem door vernatting ingeschat op basis van de gehanteerde drooglegging. In deze studie werd op basis van meerdere onderzoeklocaties voor een hoog slootpeil (20 cm beneden maaiveld) een duidelijk lagere stikstoflevering gevonden (stikstofopbrengst onbemeste veldjes) dan voor een lager slootpeil van 55 cm beneden maaiveld. Tussen weerjaren werden aanzienlijke verschillen gevonden. Het extra verlagen van het toepassen van onderwaterdrains was beperkt. Voor de vergelijkbaarheid van de varianten en het onbekende effect van pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie is zodoende voor deze varianten geen additioneel effect toegekend, maar uitsluitend het effect van slootpeil. Voor de referentie en de verminderde drooglegging werden stikstofleveringen van respectievelijk 258 en 219 kg stikstof per ha per jaar gehanteerd. Voor de pompgestuurde onderwaterdrains met een drooglegging van 30, 40 en 50 cm was het slootpeil gelijk aan het streefpeil en is de stikstoflevering voor de betreffende peilen geïnterpoleerd. Voor de beide varianten van greppelinfiltratie was de drooglegging 20 cm en zodoende is voor deze varianten de stikstoflevering gelijk gehouden aan die van de beperkte drooglegging van 20 cm. In Tabel 12 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 11: Neerslag weerstation Schiphol (KNMI station 240) in mm per maand per jaar (1992-2001).

Maand	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	46	85	86	117	5	5	90	85	47	72
2	30	26	26	84	48	73	22	62	97	88
3	79	8	100	84	14	23	102	92	81	64
4	39	40	79	28	7	26	85	56	45	80
5	39	71	43	32	41	69	36	30	85	33
6	56	53	45	59	31	81	164	101	33	64
7	64	162	41	54	34	64	90	37	84	41
8	136	67	83	31	99	53	89	112	52	151
9	58	141	147	107	52	38	149	109	91	176
10	125	77	136	17	98	97	158	87	141	47
11	123	64	42	31	161	44	116	76	196	114
12	62	148	126	33	39	81	98	156	105	91
Totaal	857	943	955	676	629	653	1198	1003	1056	1022

Tabel 12: Stikstofleverend vermogen van de bodem (NLV) voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maai-veld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over de reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groei-eizoen)

	NLV (kg.ha ⁻¹)
Referentie	258
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 30 cm -mv (interpolatie)	232
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 40 cm -mv (interpolatie)	245
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 50 cm -mv (interpolatie)	258
Verminderde drooglegging 20 cm (slootpeilverhoging)	219
Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	219
Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	219

3 Methodiek

3.1 Waterpas

Waterpas (De Vos et al., 2006) betreft een modelkoppeling van het BedrijfsBegrotingsProgramma (BBPR; Mandersloot et al., 1991 en Schils et al., 2007) en het hydrologische model SWAP (Kroes et al., 2008) om de interactie tussen de vochttoestand van de bovengrond en grasgroei te kunnen simuleren. SWAP geeft op basis van bodemhydrologische kenmerken in combinatie met de weergegevens input aan de grasgroei- en graslandgebruiksmodule van BBPR. SWAP bepaalt op dagbasis of er groeireductie optreedt (droogtestress of zuurstofstress) en geeft de draagkracht van de individuele bedrijfspercelen weer. BBPR berekent de dagelijkse grasgroei op basis van de stikstofgift en eventuele droogte of zuurstofstress aangeleverd vanuit SWAP. Daarnaast bepaalt de graslandgebruiksmodule of een perceel gebruikt kan en mag worden. In principe wordt de beweiding zo gepland dat de weidende diergroepen (melkkoeien, pinken of kalveren) gedurende het gehele groeiseizoen (of net zolang als de gebruiker aan het programma heeft opgegeven) dagelijks kunnen weiden. Al het gras dat niet nodig is voor het rondzetten van de beweiding wordt gemaaid voor voederwinning (graskuil). Wanneer de draagkracht onvoldoende is om te berijden, worden mest- en maaiactiviteiten uitgesteld tot het perceel weer een draagkracht heeft boven de drempelwaarde. Beweiden vindt wel plaats bij een lagere draagkracht dan de drempelwaarden, maar dan wordt op basis van de door SWAP berekende draagkracht schade ingerekend. Wanneer de schade echt te groot wordt (drempelwaarde draagkracht: 0,25 MPa) worden de weidende dieren opgesteld en op stal bijgevoerd met geconserveerd ruwvoer. Indien niet alle percelen dezelfde draagkracht hebben, omdat de ontwatering niet overal gelijk is, zal het model zo lang mogelijk proberen te weiden op percelen met voldoende draagkracht. Het gevolg van het natter worden/maken van graslandpercelen, zal leiden tot:

- Meer vertrappingsverliezen door weidende vee.
- Later maaien (door uitstel). Dit geeft meestal een hogere opbrengst, maar een lagere voederwaarde die gecompenseerd moet worden met extra krachtvoer.
- Maaien bij minder draagkracht. Dit geeft extra maai-verliezen.
- Meer dagen op stal, waardoor meer ruwvoer moet worden bijgevoerd en meer mest in de put wordt

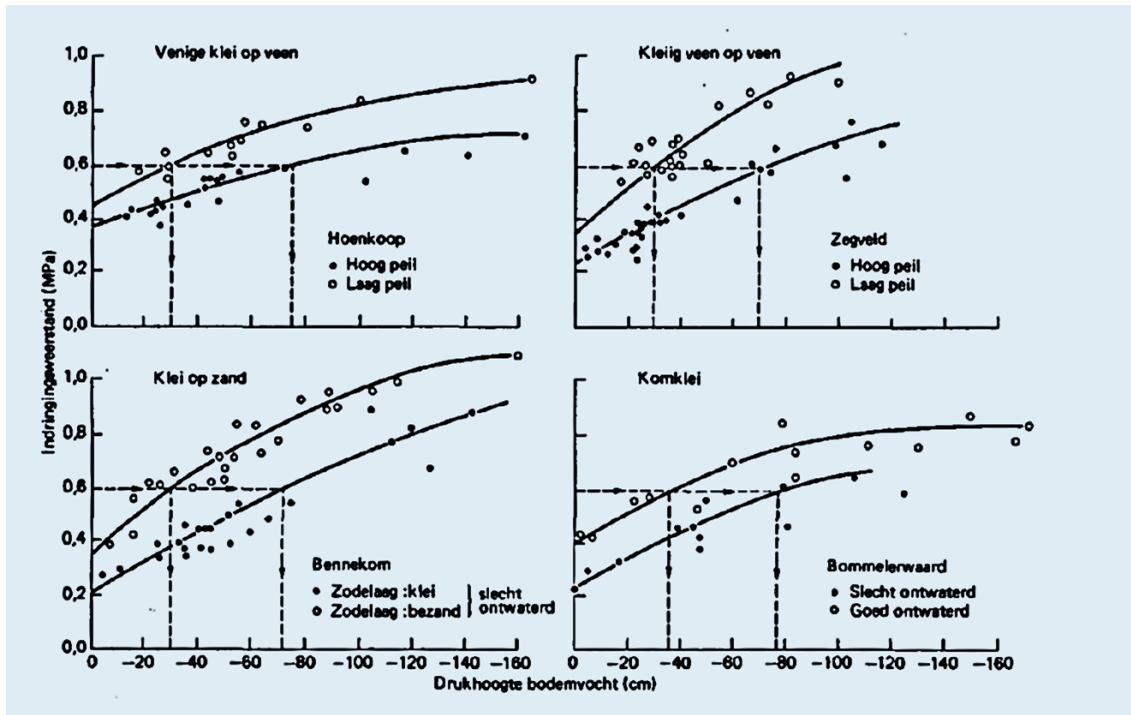
- opgevangen, die later uitgereden zal moeten worden. Dit geeft andere emissies, benutting en loonwerkkosten.
- Bij ernstige zuurstofstress. Dit geeft groeireductie.
- Lagere N levering vanuit de bodem.
- Minder Engels raaigras c.q. minder smakelijke grassoorten met een lagere voederwaarde.

Het model berekent daarmee de effecten integraal in bedrijfsverband. Uitgangspunt is een vaste (fixed) melkproductie, waardoor bij een tekort aan voer (kwantiteit en kwaliteit) extra voer dan wel extra kwaliteit (krachtvoer) zal worden aangekocht, om de vastgestelde productie in elk geval te kunnen halen en daarmee de plannen goed vergelijkbaar te laten zijn. Door deze gekozen aanpak wordt alleen gekeken naar het effect op de voedervoorziening en raakt dit effect niet verstrengeld met (melk)productie aspecten.

In Waterpas zijn de grenzen voor draagkracht in relatie tot de drukhoogte in de wortelzone gekozen op basis van Van Wijk (1984). In Figuur 3.1 zijn de relaties die Van Wijk voor vier typen bodems heeft afgeleid, waaronder die voor een hoog en een laag slootpeil voor melkveepr oefbedrijf Zegveld (het huidige KTC Zegveld). Deze situatie komt het meest overeen met die van het projectbedrijf in Assen-delft.

Voor maaien en weiden is een bovengrens voor de indringingsweerstand gehanteerd van 0,7 MPa. Voor weiden is de minimale draagkrachtgrens gesteld op 0,25 MPa, echter er treedt dan wel extra schade op door vertrapping. Voor maaien is de minimale draagkrachtgrens gesteld op 0,4 MPa, waarbij in het traject 0.4-0.7 MPa extra schade optreedt door berijding. De bovengrens en de grenzen voor maaien zijn ontleend aan een veldproef die beschreven is in Holshof (2011). Naarmate de draagkracht groter is neemt de vertrappings- en berijdingsschade af. Bij een draagkracht groter dan 0,7 MPa treedt geen schade meer op.

In Figuur 3.1 staan relaties tussen de draagkracht van de graszode en de drukhoogte in de zode voor een hoog en een laag slootpeil voor melkveepr oefbedrijf Zegveld (het huidige KTC Zegveld). In de berekeningen is voor de referentiesituatie de relatie voor een laag slootpeil gebruikt en voor de vernattingsmaatregelen de relaties voor een hoog slootpeil.

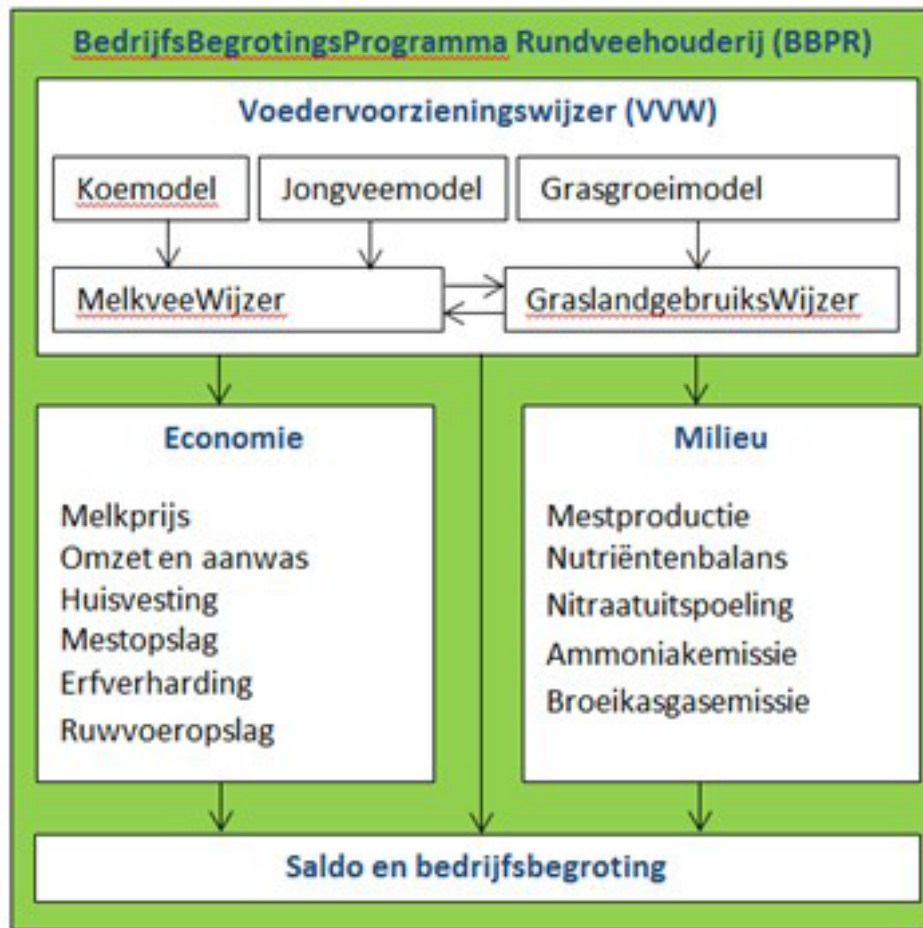


Figuur 3.1: Relatie tussen de draagkracht van de graszode en de drukhoogte in de zodelaag (5 cm beneden maaiveld) voor grasland op vier locaties. Rechtsboven bij een hoog (ca 25 cm -mv) en een laag slootpeil (ca 70 cm -mv) voor melkvee-proefbedrijf Zegveld (Van Wijk, 1984).

3.2 BBPR

BBPR bestaat uit de modules VoedervoorzieningsWijzer (VWV), Economie, Milieu en een module voor het berekenen van het saldo en een bedrijfsbegroting (Figuur 3.2). VWV (Werkgroep Normen voor de Voedervoorziening, 1991; Van der Kamp et al., 2003) simuleert aan de hand van de melkveestapel en de grasgroei het graslandgebruik. Het grasareaal binnen een bedrijf is opgesplitst in een aantal percelen voor melkvee en een aantal percelen voor jongvee (pinken en kalveren). De simulatie van het graslandgebruik betreft de beslissing om te weiden of te maaien en in het geval van weiden de beweidingsduur per perceel. Het graslandgebruik interacteert met de voeropname van melkvee en jongvee, wat respectievelijk wordt gesimuleerd met het Koemodel (Zom et al., 2002) en het jongeveemodel.

De voedervoorzieningswijzer berekent dus de voedervoorziening op het bedrijf dat van eigen land komt (vers gras, graskuil en maïs, eventueel ander veevoedergewassen als triticale, GPS, MKS of CCM) en geeft aan hoe eventuele tekorten moeten worden aangevuld. Strategische managementkeuzes in graslandgebruik, voeding en N bemesting en milieu/weerseffecten (droogte, natschade) worden op deze wijze meegenomen en bepalen de 'eigen' voervoorraad en daarmee de zelfvoorzieningsgraad van ruwvoer. Op basis van de voedervoorziening worden vervolgens de opbrengsten, kosten en belangrijke milieueffecten berekend. Op basis van de resultaten van de modules VWV, Economie en Milieu worden saldo en bedrijfsbegroting berekend.



Figuur 3.2: BedrijfsBegrotingsProgramma Rundveehouderij (BBPR) en de modules en modellen die het vertegenwoordigt met schematisch weergegeven de onderlinge uitwisseling van data

Door rekening te houden met interacties tussen de beschikbaarheid van stikstof als meststof, de grasproductie, de grasopname, de melkproductie, de mestproductie en het graslandgebruik hebben berekeningen op bedrijfsniveau voor de melkveehouderij een grote meerwaarde. Voor het berekenen van de schadepercentages zijn voor Waterwijzer Landbouw een aantal wijzigingen doorgevoerd. De integratie van hydrologie en gewasgroei met SWAP-WOFOST komt in de plaats van SWAP en GRAMIN/GRAS2007, maar dit wordt wel aangevuld met informatie over de N- werking, vanuit GRAMIN/Gras2007 (zie volgende paragraaf). De directe natschade (als gevolg van zuurstofstress) is ingebouwd in SWAP. SWAP berekent per tijdstap drukhoogtes, grondwaterstanden en eventueel schijngrondwaterstanden waaruit per dag indirecte schade kan worden bepaald of om hydrologische karakteristieken te bepalen (zoals GXG) waarmee indirecte schades zijn gerelateerd. Per bedrijfstype worden x percelen gedefinieerd met elk een eigen hydrologie en een groot aantal bedrijfskenmerken die bepalen hoe er beweeid en/of gemaaid gaat worden en hoe drogestofopbrengsten en bijvoeding worden omgezet in melkproductie en bedrijfsresultaat.

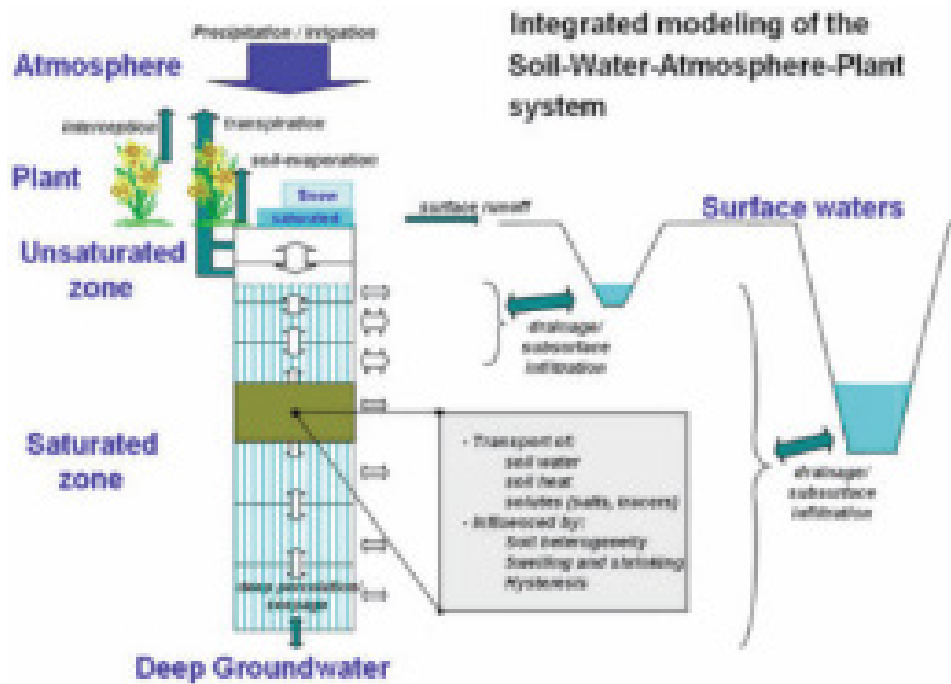
Per perceel wordt per dag bekeken of het 'aan de beurt is' om beweeid of gemaaid te worden en of dit mogelijk is, op basis van de drukhoogte op 12,5 cm -mv. Via een opzoektabel wordt een indringingsweerstand bepaald en of hierbij niet beweeid of bereiden kan worden en op basis daarvan worden vertrapings- of berijdingsverliezen bepaald. Met het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) kunnen landbouwkundige, milieukundige en bedrijfseconomische kengetallen worden berekend, waarmee de fysieke effecten worden omgezet in verandering in euro's per ha. Voor wat betreft de bedrijfseconomische kengetallen is uitgegaan van de meest actuele prijzen en tarieven uit de KWIN-veehouderij (2019-2020).

3.3 SWAP

Bron: STOWA 2013. Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen. Rapport 37. Het SWAP model (Soil-Water-Atmosphere-Plant, Figuur 3.3) simuleert het transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde en, zij het in beperkte mate, de verzadigde zone. SWAP is ontwikkeld door Wageningen Universiteit en Alterra. De eerste versie van het SWAP

model werd, voor toepassingen op veldschaal, al in 1978 ontwikkeld (Feddes et al., 1978) en sindsdien is het model veelvuldig toegepast en zijn diverse verbeteringen aangebracht. SWAP wordt gezien als het standaardmodel voor het bepalen van de actuele verdamping als functie

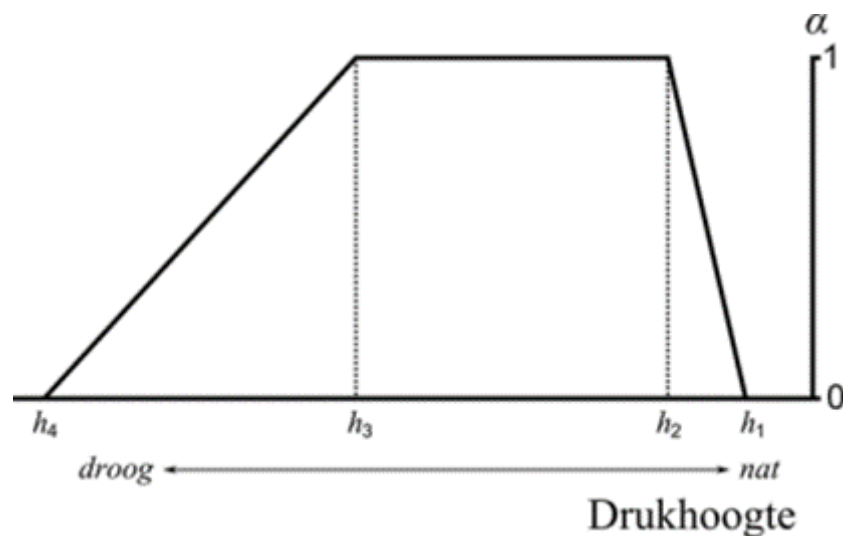
van meteorologische gegevens gecombineerd met gewas- en bodemgegevens (Feddes en Raats, 2004).



Figuur 3.3: Schematisch overzicht van het bodem-water-atmosfeer-plant systeem, samengebracht in het model SWAP (www.SWAP.alterra.nl).

De reductie in actuele transpiratie als gevolg van beschikbaar vocht in de bodem wordt weergegeven door de zogenaamde wortelonttrekkingsfunctie. Zowel te droge als te natte omstandigheden leiden tot een niet optimale transpiratie omdat plantenwortels dan niet voldoende water kunnen opnemen. Voor het berekenen van reducties in de wateropname door te droge (watertekort) en te

natte (zuurstoftekort) omstandigheden wordt de reductiefunctie van Feddes et al. (1978) gebruikt (Figuur 3.4). SWAP beschrijft elk van de factoren die deel uitmaken van de verdamping: evaporatie van de bodem, transpiratie van het gewas en interceptieverdamping. Zowel de potentiële als actuele evaporatie en transpiratie worden berekend.



Figuur 3.4: Relatieve wortelopname a (relatief ten opzichte van potentiële opname) als functie van de drukhoogte h volgens Feddes et al. (1978), zoals gebruikt voor de berekening van droogte- en natschade in SWAP. De wateropname door wortels neemt lineair af van h_3 tot h_4 door droogtestress. Tussen h_2 en h_3 is de wateropname optimaal ($a=1$). Volgens deze functie neemt de wateropname af door zuurstofstress tussen de kritische grenswaarden h_2 en h_1 .

SWAP is ontwikkeld voor toepassing op veldschaal, maar wordt tevens ingezet voor het simuleren van de waterhuishouding op regionale schaal.

Als de bodemvochtcondities niet optimaal zijn, bijvoorbeeld door vochttekort, neemt de potentiële transpiratie af tot de actuele transpiratie (Figuur 3.4). Niet alleen een tekort aan water in de wortelzone leidt tot transpiratiereductie, maar ook een tekort aan zuurstof, en een te hoog zoutgehalte van het bodemvocht kunnen tot reductie van de wateropname door de wortels leiden. Onder suboptimale vochtvoorziening in de wortelzone zal de potentiële transpiratie (T_p) afnemen tot de actuele transpiratie (T_a), wat gevolgen heeft voor de gewasopbrengst. De relatieve gewasopbrengst (Y_a/Y_p) wordt gelijk gesteld aan de relatieve transpiratie (T_a/T_p):

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \frac{T_a}{T_p}$$

In het SWAP-model voor de onverzadigde zone wordt het effect van de wateropname van plantenwortels beschreven door het opnemen van de zogenaamde 'sink-term' in de Richards' vergelijking voor stroming van water in de onverzadigde zone. De actuele wateropname S van planten wordt berekend door de maximale wateropname S_{max} te vermenigvuldigen met stressfactoren voor droogte-, zuurstof- en zoutstress, respectievelijk $\alpha_{droogte}$, $\alpha_{zuurstof}$ en α_{zout} (Kroes et al., 2008):

$$S(z) = \alpha_{droogte} \alpha_{zuurstof} \alpha_{zout} S_{max}(z)$$

S_{max} , de maximale wateropname door planten, wordt bepaald door de potentiële transpiratie te verdelen over verschillende diepten z aan de hand van het verloop van de worteldichtheid met de diepte. S_{max} geïntegreerd over de worteldiepte, is dus weer gelijk aan de potentiële transpiratie. Integratie van $S_{(z)}$ over de wortelzone levert de actuele transpiratie, de maximale wateropname door planten, wordt bepaald door de potentiële transpiratie te verdelen over verschillende diepten z aan de hand van het verloop van de worteldichtheid met de diepte. S_{max} geïntegreerd over de worteldiepte, is dus weer gelijk aan de potentiële transpiratie. Integratie van $S_{(z)}$ over de wortelzone levert de actuele transpiratie.

3.4 Gemiddeld laagste grondwaterstand en GLG

De grondwaterstanden in de zomer zijn een belangrijk gegeven voor het bepalen van het effect van vernattingsmaatregelen. In deze studie zijn voor de interpretatie van de grondwaterstanden twee parameters berekend, namelijk (1) door voor de reeks van tien weerjaren de laagste grondwaterstanden te middelen en (2) door de hydrologische parameter Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) te berekenen. De GLG wordt berekend door eerst per jaar de LG3 te berekenen en deze waarden vervolgens te middelen over een reeks van tenminste acht weerjaren. De LG3 wordt berekend door per jaar in de periode van 1 april tot 1 november de drie laagste grondwaterstanden te middelen van de 14e en 28e van de maand. De GLG is zodoende kleiner dan de gemiddeld laagste grondwaterstand.

Samengevat zijn de volgende twee parameters bepaald:

1. Gemiddeld laagste grondwaterstand = gemiddeld laagste grondwaterstand van tien weerjaren
2. GLG = gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden (LG3) van tien weerjaren

3.5 Maaiveldddaling en CO₂-emissie

Blijvend grasland

Door Van den Akker et al. (2007, 2008) zijn voor grasland uit monitoringsdata betreffende maaiveldddaling, slootpeilen en grondwaterstanden empirische relaties bepaald om de jaarlijkse maaiveldddaling te berekenen uit slootpeilen (drooglegging) en kengetallen voor de grondwaterstand, zoals de GLG, gemiddelde zomergrondwaterstand of gemiddelde jaargrondwaterstand. Deze empirische relaties zijn in Kuikman et al (2005) gebruikt om de maaiveldddaling van veengebieden in Nederland in kaart te brengen en deze vervolgens om te zetten in kooldioxide emissie (CO₂) om zo voor Nederland de totale CO₂-emissie van veengronden in agrarisch gebruik te berekenen. Door van den Akker et al (2007) wordt aangegeven dat veenoxidatie veel beter aan de diepste grondwaterstanden in de zomerperiode kan worden gerelateerd dan aan slootpeilen. Aan het einde van de zomer zijn in het algemeen niet alleen de grondwaterstanden op zijn diepst maar is de grond ook op zijn droogst met de meeste en diepste krimpscheuren waardoor zuurstof diep in het profiel kan dringen en zijn bovendien de bodemtemperaturen op zijn hoogst. De potentiële afbraaksnelheid van veen neemt bij toenemende bodemtemperatuur snel toe. Met een factor Q10 wordt aangegeven hoeveel de potentiële

afbraak toeneemt bij een stijging van 10 °C. Vermeulen en Hendriks (1996) vonden voor Nederlandse veengronden in het temperatuurtraject van 0 – 10 °C een Q10-waarde van 3,0 – 5,6 en in het traject van 10 – 20 °C Q10-waarden van 2,4 – 3,6.

In onderstaande vergelijkingen (1), (2) en (3) zijn de oorspronkelijke vergelijkingen voor de relaties tussen maaiveldddaling en GLG uit Van den Akker et al (2007) omgezet naar relaties tussen CO₂-emissie en GLG, waarbij 1 mm maaiveldddaling gelijk is gesteld aan een CO₂-emissie van 2,26 ton CO₂-ha⁻¹.

Bij veengronden zonder kleidek bepaald met een dataset met alleen de veengronden zonder kleidek:

$$y = 61,72 \text{ GLG} - 19,95; r^2 = 0,98 \quad (3)$$

waarin y = de emissie in t CO₂ ha⁻¹ j⁻¹

GLG = Gemiddeld Laagste Grondwaterstand in m

Bij veengronden zonder kleidek bepaald met een dataset met veengronden met en zonder kleidek:

$$y = 53,19 \text{ GLG} - 15,10; r^2 = 0,61 \quad (4)$$

Bij veengronden met dun kleidek (< 40 cm) bepaald met een dataset met veengronden met en zonder kleidek:

$$y = 53,19 \text{ GLG} - 23,66; r^2 = 0,61 \quad (5)$$

Door de beperkte meetreeksen was het aantal metingen beperkt. Vooral voor veen zonder kleidek is de relatie eenduidig. De sterke invloed van de diepte van de grondwaterstand, maar ook temperatuur, wordt bevestigd door onder andere Höper (2007), Moore and Dalva (1993), Kluge et al. (2008), Renger et al. (2002) en Wessolek et al. (2002).

Bedacht moet worden dat de empirische vergelijkingen (3) t/m (5) zijn vastgesteld voor een situatie zonder toepassing van onderwaterdrains. Onderwaterdrains infiltreren niet alleen maar draineren ook, waardoor de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) lager ligt en de bovengrond en zodelaag gemiddeld minder vaak volledig verzadigd zijn en daardoor wellicht meer veenoxidatie kent. Anderzijds zal door de voortdurende verbeterde infiltratie de bodemlaag direct boven de grondwaterstand natter blijven zodat daar de zuurstofvoorziening vermindert. Uiteindelijk zullen nieuwe empirische relaties vastgesteld moeten worden, maar tot dan kunnen de vergelijkingen (3) t/m (5) goed worden gebruikt.

Aangezien de relaties toegepast worden voor het projectbedrijf in Assendelft is vergelijking (3) gebruikt voor veengronden zonder kleidek gebaseerd op de dataset met alleen de veengronden zonder kleidek.

Voor de maaiveldddaling is onderstaande vergelijking (6) uit Van den Akker et al. (2007) gebruikt. Deze geldt even-

eens voor veengronden zonder kleidek bepaald met een dataset met alleen de veengronden zonder kleidek:

$$y = 27,31 \text{ GLG} - 8,83; R^2 = 0,98 \quad (6)$$

waarin y = de maaiveldddaling in mm per jaar

GLG = Gemiddeld Laagste Grondwaterstand in m

Voor lachgasemissie (N₂O) is de maaiveldddaling in mm met een factor 0,8 kg vermenigvuldigd. De hoeveelheid emissie is vertaald naar CO₂-equivalenten door de N₂O-emissie met 310 te vermenigvuldigen.

Volgens Van den Pol-van Dasselaar (1998) is methaanemissie (CH₄) niet aan de orde zolang grasland niet plasdras staat, zoals dat in natuurgebieden het geval kan zijn. Intensief gebruikt en bemest grasland met een voldoende drooglegging legt zelfs methaan vast. Voor greppelinfiltratie zal in en rond de greppel wel enige methaanemissie optreden, maar dit is verwaarloosbaar klein zolang het omliggende land niet plasdras staat. Volgens Schrier-Uijl (2010) werd wel methaanemissie uit Nederlandse veenweiden gemeten. Sloten en slootkanten zijn de hotspots (60-70 % van de terrestrische CH₄-emissie), maar ook uit het grasland kwam in de zomer CH₄ vrij. Onderzocht werd of transformatie van intensief landbouwkundig gebruik naar natuurbeheer tot een verandering van methaanemissie zou leiden. Dit bleek niet het geval, tenminste wanneer de emissies door landbouwkundig gebruik van de grond werd meegerekend. In het onderzoek waren de zomerslootpeilen gelijk. Het onderzoek bood geen aanknopingspunten om CH₄-emissie te kunnen relateren aan peilbeheer of mate van vernatting. Mede gezien de conclusies uit het onderzoek van Pol-van Dasselaar (1998) en de gebruikte systematiek volgens Kuikman et al. (2005), om voor de veengebieden in Nederland maaiveldddaling en broeikasgasemissie in kaart te brengen, is in de berekeningen methaanemissie voor grasland buiten beschouwing gelaten.

Intensieve lisdoddeteelt

In het kader van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling - deelexpeditie Natte Teelten is een notitie geschreven over methaanemissies uit intensieve lisdoddeteelt (Pijlman et al., 2020). Dit naar aanleiding van een discussie over het perspectief van intensieve lisdoddeteelt om broeikasgasemissies te verlagen in veengebieden, welke nu in gebruik zijn als veenweiden. Onder intensieve lisdoddeteelt wordt verstaan: 'het telen van lisdodde op een landbouwkundige wijze voor het nastreven van een hoge lisdodde biomassa-productie'. Daarbij wordt gedacht aan een voldoende beschikbaarheid van nutriënten voor plantengroei (bijvoorbeeld als gevolg van een voldoende hoge nutriëntenlading van de bodem en/ of door de aanvoer van voedselrijk of koolstofrijk water en / of via bemesting), en een gecontroleerd watermanagement

(waarbij het waterpeil gedurende het groeiseizoen enkele decimeters boven maaiveld wordt gehandhaafd). Geconcludeerd wordt dat op basis van bestaande kennis en expert judgement er verschillende aanwijzingen zijn dat lisdoddeteelt, met name wanneer het gericht wordt op het halen van een hoge biomassa-productie, tot zeer hoge methaan emissies kan leiden. Methaan (CH_4) is een broeikasgas met een CO_2 -equivalent van 28 (IPCC, 2014). Aangegeven wordt dat het nog te vroeg is om precies te beantwoorden hoeveel broeikasgassen uit intensieve lisdoddeteelt komen, omdat er nog niet uitgebreid aan gemeten is en er ook weinig percelen zijn waarop intensief lisdodden worden geteeld. In een aparte box bij de notitie, die geschreven is door Geerts en Fritz van de Radboud Universiteit, wordt gesteld dat zonder aanvullende maatregelen een intensieve lisdoddeteelt kan leiden tot methaanemissies van meer dan 15 ton CO_2 -eq $\text{ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Afhankelijk van de intensiteit van een lisdoddeteelt en de mogelijkheid om “klimaatvriendelijke” biomassaopbrengsten te aanvaarden, kunnen verschillende maatregelen toegepast worden om de uitstoot van methaan te verminderen. De meerderheid van deze maatregelen gaat ten koste gaan van de biomassa-productie.

In de berekeningen is uitgegaan van intensieve lisdoddeteelt en de aangegeven emissie van 15 ton CO_2 -eq $\text{ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Volgens Kandel et al. (2019) bleek dat stikstofbemesting van een paludicultuur bij hoge grondwaterstanden leidde tot een N_2O flux. CO_2 - en N_2O -emissie zijn bij lisdoddeteelt buiten beschouwing gelaten, aangezien nog onvoldoende bekend is in hoeverre het gewas bemest moet worden en CO_2 emitteert.

3.6 Achtergrond berekening ammoniakemissie

De rekenregels betreffende de berekening van de ammoniakemissie in het BedrijfsbegrotingsProgrammaRundveehouderij (BBPR) zijn gebaseerd op Velthof et al. (2009) en betreft de NH_3 -emissie uit stallen, mestopslagen en de bodem (na mesttoediening). De emissiefactoren zijn gebaseerd op de hoeveelheid ammoniakale N (TAN). Voor elke bron van NH_3 wordt aangegeven welke gegevens en emissiefactoren nodig zijn. Daarbij wordt voor mestopslag de omzetting van organisch gebonden N in TAN (mineralisatie) gekwantificeerd om de NH_3 -emissie te kunnen berekenen. De NH_3 -emissie uit stallen (1e post van de totale berekening op bedrijfsniveau) wordt berekend uit de TAN-excretie per diercategorie en de emissiefactor voor NH_3 voor het betreffende stalsysteem, zoals opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). Er wordt onderscheid gemaakt in stal- en weide periode en in wel en niet weiden. Overigens wordt in de Rav alleen onderscheid gemaakt in diercategorie, stalsysteem en wel of niet weiden. De emissiefactoren zijn afkomstig van uiteenlopende studies en veelal gebaseerd op metingen. Naast NH_3 -emissie treden in de stallen ook gasvormige stikstofverliezen op via omzetting van TAN door nitrificatie en denitrificatie (verliezen aan N_2 , N_2O en NO). Om de NH_3 -emissie van de buitenopslag te kunnen relateren aan de TAN die bij aanvang aanwezig is, worden de N-verliezen door (de)nitrificatie in stal en mestopslag ook gekwantificeerd.

4 Resultaten

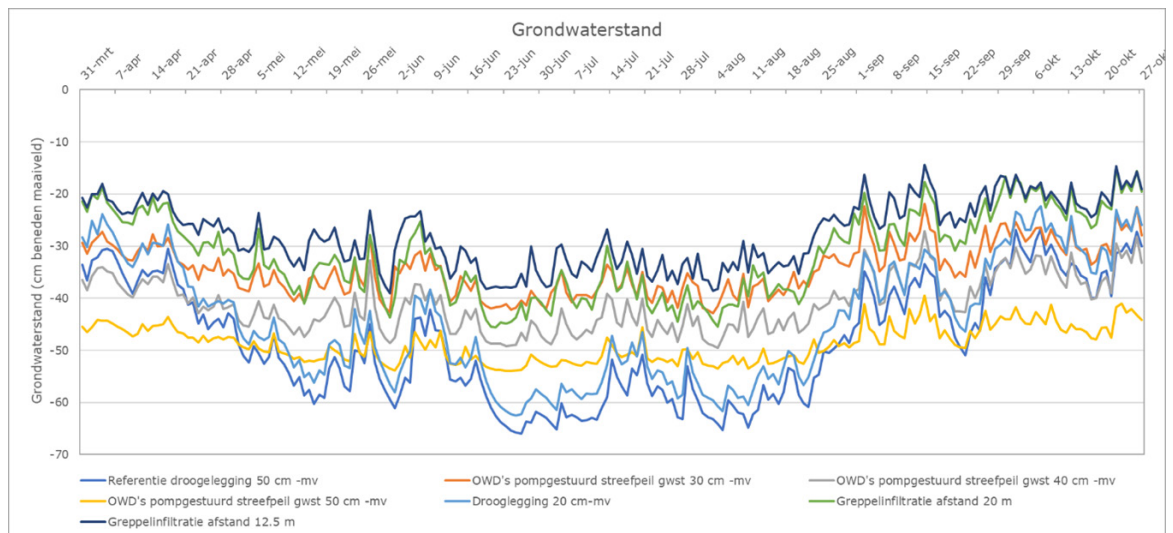
4.1 Grondwater, drukhoogte en draagkracht

4.1.1 Grondwaterstand

De resultaten van de vernattingsmaatregelen komen tot uitdrukking in de grondwaterstand, de drukhoogte in de wortelzone en de draagkracht van de graszode. Deze variabelen hangen nauw met elkaar samen en waren in de berekeningen bepalend voor de grasproductie, het graslandgebruik (weiden en maaien), de technische en economische resultaten en de verwachte effecten op maaielddaling en CO₂-emissie (zie volgende paragrafen).

Voor de varianten waarbij een vernattingsmaatregel op het volledige of nagenoeg volledige bedrijfsareaal (exclusief beheersgrasland voor pompgestuurde onderwaterdrains) werd toegepast (variant 1-7) zijn de grondwaterstanden, drukhoogtes en draagkracht geanalyseerd. De waarden van de variabelen zijn over alle graspercelen op dagbasis gemiddeld.

Het gemiddelde grondwaterstandsverloop van de tien weerjaren (1992-2001) staat in Figuur 4.1. Het betreft hierbij de grondwaterstanden in het groeiseizoen, de periode van 1 april tot en met eind oktober. In Bijlage 1 staat het grondwaterstandsverloop voor de gehele reeks van weerjaren.



Figuur 4.1: Grondwaterstand voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over de reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van 1 april tot en met eind oktober (groeiseizoen).

Ten opzichte van de referentiesituatie gaf een verminderde drooglegging (hoger slootpeil) een relatief geringere verhoging van de grondwaterstand in zowel de zomer als in het vroege voorjaar en het najaar. De varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains nivelleerden de grondwaterstand aanmerkelijk meer dan voor de referentiesituatie en een verminderde drooglegging; in de natte perioden waren de grondwaterstanden lager en in de droge periode hoger. Het verloop van de grondwaterstand houdt duidelijk verband met het streefpeil, al was in de zomer de laagste grondwaterstand soms aanzienlijk lager dan het streefpeil (zie ook Tabel 12). Het grondwaterpeil was voor de varianten met greppelinfiltratie relatief hoog. Voor een greppelafstand van 12,5 m was in de zomer de grondwaterstand gemiddeld zelfs hoger dan bij pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm. Voor individuele (relatief droge) jaren waren de grondwaterstanden wel lager.

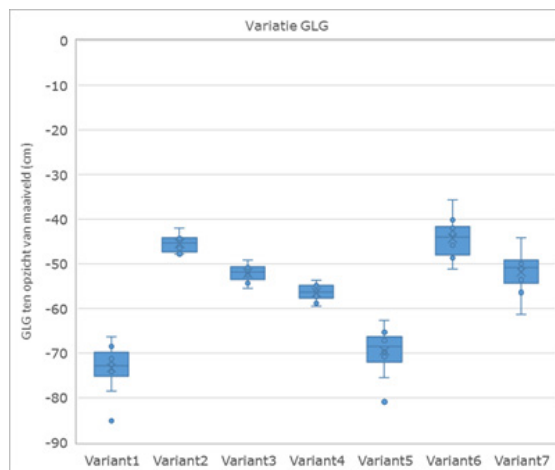
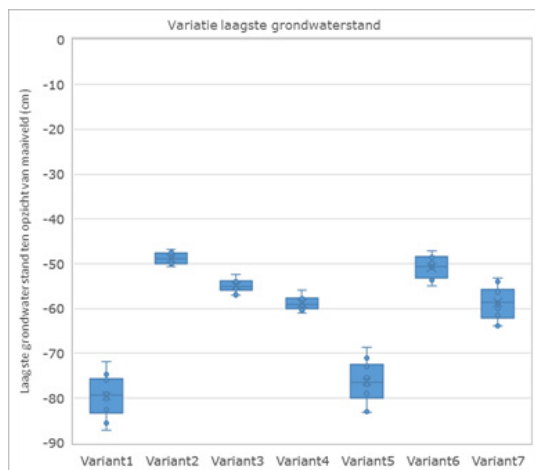
De laagste grondwaterstanden voor de referentie en de verminderde drooglegging lagen relatief dicht bij elkaar (zie Bijlage 1, Grafiek 2). Greppelinfiltratie verhoogde de grondwaterstand in z'n algemeenheid aanzienlijk. De diepste grondwaterstanden waren bij een greppelafstand van 12,5 en 20 m hoger dan die bij pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefpeil voor de grondwaterstand van 50 en 40 cm beneden maaiveld. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van 30 beneden maaiveld daalde de grondwaterstand gemiddeld het minst. In Tabel 13 staan per variant de gemiddeld laagste grondwaterstanden en de GLG (zie paragraaf 3.4) over de reeks van tien weerjaren. Deze zijn gebruikt voor het schatten van de maaiveldddaling en de broeikasgasemissie (zie paragraaf 4.4). Deze waarden wijken af van die uit Figuur 4.1 aangezien dit gemiddelde waarden per datum betreft.

Tabel 13: Gemiddeld laagste grondwaterstand en GLG voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), een verminderde drooglegging van 20 cm, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groeiseizoen).

	Gemiddeld laagste grondwaterstand (cm -mv)	GLG (cm -mv)
Referentie	80	73
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 30 cm -mv	49	45
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 40 cm -mv	55	52
Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand 50 cm -mv	59	56
Verminderde drooglegging 20 cm	76	70
Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	51	44
Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	59	52

De gemiddeld laagste grondwaterstanden en GLG zijn lager dan het streefpeil door de bandbreedte die in het model gehanteerd werd voor het in en uitpompen van water en de relatief hoge infiltratieweerstand van de bodem. Het verschil met het streefpeil nam toe naarmate het streefpeil hoger was.

De variatie in de laagste grondwaterstanden voor de referentie en zes vernattingsmaatregelen (variant 1-7) inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden staan in Figuur 4.2. De gemiddeld laagste grondwaterstanden zijn gebruikt voor het schatten van de maaiveldddaling en de broeikasgasemissie (zie paragraaf 4.4).

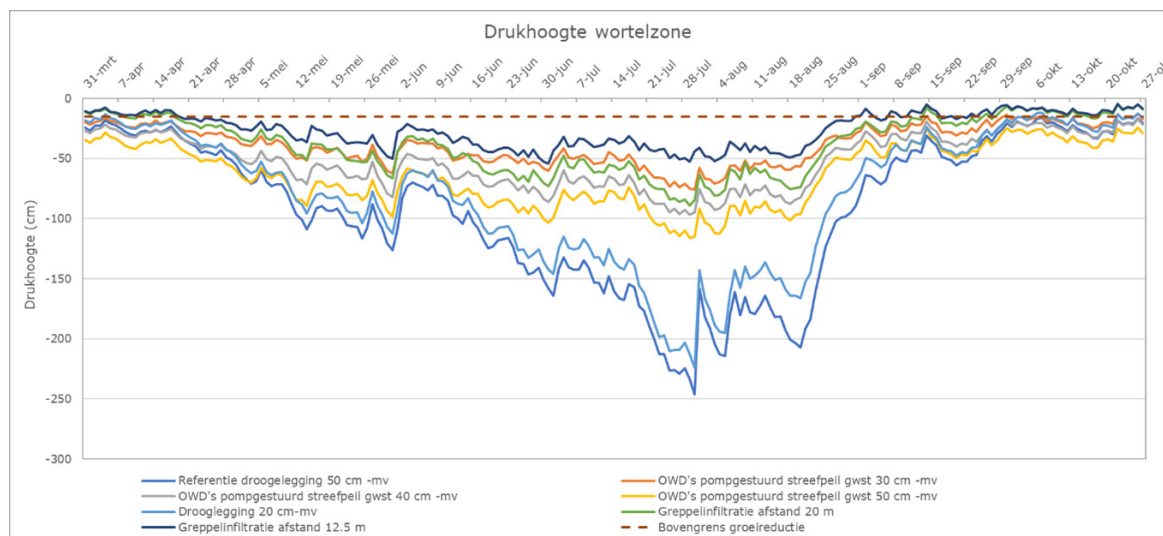


Figuur 4.2: De variatie in de gemiddeld laagste grondwaterstand en GLG voor variant 1-7, respectievelijk de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van 1 april tot en met eind oktober (groeiseizoen). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met het gemiddelde en de uitschieters. De lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

4.1.2 Drukhoogte

De gemiddelde drukhoogte in de wortelzone van de tien weerjaren (1992-2001) staat in Figuur 4.3. Het betreft de

drukhoogte per dag in het groeiseizoen voor de periode van 1 april tot en met eind oktober. In Bijlage 2 staat het drukhoogteverloop voor de gehele reeks van weerjaren.

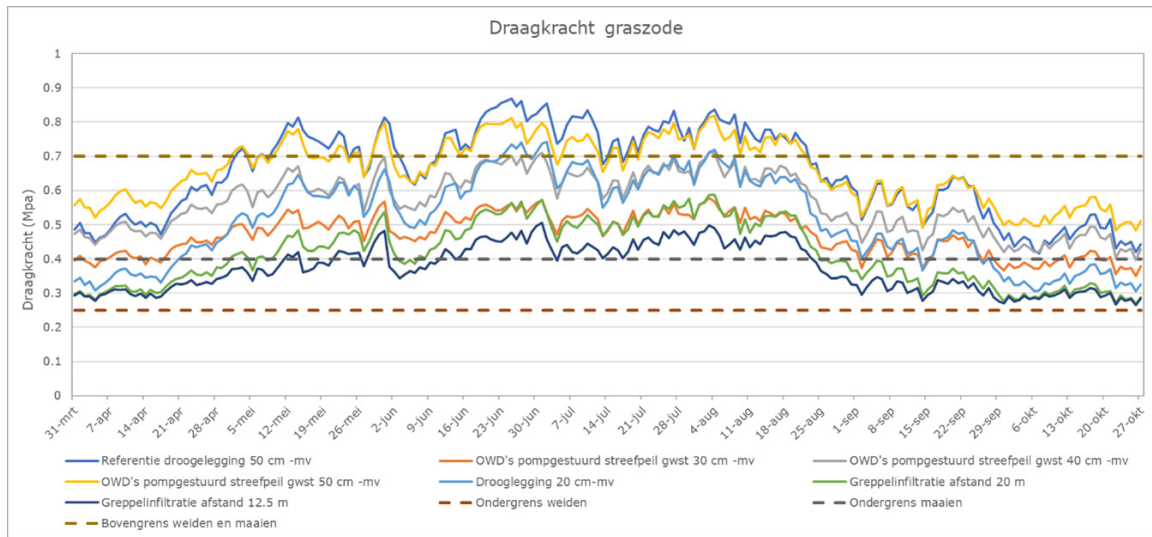


Figuur 4.3: Drukhoogte wortelzone voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groeiseizoen). De bovengrens waarbij groeireductie voor gras door vernatting optreedt is weergegeven.

4.1.3 Draagkracht

De gemiddelde draagkracht van de graszode van de tien weerjaren (1992-2001) staat in Figuur 4.4. Het betreft hierbij de draagkracht in het groeiseizoen, de periode van half maart tot en met eind oktober. Daarbij zijn de bovengrens en de ondergrenzen voor draagkracht weergegeven waar-

bij gemaaid en geweid kan worden. In het gebied tussen de bovengrens en de ondergrens traden voor weiden en maaien respectievelijk vertrappingsverliezen en berijdingsverliezen op. In Bijlage 3 staat het draagkrachtverloop voor de gehele reeks van weerjaren.



Figuur 4.4: Draagkracht graszode voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groei-eizoen). De bovengrens waarbij voor weiden en maaien geen schade optreedt en de ondergrenzen waarbij de draagkracht voor maaien en weiden onvoldoende is, zijn weergegeven. Tussen de boven en ondergrens treedt schade aan de graszode op.

Voor de referentiesituatie en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van 50 cm beneden maaiveld was de draagkracht tussen eind april en eind augustus gemiddeld over de tien weerjaren ruim toereikend ($>0,7$ MPa). Voor de referentiesituatie en de pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van 40 en 50 cm beneden maaiveld werd gemiddeld gedurende het gehele groeiseizoen aan de ondergrens voor maaien voldaan ($>0,4$ MPa). Voor de overige varianten werd de ondergrens voor maaien in het voor- en najaar/nazomer overschreden. Voor greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m was de periode in het groeiseizoen waarbij gemaaid kon

worden (weliswaar met schade) het kortst. De ondergrens voor weiden werd gemiddeld voor geen enkele variant overschreden ($>0,25$ MPa), maar wel in afzonderlijke jaren. Voor greppelinfiltratie (vooral bij een afstand van 12,5 m) gebeurde dit vaker dan voor de varianten van pompgestuurde onderwaterdrains.

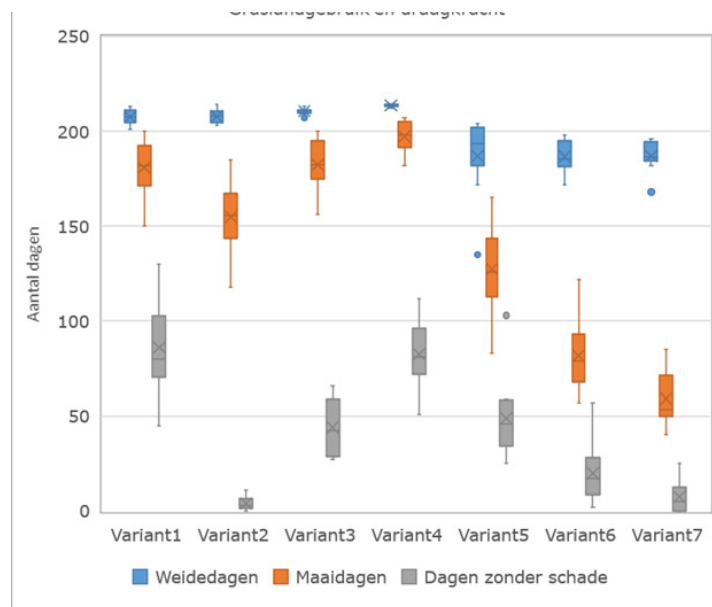
Het gemiddelde aantal dagen voor de reeks van tien weerjaren waarbij de ondergrens (bepaalde draagkracht) en de bovengrens voor weiden en maaien (voldoende draagkracht) werd bereikt staat in Tabel 14 Daarbij is de standaard deviatie van dit aantal dagen vermeld.

Tabel 14: Aantal dagen dat de ondergrens voor weiden en maaien (beperkte draagkracht) en de bovengrens voor weiden en maaien (voldoende draagkracht) werd bereikt voor variant 1-7, respectievelijk de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van 1 april tot en met eind oktober (groei-eizoen).

	Referentie drooglegging 50 cm	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m
Ondergrens weiden (>0.25 MPa)	208	208	211	214	193	187	187
Ondergrens maaien (>0.4 MPa)	181	155	183	197	127	82	59
Bovengrens weiden en maaien (>0.7 MPa)	86	4	44	83	49	20	8

De variatie in het aantal dagen waarbij de ondergrens voor weiden en maaien (beperkte draagkracht) en de bovengrens voor weiden en maaien (voldoende draagkracht)

werd bereikt voor de referentie en zes vernattingsmaatregelen (variant 1-7) inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden staan in Figuur 4.5.



Figuur 4.5: De variatie in aantal dagen dat de ondergrens voor weiden en maaien (beperkte draagkracht) en de bovengrens voor weiden en maaien (voldoende draagkracht) werd bereikt voor variant 1-7, respectievelijk de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m over de reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van 1 april tot en met eind oktober (groei-eizoen). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met het gemiddelde (x), de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven de variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en

De variatie in aantal weidedagen was relatief klein voor de referentie situatie en pompgestuurde onderwaterdrains en nam beduidend toe bij een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie. Bij pompgestuurde onderwaterdrains nam de variatie toe bij een hoger streefpeil. Dit was ook het geval voor het aantal maaidagen. Bij een verminderde drooglegging van 20 cm nam gemiddeld het aantal maaidagen af en nam de variatie toe. In combinatie met greppelinfiltratie daalde het aantal maaidagen verder en verminderde de variatie enigszins. De variatie in aantal dagen weiden en maaien zonder schade was voor de referentiesituatie het hoogst en voor pompgestuurde onderwaterdrains 30 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 20 m het kleinst vanwege het geringe gemiddelde aantal dagen waarop zonder schade

geweid en gemaaid kon worden.

4.2 Debieten aan- en afvoer van water

Door de vernattingsmaatregelen veranderde de waterhuishouding van de bodem en daarmee de mate van aan- en afvoer van water. In Bijlage 4 is de gemiddelde hoeveelheid drainage en infiltratie weergegeven in respectievelijk Figuur B4.1 en B4.2. In Tabel 15 staat de gemiddelde drainage en infiltratie van de referentie situatie en de vernattingsmaatregelen.

Tabel 15: Hoeveelheid drainage en infiltratie gemiddeld per jaar voor variant 1-7, respectievelijk de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over de reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van 1 april tot en met eind oktober (groei seizoen).

Variant	Drainage (mm.jaar ⁻¹)	Infiltratie (mm.jaar ⁻¹)
Referentie drooglegging 50 cm	455	33
OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	590	235
OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	580	171
OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	631	140
Drooglegging 20 cm	446	59
Greppelinfiltratie greppelafstand 12.5 m	546	236

De hoeveelheid drainage was het laagst voor een drooglegging van 20 cm, was beperkt hoger voor de referentiesituatie en nam aanzienlijk toe voor greppelinfiltratie en pompgestuurde onderwaterdrains. Dit wordt verklaard doordat voor de betreffende varianten minder neerslag geborgen kan worden in de bovengrond door een hogere grondwaterstand en de mate van vochtverzadiging van de bodem. Daarbij kwam voor pompgestuurde onderwaterdrains nog het nastreven van een streefpeil voor het grondwaterniveau, waardoor extra water wordt afgevoerd. Bij een streefpeil van 50 cm beneden maaiveld was dit effect het grootst doordat de grondwaterstand verder kan stijgen naar het maaiveld en meer water afgevoerd werd.

De hoeveelheid infiltratie was het laagst voor de referentiesituatie, nam beperkt toe voor een drooglegging van 20 cm en nam fors toe voor greppelinfiltratie en pompgestuurde onderwaterdrains. Daarbij was de toename evenredig met de mate van verhoging van de grondwa-

terstand in droge perioden. De infiltratie was relatief hoog voor greppelinfiltratie door verlies van water als gevolg van evapotranspiratie (openwaterverdamming).

4.3 Technische bedrijfsresultaten

4.3.1 Uitgangspunten modelbedrijf

In de modelberekeningen zijn de uitgangspunten overeenkomstig met die van het projectbedrijf. De basiskenmerken van het bedrijf staan in Tabel 16. Het graslandgebruikssysteem voor de melkkoeien was in het model een omweidingssysteem met beperkt weiden (alleen overdag) en 5 kg bijvoeding per koe per dag. Het melkvee werd hierbij 2 tot 4 dagen op een perceel geweid. In werkelijkheid wordt op het projectbedrijf een roterend standweidesys-

teem toegepast waarbij de melkkoeien elke dag naar een nieuw perceel gaan. Dit systeem kan in het model echter (nog) niet gesimuleerd worden, maar heeft nauwelijks effect op de vergelijking van de maatregelen. Het areaal

grasland verminderde door greppelinfiltratie en door lisdodde teelt. In Bijlage 5 staat de oppervlakte grasland per variant.

Tabel 16: Basiskenmerken modelbedrijf referentiesituatie

Kenmerken	Eenheid	Data
Jaartal mestwetgeving	(-)	2018
Aantal koeien	(stuks)	200
Aantal pinken	(stuks)	54
Aantal kalveren	(stuks)	57
Quotum totaal	(ton)	1800
Oppervlakte grasland	(ha)	96
Oppervlakte snijmaïs	(ha)	15
Beheergras	(ha)	7,5
Graslandgebruikssysteem	(-)	B+5.0

In de berekeningen is door middel van een iteratieprocedure er voor gezorgd dat voor elke variant en elk afzonderlijk weerjaar een melkproductie werd gehaald van 9000 kg per koe per jaar en dat aan de mestwetgeving (uitrijnormen voor dierlijke mest) werd voldaan. Daarbij werd het krachtvoergebruik van het praktijkbedrijf benaderd. Verschillen in technische resultaten kwamen zodoende volledig voort uit een verschil in grasproductie en de benutting hiervan.

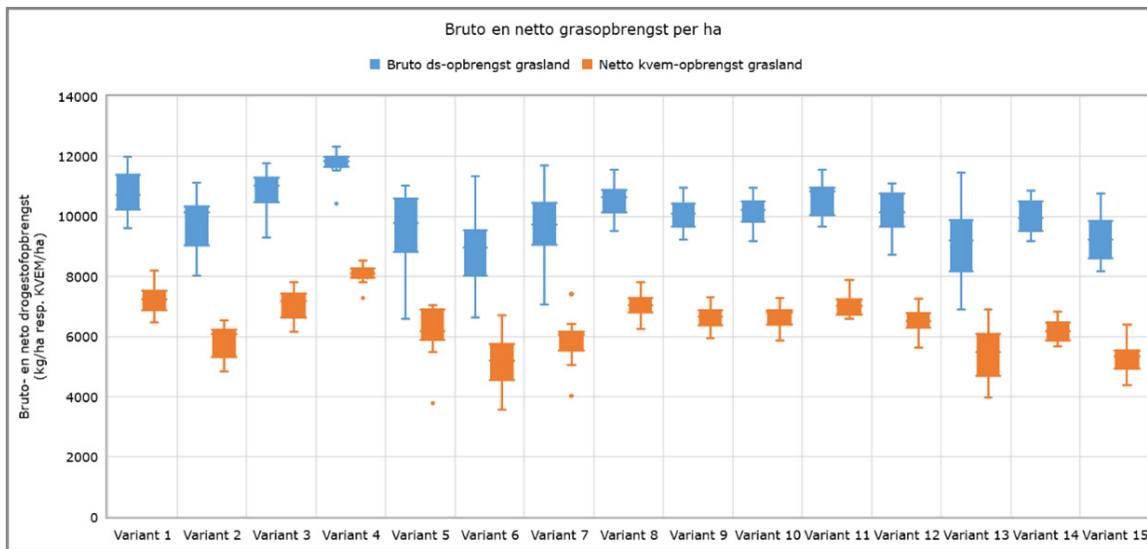
4.3.2 Ruwvoerproductie

In deze paragraaf heeft de voerproductie uitsluitend betrekking op gras en niet op snijmaïs en lisdodde. In de berekeningen zijn voor snijmaïs en lisdodde vaste opbrengsten aangehouden onafhankelijk van bodem, hydrologie en weerjaar. De opbrengst van snijmaïs en lisdodde bedroegen respectievelijk 16.7 ton en 15 ton drogestof per ha per jaar. Zie voor de onderbouwing van het opbrengstniveau van lisdodde paragraaf 4.4.2.

Grasopbrengst

De belangrijkste kengetallen voor de ruwvoerproductie voor de referentiesituatie, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains, voor greppelinfiltratie en de combinaties van varianten staan in Bijlage 5, met in Tabel 1 de gemiddelde waarden, in Tabel 2 de standaarddeviatie, in Tabel 3 de minimale waarden, Tabel 4 de maximale waarden en Tabel 5 de verschillen met de referentie.

De gemiddelde bruto en netto grasopbrengst per ha (inclusief beheersgras) inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden is per variant grafisch weergegeven in Figuur 4.6. Hierbij is de opbrengst tot stand gekomen door zowel weiden als maaien. De netto grasopbrengst betreft de bruto grasopbrengst vermindert met verliezen voor weideresten bij weiden, oogstverliezen bij ruwvoerwinning (maaien) en conserveringsverliezen bij inkuilen en van het geoogste gras. Het beheersgras heeft een lager bemestingsniveau en daarom een lagere productie. Daarbij heeft het beheersgras een veronderstelde lagere voederwaarde door een hoger aandeel landbouwkundig matig of slecht gewaardeerde grasrassen. De bruto en netto grasopbrengst zijn hierdoor relatief lager dan bij een areaal van uitsluitend gangbaar grasland. Het verschil tussen de bruto en netto grasopbrengst is relatief groot door extra beweidingsverliezen als het gevolg van vernatting en het standaard wegmaaien van weideresten ('bloten') na elke beweiding (zie hoofdstuk Discussie). Ook beheersgras zorgt voor een groter verschil tussen de bruto drogestofopbrengst en de energie opbrengst van gras. De energie-opbrengst is uitgedrukt in de hoeveelheid energie die het voer bevat om door koeien melk van te produceren. De eenheid hiervoor is VEM (Voeder Eenheid Melk).



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltatie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltatie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltatie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltatie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.6: Bruto drogestofopbrengst en energie-opbrengst (kVEM) van gras per ha per jaar inclusief beheergras (weiden en maaien) voor 15 varianten (zie kader) op het gebied van waterbeheer en grondgebruik gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains, verminderde drooglegging en greppelinfiltatie
 Ten opzichte van de referentie nam de bruto grasproductie gemiddeld voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 40 en 50 cm beneden maaiveld toe door vermindering van groeireductie door zowel vernatting als droogte. Daarbij nam de variatie tussen weerjaren af. Voor het streefpeil van 40 cm was de toename relatief klein (0,4%) en voor het streefpeil van 50 cm beneden maaiveld was de opbrengsttoename substantieel, namelijk ongeveer 1 ton droge stof per ha (+9%).

Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld, nam de bruto grasproductie aanzienlijk af (-10%) door natschade (groeireductie) en verlaging van het aandeel maaien (zie verderop in deze paragraaf) als gevolg van draagkrachtbeperkingen van de graszode. Bij weiden wordt gras eerder geoogst waardoor minder lang geprofiteerd wordt van de relatief hoge groeisnelheid in het lineaire traject van de sigmoïde groeicurve bij een hoger opbrengstniveau.

Bij een verminderde drooglegging van 20 cm nam de droogteschade nauwelijks toe ten opzichte van de

referentie situatie (drukhoogte > 500 cm, zie Bijlage 2). De bruto grasproductie nam af door natschade en een vermindering van het aandeel maaien (-12%). Voor greppelinfiltatie 20 m was de daling van de opbrengst praktisch gelijk aan dat van een verminderde drooglegging (-10%) en voor greppelinfiltatie 12,5 m nam de opbrengstreductie verder toe ten opzichte van de verminderde drooglegging (-18%) door extra natschade.

Alleen voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 50 cm beneden maaiveld nam de kVEM opbrengst toe. Voor de overige varianten nam deze af ten opzichte van de referentiesituatie evenredig aan de bruto opbrengst.

Paludicultuur

Door verkleining van het grasareaal door lisdodde teelt kwam het graslandgebruik meer onder druk te staan waardoor het maaipercantage afnam en het aandeel beweiding toenam. Hierdoor daalde de bruto en netto grasproductie per ha. Dit betekent dat voor elke hectare lisdodde de gemiddelde grasopbrengst uit de referentiesituatie gecompenseerd moet worden, plus een extra daling door vervanging van gras door lisdodde teelt. Deze extra daling bedroeg voor de bruto grasopbrengst voor de arealen 15, 25 en 35% respectievelijk 229, 710 en 628 kg ds per ha en voor de netto grasopbrengst was dat respectievelijk 250, 649 en 620 kVEM per ha lisdodde.

Combinatie van varianten

Verwacht werd dat het combineren van pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld met een verminderde drooglegging of greppel-infiltratie het effect van vernatting zou kunnen afzwakken. Er zou vooral een voordeel voor wat betreft het graslandgebruik verwacht worden. Om het effect te kunnen beoordelen is voor variant 11-15 het gewogen gemiddelde van de bruto drogestofopbrengst berekend op basis van de areaalverdeling van de afzonderlijk varianten. Het is een ruwe vergelijking om de richting van het effect te kunnen bepalen. Er is sprake van een voordeel wanneer de geïntegreerde berekende grasopbrengst beduidend hoger uitkomt dan die van het gewogen gemiddelde van de afzonderlijke varianten. De gemodelleerde resultaten, de gewogen gemiddelden en de verschillen hiertussen staan in Tabel 17.

Tabel 17: Vergelijking gemodelleerde en gewogen gemiddelde bruto drogestof en energie-opbrengst (kVEM) van gras per ha per jaar van de afzonderlijke vernattingsmaatregelen voor variant 11-15 (zie kader).

Opbrengst gras	Eenheid	Variante 11	Variante 12	Variante 13	Variante 14	Variante 15
Bruto drogestofopbrengst	kg ds.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	10592	10137	9112	10008	9300
Gewogen gemiddelde	kg ds.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	10781	9832	9365	9965	9642
Vershil	kg ds.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	189	-305	254	-42	342
Energie-opbrengst	kVEM.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	7065	6500	5426	6185	5302
Gewogen gemiddelde	kVEM.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	7212	6354	5615	6469	5955
Vershil	kVEM.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹	148	-145	189	284	652

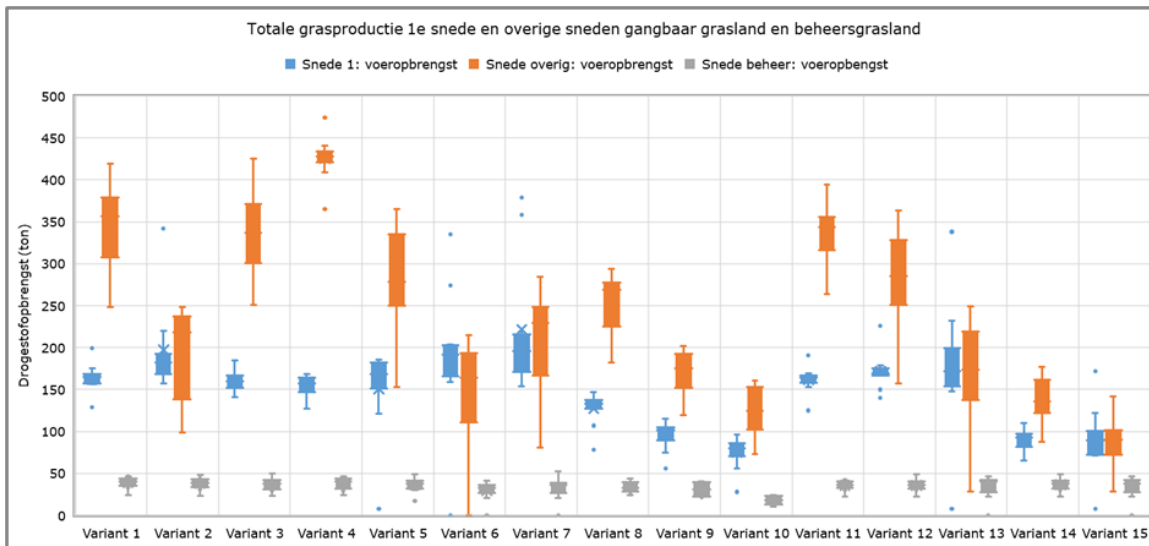
Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm -mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

De geïntegreerde berekende bruto grasopbrengst was voor variant 12 en 14 hoger en voor variant 11, 13 en 15 lager dan die van het gewogen gemiddelde van de afzonderlijke varianten. Voor de kVEM-opbrengst was de modelopbrengst van alleen variant 12 hoger dan het gewogen gemiddelde. Het verwachte voordeel om op een beperkt areaal pompgestuurde onderwaterdrain met een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld het nadelige effect van vernattingsmaatregelen te kunnen beperken werd zodoende niet aangetoond. Zie verder hoofdstuk Discussie.

Verdeling grasopbrengst

De gemiddelde bruto grasopbrengsten op bedrijfsniveau per variant voor de eerste en de overige sneden voor gangbaar grasland en beheergras (maaien) inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden staan in Figuur 4.7.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

e aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.7: Bruto grasproductie in ton droge stof voor de eerste snede en overige sneden gangbaar grasland en voor beheersgrasland met voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden. .

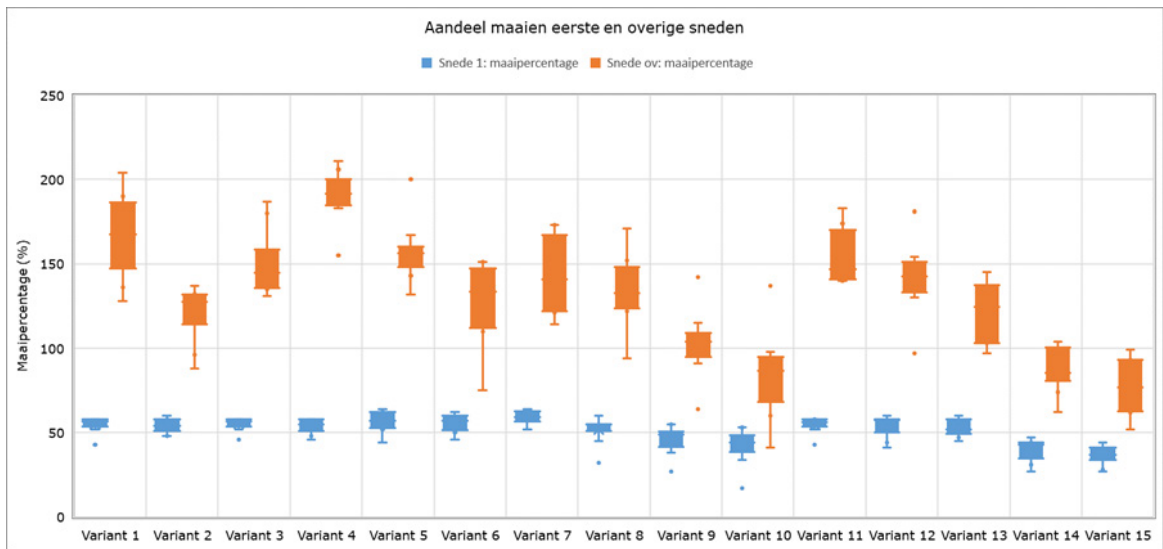
Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie
 Ten opzichte van de referentie situatie kon door vernatting bij onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm (variant 2) en de beide varianten van greppelinfiltratie pas later in het voorjaar gemaaid worden. Dit betekende dat bij een hoger opbrengstniveau geogst werd en dat hierdoor de bruto opbrengst van de eerste snede hoger was dan voor de referentiesituatie. De grasproductie en het maaipercantage voor de overige sneden daalde daarentegen voor dezelfde varianten, door een lagere productiviteit als gevolg van vernatting en te geringe draagkracht. Daarbij nam de variatie tussen de weerjaren aanzienlijk toe. Voor greppelinfiltratie 12,5 m kon in 2000 na de eerste snede zelfs in het geheel niet meer gemaaid worden.
 Paludicultuur
 Door verkleining van het grasareaal dat alleen gemaaid werd (veldkavel) door lisdodde nam de totale grasproductie evenredig af met het areaal lisdodde, voor zowel de eerste als de overige sneden.

Combinatie van varianten

De opbrengstverdeling van de eerste en de overige sneden waren voor variant 11, 12 en 13 redelijk vergelijkbaar met de equivalente varianten zonder pompgestuurde onderwaterdrains respectievelijk variant 1, 5 en 6. Wel was voor variant 11 was de opbrengst van de overige sneden gemiddeld beperkt lager dan die van variant 1. Voor variant 13 was de opbrengst van de eerste snede gemiddeld lager dan die van variant 6 en kon voor de overige sneden in alle jaren gras geogst worden. Voor variant 14 en 15 was de opbrengst van de overige sneden relatief laag.

Aandeel maaien eerste en overige sneden

De gemiddelde percentages maaien per variant voor de eerste en de overige sneden voor gangbaar grasland en beheersgras inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden staan in Figuur 4.8.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.8: Bruto grasproductie in ton droge stof voor de eerste snede en overige sneden gangbaar grasland en voor beheergrasland met voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden. .

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

Het maaipercentage voor de eerste snede was voor de eerste zeven varianten vergelijkbaar, maar lieten volgens boven beschreven opbrengstverdeling wel opbrengstverschillen zien. Daarentegen verschilden de maaipercentage voor de overige sneden wel aanzienlijk volgens een zelfde patroon tussen de varianten als de totale grasopbrengst en de grasopbrengst voor de overige sneden (respectievelijk Figuur 4.6 en 4.8). De verschillen in de opbrengsten van de overige sneden was echter relatief groter dan de verschillen in maaipercentages voor deze sneden.

Paludicultuur

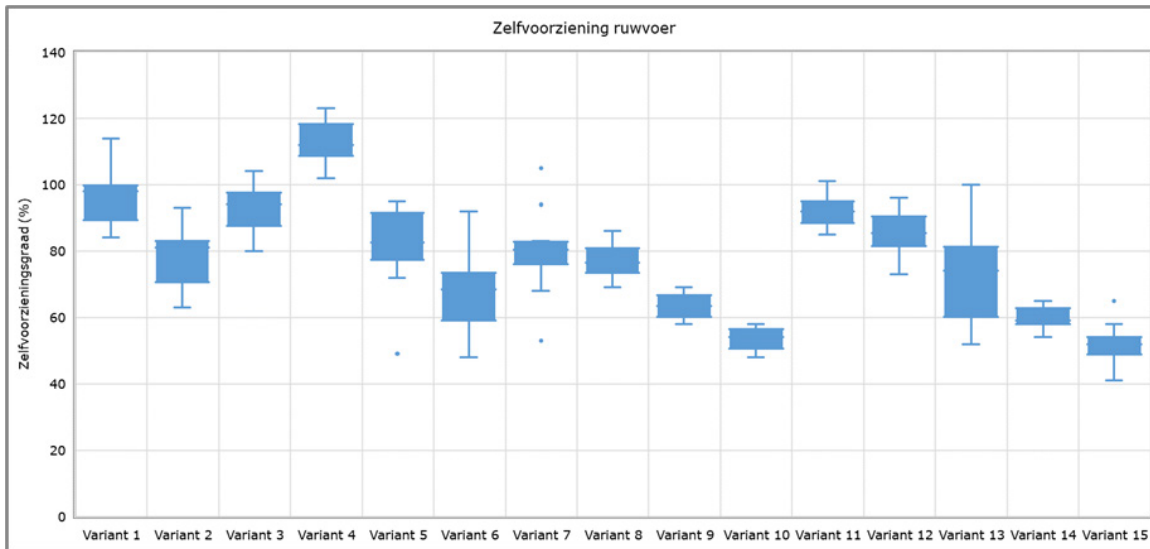
Door verkleining van het grasareaal door paludicultuur kwam de grasproductie en weidegang meer onder druk te staan waardoor het maaipercentage evenredig afnam met het areaal paludicultuur voor zowel de eerste als de overige sneden.

Combinatie van varianten

De maaipercentages waren voor variant 11-15 gemiddeld voor de eerste snede redelijk vergelijkbaar en voor de overige sneden lager dan van de equivalente varianten zonder pompgestuurde onderwaterdrains. Het lagere maaipercentage kwam door een hoger aandeel weiden als gevolg van het toepassen van de pompgestuurde onderwaterdrains gezien de relatief hoge grasopname door melkkoeien bij weiden (zie Grasopname melkvee).

Zelfvoorziening ruwvoer

De zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer voor alle varianten inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden staan in Figuur 4.9.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.9: Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer voor de onderstaande 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

Het percentage zelfvoorziening in ruwvoer was gemiddeld voor alle varianten lager dan die van de referentie, afgezien van die van de pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 50 cm beneden maaiveld (+16%). Uiteindelijk gaf greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m de grootste beperking in voerproductie (-30%). Voor pompgestuurde onderwaterdrains was de verlaging van de zelfvoorziening bij een streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld relatief groot (-19%). Bij een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld bleef de zelfvoorziening redelijk op peil (-4%).

Paludicultuur

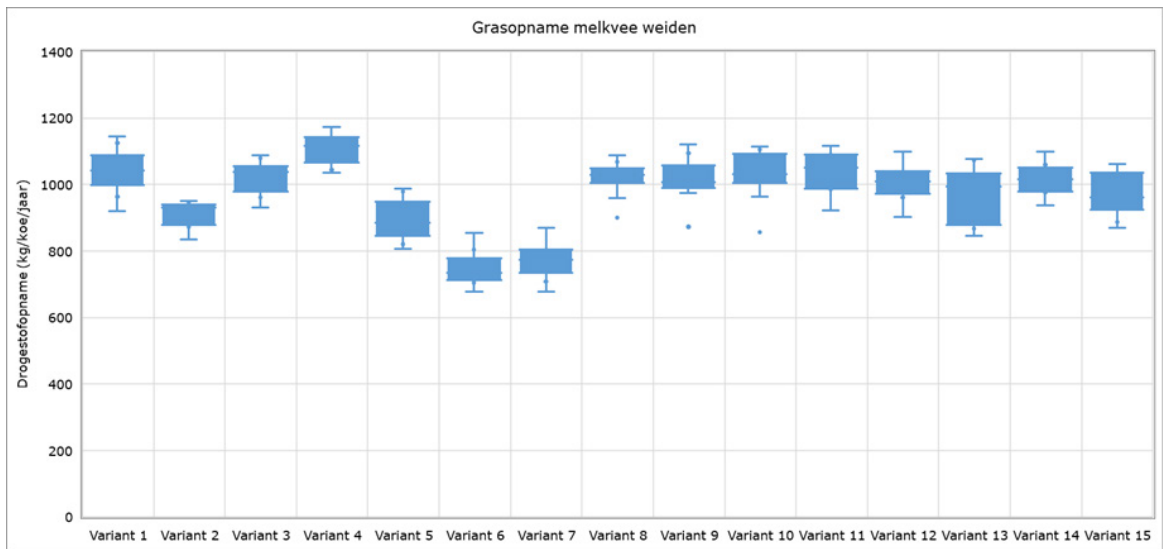
De lisdodde teelt is toegepast op het areaal 'veldkavel maaien' en werd niet toegepast als veevoer. De verminderde maaiopbrengsten werden zodoende gecompenseerd met aangekocht voer. Dit betrof deels snijmais en verder graskuil (zie Aan- en verkoop voer in deze paragraaf). Het zelfvoorzieningspercentage daalde recht evenredig met het areaal lisdodde, omdat lisdodde geteeld werd (modelmatige uitgangspunten) op percelen die uitsluitend gemaaid werden.

Combinatie van varianten

Voor de gecombineerde varianten daalde de zelfvoorziening recht evenredig met de beperking die de onderliggende vernattingsmaatregelen hadden op de grasopbrengst. Het combineren van de vernattingsmaatregelen met pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld lijkt dus geen compensatie-effect op te leveren om het nadelige effect van de vernattingsmaatregelen te verminderen.

4.3.3 Grasopname melkvee

De belangrijkste kengetallen voor de voeropname voor de referentiesituatie, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains, voor greppelinfiltratie en de combinaties van varianten staan in Bijlage 6, met in Tabel B6 de gemiddelde waarden, in Tabel B7 de standaarddeviatie, in Tabel B8 de minimale waarden en in Tabel B9 de maximale waarden. De grasopname bij weiden is een kengetal voor de mate van weidegang. De gemiddelde grasopname per koe per jaar en de verdeling tussen de weerjaren per variant staat in Figuur 4.10.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm -mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.10: Grasopname per koe per jaar voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

Voor pompgestuurde onderwaterdrains nam de grasopname af bij een streefpeil van 30 cm, bleef ongeveer gelijk voor een streefpeil van 40 cm en was hoger voor streefpeil van 50 cm beneden maaiveld. Een verminderde drooglegging van 20 cm en beide varianten voor greppelinfiltratie gaven eveneens een aanmerkelijk lagere grasopname. Dit geeft aan dat door vernatting weidegang beperkt wordt.

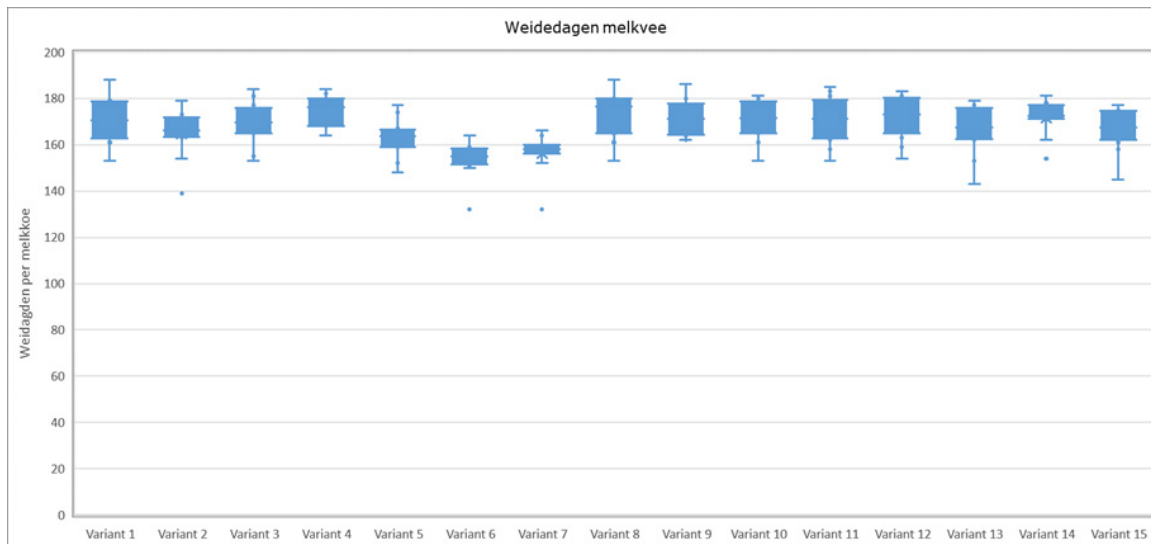
Paludicultuur

De grasopname voor de drie varianten paludicultuur was gemiddeld ongeveer gelijk aan de referentiesituatie. De variatie in grasopname nam enigszins toe met het areaal paludicultuur.

Combinatie van varianten

Voor de combinatie van varianten verminderde de grasopname relatief weinig ten opzichte van de equivalente varianten zonder pompgestuurde onderwaterdrains. Het areaal pompgestuurde onderwaterdrains zorgde voor voldoende uitwijkmogelijkheden tijdens natte perioden,

zodat beweiding relatief minder beperkt werd. Dit was vooral het geval voor een verminderde drooglegging van 20 cm. Voor de varianten 13 en 15 met greppelinfiltratie was dit minder het geval en was de variatie tussen weerjaren groter, maar was de grasopname wel aanmerkelijk groter dan bij uitsluitend greppelinfiltratie (variant 6). In de berekeningen is uitgegaan van een beweidingssysteem waarbij de melkkoeien overdag geweid worden (beperkt weiden). Door de vernattingsmaatregelen kunnen de beweidingmogelijkheden zodanig beperkt worden dat het aantal dagen beweiding, dat nodig is om de weidepremie voor weidegang te ontvangen, niet gehaald wordt. De norm hiervoor bedraagt 120 dagen x 6 uur. In Figuur 4.11 staat het aantal weidedagen per melkkoe per variant gemiddeld over de reeks van tien weerjaren, inclusief de variatie tussen de weerjaren.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm -mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 65% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

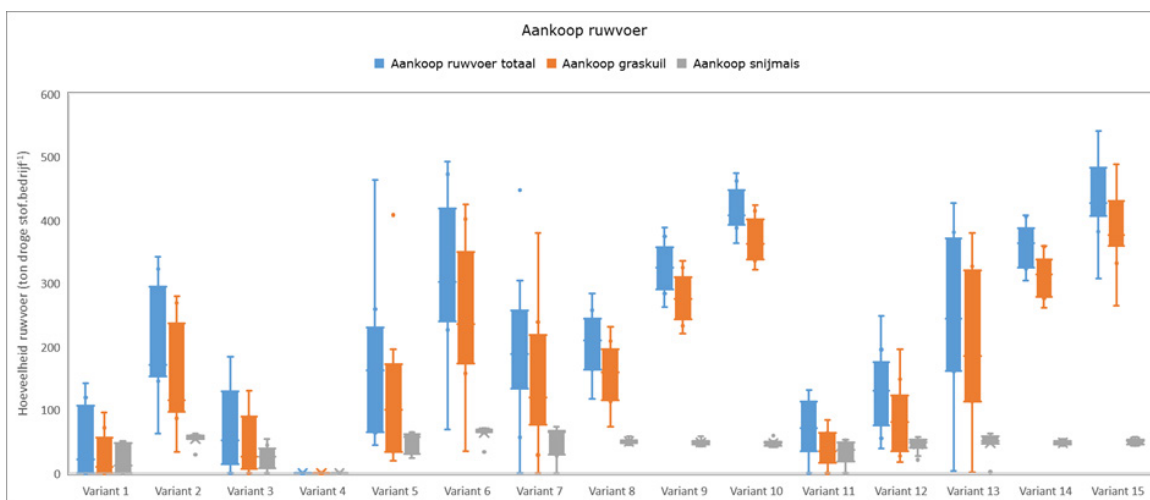
Figuur 4.11: Aantal weidedagen per melkkoe voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Het aantal weidedagen is in geen van de varianten onder het minimum van 120 dagen gekomen. Het laagste aantal (negatieve uitschieter) was 132 dagen voor variant 6 en 7 (greppelinfiltratie). Het aantal uren bedroeg standaard 8 uur per dag en varieerde niet.

4.3.4 Aankoop voer

De belangrijkste kengetallen voor de aan- en verkoop van ruwvoer voor de referentiesituatie, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains, voor greppelinfiltratie en de combinaties van varianten staan in Bijlage 7, met in Tabel B11 de gemiddelde waarden, in Tabel B12 de standaarddeviatie, in Tabel B13 de minimale waarden en

in Tabel B14 de maximale waarden. De aankoop van voer is bedrijfseconomisch de grootste kostenpost en bepaalt grotendeels het verschil in bedrijfsresultaat tussen de varianten. De gemiddelde voeraankoop en de verdeling tussen de weerjaren per variant staat in Figuur 4.12. Lis-dodde is hierbij niet als veevoer ingezet.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Figuur 4.12: Aan- en verkoop van ruwvoer totaal, graskuil en snijmaïs per jaar op bedrijfsniveau voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

De productiedaling door vernatting is in de berekeningen gecompenseerd door de aankoop van ruwvoer in de vorm van graskuil en snijmaïs. De aankoop is evenredig met de productiedalingen die in de paragraaf voerproductie staan beschreven. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld nam de aankoop van ruwvoer aanzienlijk toe met gemiddeld 150 ton door extra natschade. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld was de toename met 30 ton beperkt. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 50 cm beneden maaiveld werd geen voer aangekocht en dat was dus gunstiger dan voor de referentie situatie. Voor een verminderde drooglegging van 20 cm nam gemiddeld de aankoop van ruwvoer ongeveer evenveel toe als voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld, echter de variatie tussen weerjaren was aanmerkelijk groter. Voor greppelinfiltratie 12,5 m was de toename van de aankoop van ruwvoer het grootst met gemiddeld 280 ton. Daarbij was de variatie tussen de weerjaren relatief groot. Greppelinfiltratie 20 m gaf een vergelijkbaar beeld maar daarbij was de toename 166 ton.

De aankoop van ruwvoer vond plaats in de vorm van

snijmaïs en graskuil. Daarbij nam bij reductie van de grasopbrengst door vernatting de aankoop van snijmaïs toe van gemiddeld 23 ton voor de referentie situatie tot gemiddeld 64 ton voor greppelinfiltratie 12,5 m. De rest van het ruwvoertekort werd aangevuld met graskuil. De aankoop van krachtvoer verschilde tussen de varianten relatief weinig.

Paludicultuur

De toename van de aankoop van ruwvoer was evenredig met de inpassing van het areaal Lisdodde. Hierbij is het geogoste materiaal niet gebruikt als veevoer. In het hoofdstuk Discussie wordt in de economische vergelijking inpassing van lisdodde als veevoer beschouwd.

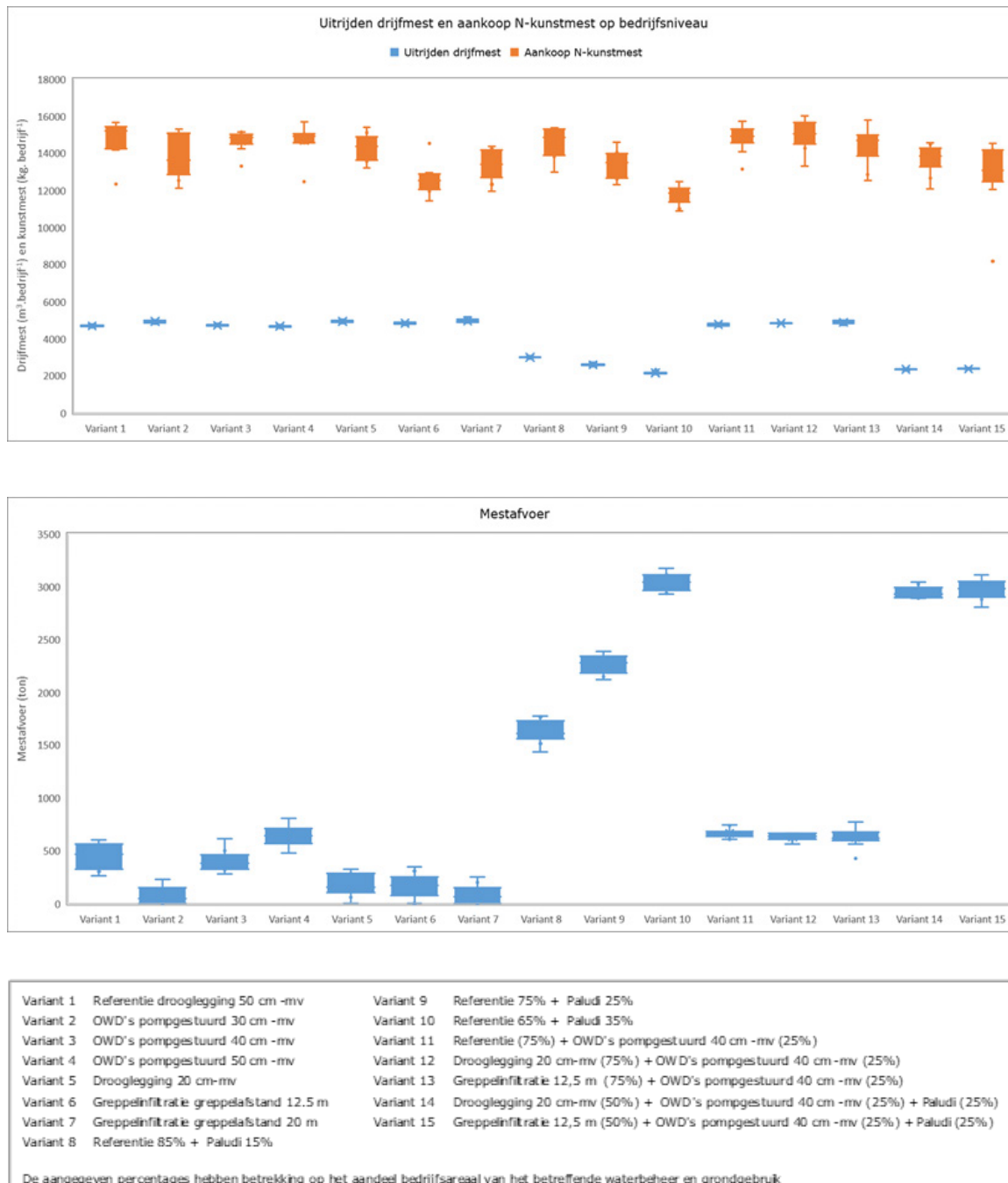
Combinaties van varianten

De aankoop van ruwvoer was omgekeerd evenredig met de reductie van de grasproductie en de zelfvoorzieningsgraad (zie paragraaf voerproductie). In de combinatie van greppelinfiltratie en pompgestuurde onderwaterdrains (variant 13) nam wel de hoeveelheid aankoop van ruwvoer af, maar de variatie tussen weerjaren ten opzichte van de situatie waarbij op het gehele areaal greppelinfiltratie was toegepast (variant 6).

4.3.5 Aankoop meststoffen, uitrijden en afzet drijfmest

De aankoop van meststoffen, de hoeveelheid drijfmest die uitgereden werd en de afgezette hoeveelheid mest voor de referentiesituatie, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains, voor greppelinfiltratie en de combinaties van varianten staan in Bijlage 8, met in Tabel B16 de gemiddelde waarden, in Tabel B17 de standaarddeviatie, in Tabel B18 de minimale waarden

en in Tabel B19 de maximale waarden. De aankoop van meststoffen en het uitrijden van drijfmest zijn belangrijke kostenposten. De gemiddelde hoeveelheid aankoop meststoffen, uitgereden drijfmest en afgezette mest en de verdeling tussen de weerjaren per variant staat in Figuur 4.13.



Figuur 4.13: Uitrijden van drijfmest, aankoop N-kunstmest (boven) en afvoer drijfmest (onder) op bedrijfsniveau per jaar voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden..

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

Het uitrijden van drijfmest varieerde beperkt en was hoger voor de varianten waarbij de grasopname bij weiden beperkt werd door vernatting (meer mest in de put door opstallen). Dit was het geval voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaienveld, voor een verminderde drooglegging van 20 cm en voor greppelinfiltratie. Door de lagere productie en de aankoop van extra snijmaïs verlaagde het stikstofgehalte in de mest waardoor volgens de mestwetgeving minder mest hoefde worden afgevoerd. Hier liggen meerdere factoren aan ten grondslag. In het hoofdstuk Discussie wordt hier verder op ingegaan.

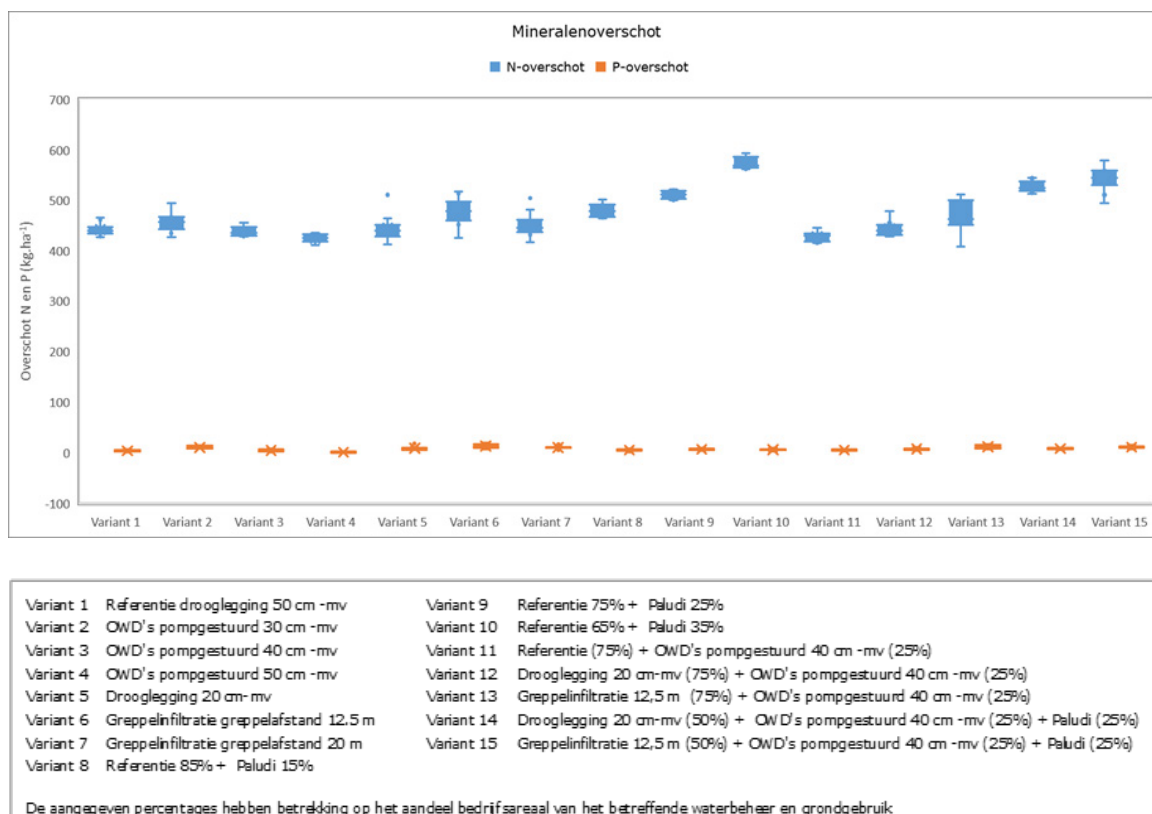
Paludicultuur en combinaties van varianten

Voor de varianten met lisdodde teelt nam de hoeveelheid uitgereden drijfmest af en de hoeveelheden drijfmestafvoer toe evenredig met het betreffende areaal, doordat de hoeveelheid dierlijke mest die aangewend mag worden

gebonden is aan de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat uit de Meststoffenwet.

4.3.6 Mineralenbalans

Per variant is een mineralenbalans berekend voor stikstof (N en fosfor (P) van de hoeveelheden die worden aangevoerd in de vorm van voer en kunstmest en de afvoer in de vorm van melk en dieren die het bedrijf verlaten. Aangezien productie gepaard gaat met verliezen resulteert dit in een mineralenoverschot op bedrijfsniveau. In Bijlage 10 staan per variant de hoeveelheden aan- en afvoer van N en P met in Tabel B26 de gemiddelde waarden, in Tabel B27 de standaarddeviatie, in Tabel B28 de minimale waarden en in Tabel B29 de maximale waarden. In Figuur 4.14 staan de overschotten voor N en P per variant met de variatie tussen de weerjaren.



Figuur 4.14: Mineralenoverschot voor stikstof (N) en fosfor (P) op bedrijfsniveau voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartaal aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

De verschillen in N- en P-overschot tussen de varianten werden voornamelijk veroorzaakt door het verschil in de aankoop van ruwvoer. Het N-gehalte in gras en snijmaïs aanzienlijk hoger dan het P-gehalte waardoor de verschillen in P-overschot relatief klein zijn en de verschillen

in N-overschot relatief groot. Het N-overschot steeg het meest voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van 30 cm, greppelinfiltratie 12,5 m en de varianten met lisdodde teelt

4.4 Economische bedrijfsresultaten

4.4.1 Kosten maatregelen

Pompgestuurde onderwaterdrains

De kosten van de aanleg van pompgestuurde onderwaterdrains staan in Tabel 18 en zijn gebaseerd op de daadwerkelijke kosten die gemaakt zijn op het projectbedrijf voor de aanleg van drainage, hoofddrains (collectordrains), waterreservoirs, pompen stroomvoorziening, automatische grondwaterpeilregeling en het afwerken van het

grondwerk. De kosten zijn uitgedrukt in een bedrag per ha. Aangezien voor een deel van de aanleg nog weinig ervaring was met de uiteindelijk gewenste aanleg en inrichting is voor de betreffende posten 75 % van de gemaakte kosten aangehouden, met de aanname dat wanneer dergelijke systemen in grotere aantallen worden geplaatst de betreffende kosten met 25 % zullen dalen. De oppervlakte per systeem (waterreservoir, twee pompen en grondwaterpeilregeling) bedroeg op het projectbedrijf 3,9 ha, maar is gedimensioneerd voor tenminste 5 ha. In de berekeningen is zodoende met een oppervlakte van 5 ha gerekend.

Tabel 18: Kosten aanleg pompgestuurde onderwaterdrains projectbedrijf in euro per ha exclusief BTW. Aangegeven is hoe groot het percentage van de werkelijk gemaakte kosten is ha per jaar van de afzonderlijke vernattingsmaatregelen voor variant 11-15 (zie kader).

Kostenposten en aandeel van de werkelijk gemaakte kosten (%)		Eenheid	Bedrag
Kosten draineren bij drainafstand 4 m (100 %)		(euro.ha ⁻¹)	2.430
Kosten hoofddrain (75 %)		(euro.ha ⁻¹)	857
Kosten waterreservoirs (5 ha per reservoir, 75 %)		(euro.ha ⁻¹)	1.726
Kosten pompen (5 ha per pomp, 100 %)		(euro.ha ⁻¹)	220
Kosten stroom voorziening (100 %)		(euro.ha ⁻¹)	678
Kosten grondwaterpeilregeling (5 ha per regelsysteem, 75 %)		(euro.ha ⁻¹)	1.218
Afwerken grondwerk (100 %)		(euro.ha ⁻¹)	378
Totaal kosten		(euro.ha ⁻¹)	7.506
Jaarkosten rente, afschrijving en onderhoud		(euro.ha ⁻¹)	550
Specificatie jaarkosten pompen en grondwaterpeilregeling			Percentage
Afschrijving (restwaarde 10%)		(%)	9.00
Onderhoud		(%)	2.50
Rente (rentepercentage 3%)		(%)	1.65
Totaal		(%)	13.15
Specificatie jaarkosten drains, waterreservoirs en stroomvoorziening			Percentage
Afschrijving		(%)	4.00
Onderhoud (niet voor stroomvoorziening)		(%)	0.50
Rente (rentepercentage 3%)		(%)	1.50
Totaal		(%)	6.00

De jaarkosten voor rente, afschrijving en onderhoud en bedroegen uiteindelijk 550 euro per ha. Dit zijn relatief hoge kosten. In het hoofdstuk Discussie is een alternatieve kostensituatie uitgewerkt, waarbij de kosten lager zijn door de bediening van de pompen handmatig uit te voeren in plaats automatisch en door gebruik te maken van wind- of zonne-energie in plaats van netspanning.

Greppelinfiltratie

De kosten voor de aanleg en het onderhoud van greppels staan in Tabel 19. De kosten zijn uitgedrukt in een bedrag per 100 m en zijn gebaseerd op het bedrag voor greppelfrezen uit de KWIN-veehouderij (2019-2020). Voor de berekeningen is onderscheid gemaakt in de aanleg van

greppels en het onderhoud van greppels door uit te gaan van verschillende rijsnelheden. Daarbij zijn kosten opgenomen voor het aanleggen van greppelbuizen. Dit zijn buizen die de greppels met elkaar en met de sloot verbinden. In de bedrijfsberekeningen is standaard uitgegaan van de aanwezigheid van greppels op grasland (gangbaar en beheergrasland) met een afstand van 20 m. Bij de variant met een greppelafstand van 12,5 m zijn de extra kosten berekend voor het aanleggen en onderhouden van greppels. Voor de varianten met lisdoddeteelt, waar greppels kwamen te vervallen, is de besparing op onderhoud van greppels berekend.

Tabel 19: Kosten aanleg en onderhoud greppels in euro per 100 m.).

Aanlegkosten	Eenheid	Bedrag	Bedrag
Greppelaanleg 1 km per uur x 79 euro	(euro.100 m-1)	7,9	2.430
Greppelbuizen materiaal per 100 m greppel	(euro.100 m-1)	10	857
Arbeid greppelbuizen (1 uur landbouw CAO)	(euro.100 m-1)	35	1.726
Greppelonderhoud 3 km per uur x 79 euro	(euro.100 m-1)	2,6	220

Voor de aanlegkosten is een rente van 3,5 % gerekend en een afschrijving in 20 jaar en voor onderhoud is ten opzichte van de bestaande greppels één extra onderhoudsronde per jaar gerekend om de greppels goed watervoevend te houden.

Lisdoddeteelt

Exploitatiekosten voor lisdoddeteelt zijn ontleend aan Duursen et al.(2016). In die analyse is uitgegaan van grootschalige teelt van meer dan 50 hectare per bedrijf en in totaal meer dan 500 hectare in Nederland. Er is een inschatting gemaakt van de exploitatiekosten per ha voor los isolatiemateriaal en constructieplaten. Dit waren echter ruwe schattingen omdat er nog geen concrete markt voor lisdodde bestaat. De teeltkosten waren voor constructieplaten 300 euro per ha hoger. Aangezien de teelt, verwerking en afzet nog in ontwikkeling is en de totale exploitatiekosten tussen beide verwerkingsmethoden relatief weinig verschillen, is uitgegaan van los isolatiemateriaal. Volgens de marktverkenning zijn de kosten voor los isolatiemateriaal als volgt begroot:

- Voor een inschatting van kosten is uitgegaan van € 3.000,- per hectare met een afschrijving van 10 jaar.
- Naar schatting is er één plant per m² voldoende als startmateriaal. Voor één hectare zijn op basis

daarvan 10.000 planten nodig. Deze kunnen worden aangeschaft voor een prijs van ca. € 0,30 per plant. Deze prijs per plant zal in de toekomst afnemen als schaalvergroting plaats zal vinden. Afschrijving van dit startmateriaal is 10 jaar. Jaarlijkse kosten per hectare bedragen daarom € 300,-.

- De vaste kosten, bestaan uit afschrijving van grond, gebouwen, inventaris en machines bedragen € 700,- per hectare. Bij deze kosten is een pacht prijs van € 360,- inbegrepen.
- De teeltkosten, waaronder brandstof en onderhoud machines en irrigatiesysteem bedragen € 100,- per hectare.
- In deze exploitatiekosten berekening is uitgegaan van oogstkosten van een loonwerker en zijn geen investeringen aan oogstmachines meegenomen. De agrariër kan zelf bepalen om hiervan af te wijken en te investeren in oogstmachines. Machines hebben elk een eigen combinatie van snelheid, kwaliteit en arbeidsbehoefte.
- Transport en opslag: € 200,- per hectare.
- Overhead (kantoor, administratiekosten etc.) € 150,- per hectare.
- Alle werkzaamheden worden door de agrariër zelf uitgevoerd (geen loonwerk).

In Tabel 20 zijn de kosten voor lisdoddeteelt samengevat.

Tabel 20: Kosten lisdoddeteelt per ha per jaar.

Kostenpost	Soort kosten	Eenheid	Bedrag
Teeltkosten	Toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	100
Oogstkosten	Toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	800
Overhead	Toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	150
Transportkosten	Toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	200
Afschrijving plantmateriaal	Niet toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	300
Vaste kosten	Niet toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	700
Totale kosten	Toegerekend en niet toegerekend	(euro.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	2250

De kosten zijn verdeeld in toegerekende en niet toegerekende kosten. De posten afschrijving plantmateriaal en vaste kosten zijn als niet toegerekende kosten beschouwd en de overige posten als toegerekende kosten beschouwd.

4.4.2 Opbrengsten

De opbrengsten voor melkproductie en lisdoddeteelt staan in Tabel 21. De opbrengsten voor melkproductie bestaan uit de omzet voor melk, de omzet en aanwas van jongvee en subsidies voor het Gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB). Door omschakeling van blijvend grasland naar lisdodde zal de grootte van de GLB-subsidie veranderen, maar in hoeverre is lastig te bepalen aangezien lisdodde nog geen geregistreerd gewas is en onbekend aan welke eisen wel of niet voldaan wordt. Aangezien de GLB-subsidie wel een substantieel deel van de opbrengsten, en daarmee van het netto bedrijfsresultaat, is voor alle varianten het bedrag gelijk gehouden.

De opbrengsten voor lisdoddeteelt zijn ontleend aan Duursen et al., 2016. Op dit moment zijn nog geen prijzen voor lisdodde bekend, omdat hier nog geen concrete markt voor bestaat. Opbrengsten zijn geschat op basis van prijzen die voor vezelgewassen worden betaald. Aangezien de opbrengst en de prijs voor het geoogste product nog uiterst onzeker zijn, is met een opbrengstprijzen van 150 euro per ton en een productie van 15 ton per ha de berekende opbrengst gelijk gehouden aan de berekende kosten ter grootte van 2250 euro per ha. Dit betekent dat netto in de berekeningen lisdodde het bedrijfsresultaat niet veranderde, maar dat wel de overige economische consequenties van het inpassen van deze teelt inzichtelijk zijn gemaakt, zoals de intensivering van het graslandgebruik (zie volgende paragraaf).

Tabel 21: Opbrengstprijzen melkproductie en lisdoddeteelt en subsidie voor het Gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB).

Opbrengstprijzen en subsidie	Eenheid	Bedrag
Melk zuivelfabriek	(euro.kg ⁻¹)	0,36
Melk projectbedrijf met 4,10% vet en 3,55% eiwit	(euro.kg ⁻¹)	0,34
Omzet en aanwas jongvee		
Vee > 2 jaar	(euro.dier ⁻¹)	650
Nuchtere kalveren	(euro.dier ⁻¹)	90
Subsidie Gemeenschappelijk landbouwbeleid	(euro.bedrijf ⁻¹)	47047
Lisdodde	(euro.ha ⁻¹)	2250

4.4.3 Bedrijfsbegroting

Per variant per weerjaar is een volledige bedrijfsbegroting berekend om te zien in hoeverre de kosten verschuiven door de vernattingsmaatregelen en/of het inpassen van lisdoddeteelt.

De bedrijfsbegroting is opgebouwd uit de volgende posten:

- Opbrengsten
- Toegerekende kosten
- Saldo (= opbrengsten - toegerekende kosten)
- Niet toegerekende kosten
- Netto bedrijfsresultaat (= opbrengsten - toegerekende kosten - niet toegerekende kosten)
- Berekende arbeid ondernemer
- Arbeidsopbrengst (= netto bedrijfsresultaat + berekende arbeid ondernemer)

Een samenvatting van de bedrijfsbegroting per variant gemiddeld over de tien weerjaren staat in Tabel 22. De kosten voor de vernattingsmaatregelen en de opbrengsten en kosten voor lisdoddeteelt zijn met een nabewerking aan de integrale bedrijfsberekening toegevoegd.

Onder de toegerekende kosten staan de posten Overige grond- en hulpstoffen en de overige productgebonden kosten. De Overige grond- en hulpstoffen betreffen kosten voor water, reinigingsmiddelen, afdek materiaal voor ruwvoeropslag, afrastering en strooisel.

Tabel 21: Gemiddelde kengetallen bedrijfsbegroting (1992-2000) voor de referentiesituatie en de verschillen met de referentiesituatie voor de overige 14 varianten (zie kader).

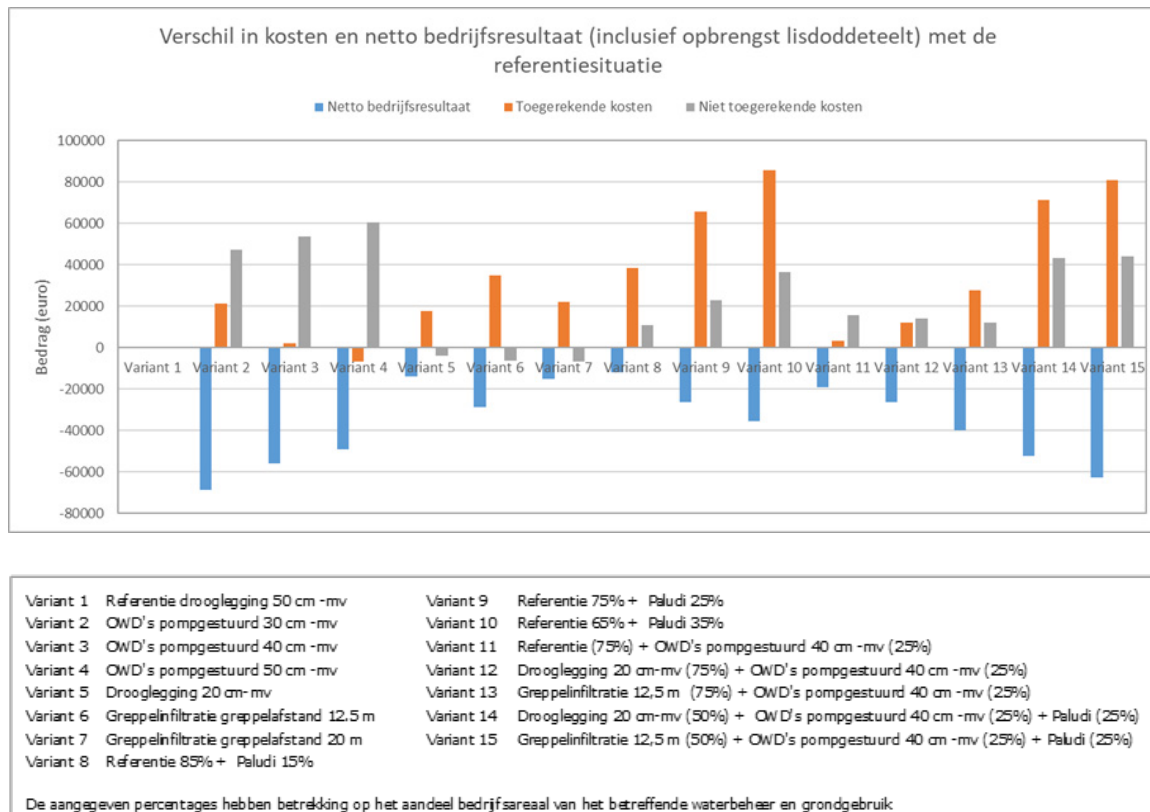
Samenvatting bedrijfsbegroting		Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6	Variant 7	Variant 8	Variant 9	Variant 10	Variant 11	Variant 12	Variant 13	Variant 14	Variant 15
Rente	(%)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Opbrengsten	(eur)	731835	-183	-176	4562	-180	-188	-183	37114	61972	86835	-178	-178	-181	61971	61970
Wv: - Melkopbrengsten	(eur)	643679	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2
- Omzet en aanwas	(eur)	40918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Verkoop voeder gewassen	(eur)	191	-185	-177	4560	-182	-189	-184	-181	-185	-185	-181	-181	-184	-186	-188
- Overige opbrengsten rundveehouderij	(eur)															
- Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB)	(eur)	47047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Lisodde teelt	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	37294	62156	87019	0	0	0	62156	62156
Toegerekende kosten	(eur)	270802	21319	1874	-6745	17647	34798	22002	38299	65583	85573	3251	11973	27721	71442	80826
Wv: - Veevoer	(eur)	173683	22405	1804	-6865	18072	38005	24003	19172	35121	43546	2848	11405	27670	40394	50570
- Energie	(eur)	8910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Kunstmeststoffen N, P2O5, K2O	(eur)	13654	-1129	63	119	-487	-2720	-1823	77	-1293	-2822	408	568	39	-735	-1541
- Gewasbescherming, zaad en overige bemestingskosten	(eur)	7673	0	0	0	0	-105	-52	-282	-471	-598	0	0	0	-468	-468
- Overige grond- en hulpstoffen	(eur)	20251	43	8	1	62	-382	-126	-1388	-2305	-2897	-4	0	12	-2280	-2266
- Overige productgebonden kosten	(eur)	46630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Teeltkosten Lisodde	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	20719	34531	48344	0	0	0	34531	34531
Saldo	(eur)	461033	-21502	-2050	11308	-17827	-34986	-22186	-1184	-3611	1262	-3429	-12152	-27903	-9471	-18856
Niet toegerekende kosten	(eur)	372844	47219	53817	60577	-3866	-6280	-6863	10734	22703	36632	15849	14005	12224	43083	43960
Wv: - Arbeidskosten	(eur)	155245	-632	-210	312	-195	-1101	-494	-1431	-2422	-3139	-163	-364	-867	-2599	-2820
- Loonwerk	(eur)	56847	-3913	-2246	-731	-279	-5668	-637	-14913	-18283	-22251	-1352	-2478	-5928	-20280	-21570
- Afschrijving	(eur)	3864	0	182	1223	0	764	-1522	-352	-588	-823	0	0	0	-584	-584
- Machines/werktuigen, inventaris	(eur)	9923	-714	-156	315	-319	-1351	-695	-1525	-2579	-2973	-199	-349	-975	-2730	-2927
- Onroerende zaken	(eur)	38288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Algemene kosten	(eur)	17800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Mestafzet	(eur)	4951	-4154	-490	2114	-3073	-3119	-4048	12975	19944	28533	2375	2008	1943	27452	27765
- Berekende rente	(eur)	85927	0	106	713	0	378	-922	-377	-630	-881	0	0	0	-626	-626
- Vernattingsmaatregelen (inclusief rente)	(eur)	0	56631	56631	56631	0	3818	1455	-218	-364	-509	15189	15189	18053	14825	17098
- Afschrijving en rente aanleg Lisodde	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	16575	27625	38675	0	0	0	27625	27625
Netto bedrijfsresultaat	(eur)	88189	-68721	-55868	-49270	-13961	-28707	-15323	-11919	-26314	-35370	-19279	-26156	-40127	-52554	-62817
Berekende arbeid ondernemer	(eur)	65200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbeidsopbrengst ondernemer	(eur)	153389	-68721	-55868	-49270	-13961	-28707	-15323	-11919	-26314	-35370	-19279	-26156	-40127	-52554	-62817
Arbeidsopbrengst ondernemer per ha	(eur)	1388	-622	-506	-446	-126	-260	-139	-108	-238	-320	-174	-237	-363	-476	-568

Variant 1 Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 5 Drooglegging 20 cm -mv	Variant 9 Referentie 75%+ Paludi 25%	Variant 13 Greppelfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 2 OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 6 Greppelfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 10 Referentie 65%+ Paludi 35%	Variant 14 Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 3 OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 7 Greppelfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 11 Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)	Variant 15 Greppelfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 4 OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 8 Referentie 85%+ Paludi 15%	Variant 12 Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)	

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Het netto bedrijfsresultaat van de referentiesituatie is het hoogst, wat betekent dat de kosten door de vernattingsmaatregelen, lisdoddeteelt of een combinatie hiervan in meer of mindere mate werden verhoogd. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld was het netto bedrijfsresultaat van 19.468 euro (-68.721 euro) aanmerkelijk lager.

Om meer inzicht te krijgen hoe het netto bedrijfsresultaat van de varianten tot stand is gekomen staan de toegerekende kosten, de niet toegerekende kosten en het netto bedrijfsresultaat in Figuur 4.15.

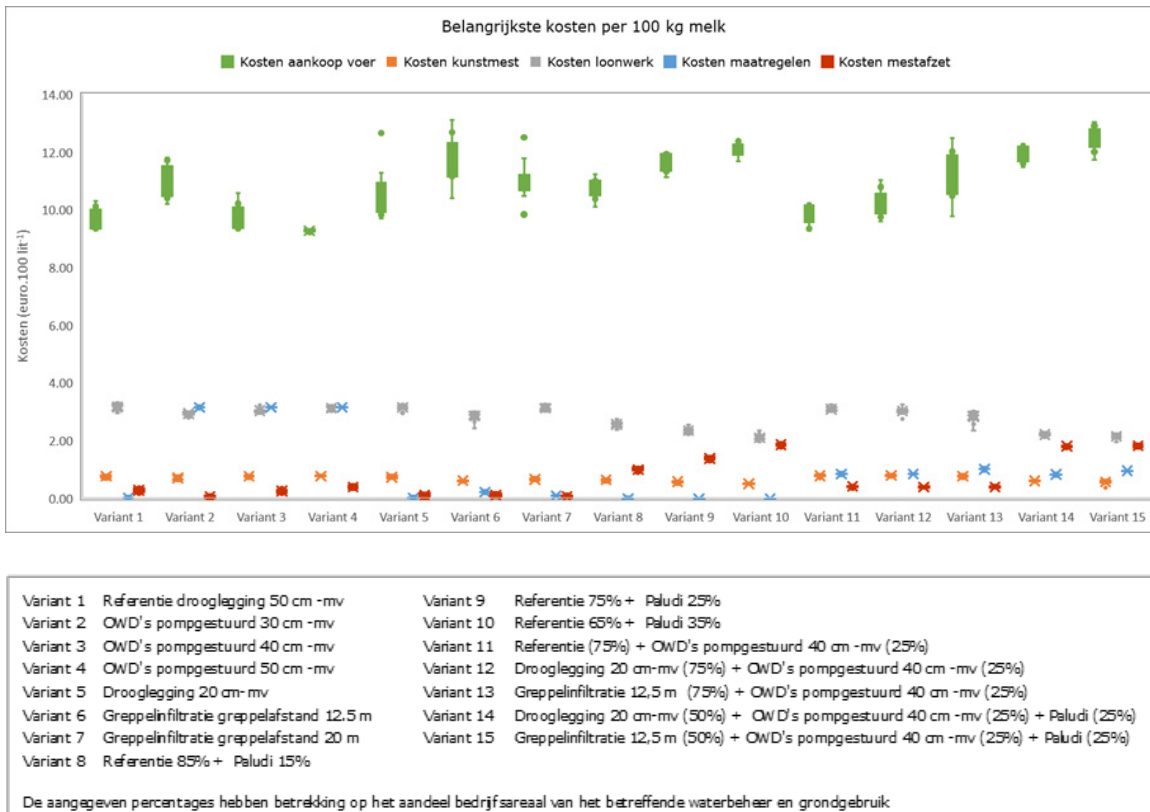


Figuur 4.15: Vershil in toegerekende kosten, niet toegerekende kosten en netto bedrijfsresultaat (inclusief opbrengsten lisdoddeteelt met de referentiesituatie voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001).

De verschillen in toegerekende kosten kwamen vooral tot stand door een verschil in voerkosten, kunstmestkosten en de teeltkosten voor lisdodde. De verschillen in de niet toegerekende kosten werden vooral veroorzaakt door een verschil in kosten voor loonwerk, vernattingsmaatregelen en mestafvoer.

Om te zien waar de verschuivingen in kosten zijn opgetreden zijn de bovengenoemde belangrijkste kostenposten weergegeven in Figuur 4.16. De kosten zijn uitgedrukt per

100 kg melk zodat de grootte van de kosten ten opzichte van de melkopbrengst van 36 euro per 100 liter melk vergeleken kan worden. In Bijlage 9 staan de belangrijkste kosten voor de referentiesituatie, de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains, voor greppelinfiltratie en de combinaties van varianten met in Tabel B21 de gemiddelde waarden, in Tabel B22 de standaarddeviatie, in Tabel B23 de minimale waarden en in Tabel B24 de maximale waarden.



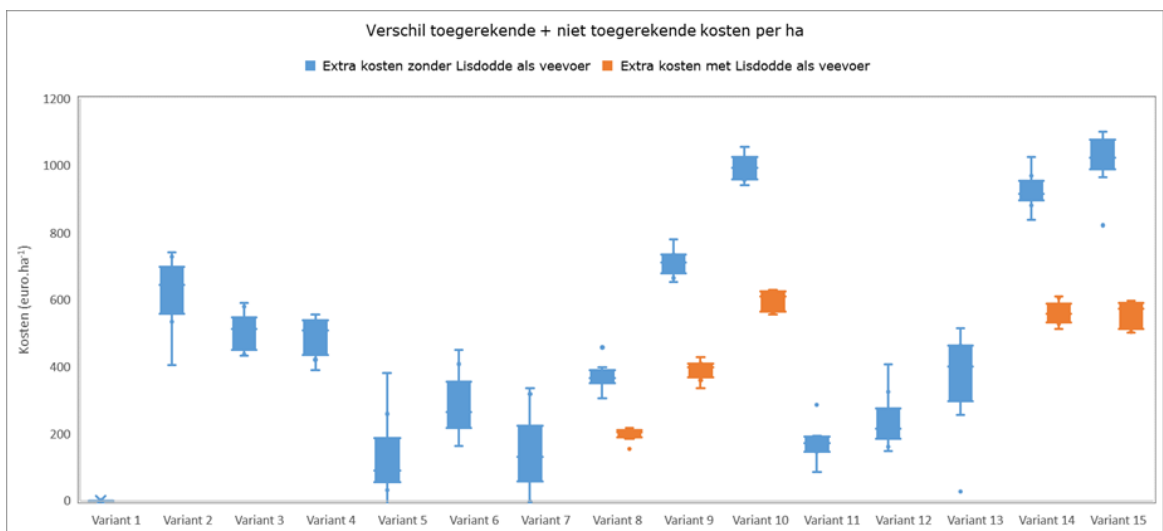
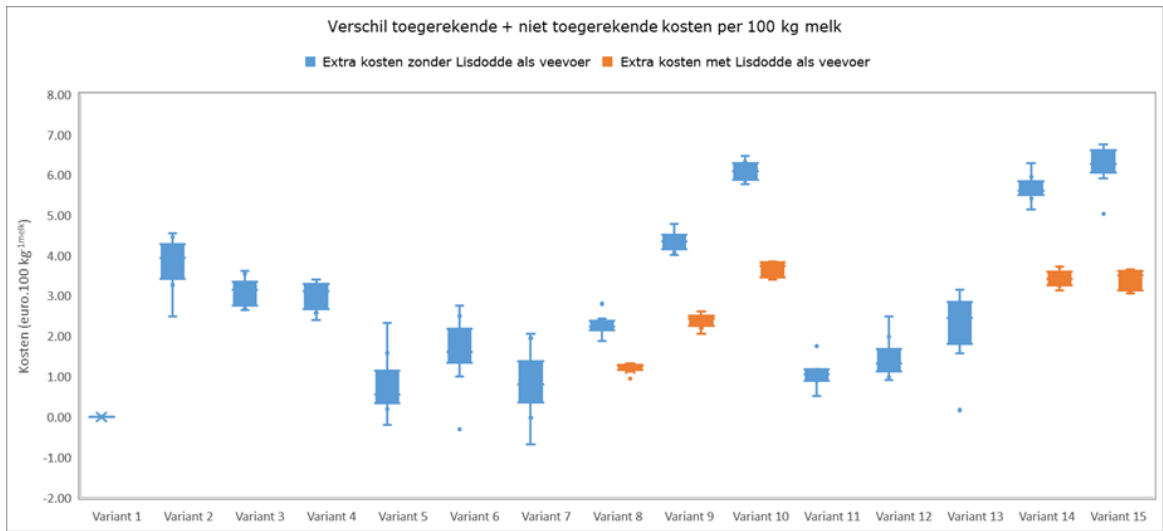
Figuur 4.16: Kosten voer, kunstmest, loonwerk en kosten maatregelen per 100 kg melk voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

De voerkosten maken het grootste deel van de totale kosten uit en zijn recht evenredig met de verminderde grasproductie evenals de kosten voor kunstmest. De kosten voor loonwerk zijn omgekeerd evenredig met het verlies aan grasproductie door vernatting. De kosten voor mestafzet nemen vooral toe bij de inpassing van lisdodde en zijn lager voor de varianten met relatief een grote reductie van grasproductie te weten pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaveld, een verminderde drooglegging en greppelinfiltratie vanwege onder andere het gunstige effect van het aankopen van extra snijmaïs op het stikstofgehalte in de mest (zie hoofdstuk Discussie). De kosten voor de vernattingmaatregelen zijn voor wat betreft pompgestuurde onderwaterdrains met 3,15 euro per 100 kg melk aanzienlijk en voor greppelinfiltratie 12,5 m 0,21 euro per 100 kg

melk en voor greppelinfiltratie 20 m 0,08 euro per 100 kg melk en voor greppelinfiltratie 20 m 0,08 euro per 100 kg melk veel geringer.

Verskil in kosten met en zonder lisdodde als veevoer

De voerkosten voor de varianten waarbij op een deel van het bedrijfsareaal lisdodde wordt geteeld verminderen wanneer de geoogste lisdodde niet afgevoerd wordt buiten het bedrijf (bedrijfsbegrotingen), maar als veevoer ingezet wordt. In Figuur 4.17 staan de totale kosten (toegerekende en niet toegerekende) per 100 kg melk (boven) en per ha (onder) voor de varianten met en zonder inpassing van lisdodde als veevoer. Hierbij is verondersteld dat met lisdodde een netto vergelijkbare voederwaarde opbrengst gerealiseerd wordt als met de teelt van gras.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Figuur 4.17: Verschil in totale kosten (boven) en toegerekende + niet toegerekende kosten per 100 kg melk voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelfiltratie

Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld nam het verschil in totale kosten ten opzichte van de referentie toe tot gemiddeld 3,81 euro per 100 kg melk en 620 euro per ha door de hoge jaarlijkse kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains en de aankoop van ruwvoer door vernatting. Bij een streefpeil van 40 en 50 cm is het verschil in totale

kosten respectievelijk 3,09 en 3,01 euro per 100 kg melk en 504 en 491 euro per ha. De verhoogde kosten betreft dus voornamelijk de hoge jaarlijkse kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains. Voor een verminderde drooglegging en greppelfiltratie van 20 en 12,5 m verhogen de totale kosten respectievelijk met gemiddeld 0,83, 0,84 en 1,58 euro per 100 kg melk en 125, 258 en 137 euro, vooral door aankoop van extra ruwvoer.

Paludicultuur

Voor lisdoddeteelt met afzet buiten het bedrijf verhoogden de totale kosten voor een areaal van 15, 25 en 35% lisdodde van het bedrijfsareaal respectievelijk met 2,50, 4,55 en 6,27 euro per 100 kg melk en 408, 741 en 1021 euro per ha, door de extra aankoop van ruwvoer, maar ook door extra mestafvoer. Met het gebruik van lisdodde als veevoer was dit respectievelijk 1,44, 2,60 en 3,85 euro per 100 kg melk en 234, 423 en 627 euro per ha. De extra kosten betroffen de kosten voor de teelt en de kosten voor rente en afschrijving van de aanleg van lisdoddeteelt. Op de kosten voor loonwerk en overige grond- en hulpstoffen werd bespaard.

Combinaties van varianten

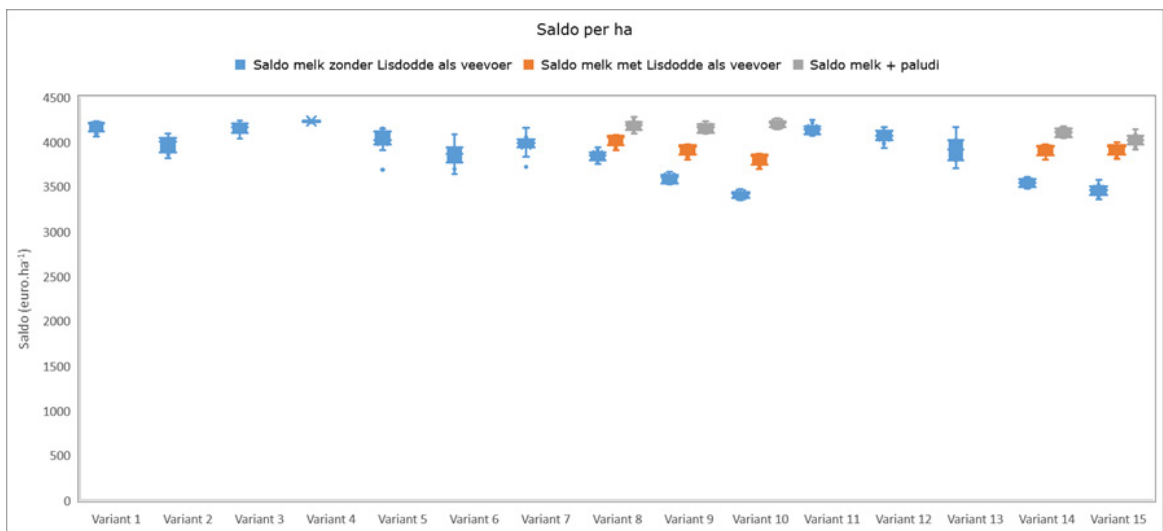
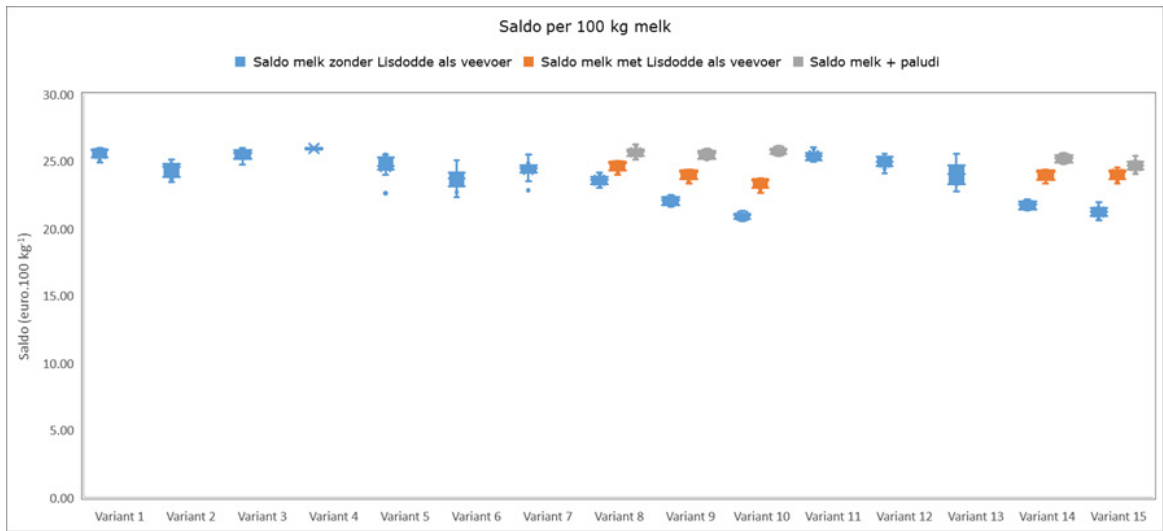
Voor de varianten 11-15 stegen de kosten met respectievelijk met 1,06, 1,44, 2,22, 4,89 en 6,24 euro per 100 kg melk en 173, 235, 362, 923 en 1016 euro per ha. De combinatie

van greppelinfiltratie, lisdoddeteelt en pompgestuurde onderwaterdrains (variant 15) verhoogde de totale kosten het meest door de extra aankoop van ruwvoer, extra mestafvoer en hoge jaarlijkse kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains. Met het gebruik van lisdodde als veevoer was dit voor variant 14 en 15 respectievelijk 3,42 en 3,43 euro per 100 kg melk en 557 en 558 euro per ha.

Saldo met en zonder lisdodde als veevoer

Door de verschillen in kosten met en zonder lisdodde als veevoer liepen de saldo's voor de varianten uiteen. Om deze met elkaar te kunnen vergelijken zijn de saldo's per 100 kg melk en per ha grafisch weergegeven in Figuur 4.18.





Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.18: Saldo per 100 kg melk (boven) en per ha (onder) met en zonder gebruik van lisdodde als veevoer voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met het gemiddelde en de uitschieters. De lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie

Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld verlaagde het saldo ten opzichte van de referentie gemiddeld 1,2 euro per 100 kg melk en 195 euro per ha door de aankoop van extra ruwvoer door vernatting. Bij een streefpeil van 40 en 50 cm is het verschil in saldo respectievelijk -0,1 en 0,6 euro per 100 kg melk en -19 en 102 euro per ha. Voor een vermin-

derde drooglegging en greppelinfiltratie van 20 en 12,5 m verminderde het saldo respectievelijk met gemiddeld 1,0, 1,9 en 1,2 euro per 100 kg melk en 161, 317 en 201 euro, vooral door aankoop van extra ruwvoer.

Paludicultuur

Voor lisdoddeteelt met afzet buiten het bedrijf veranderde het saldo voor een areaal van 15, 25 en 35% lisdoddeteelt van het bedrijfsareaal respectievelijk met 0,1, -0,1 en 0,2 euro per 100 kg melk en 10, -14 en 28 euro per ha door de extra aankoop van ruwvoer. Met het gebruik van lisdodde als veevoer was dit respectievelijk -0,9, -1,6 en -2,2 euro per 100 kg melk en -152, -257 en -364 euro per ha. De extra kosten betroffen de kosten voor de teelt en de kosten voor rente en afschrijving van de aanleg van lisdoddeteelt. Op de kosten voor loonwerk en overige grond- en hulpstoffen werd bespaard.

Combinaties van varianten

Voor de varianten 11-15 veranderde het saldo met respectievelijk met -0,2, -0,7, -1,6, -0,4 en -0,9 euro per 100 kg melk en -31, -110, -253, -66 en -152 euro per ha. Met het gebruik van lisdodde als veevoer was dit voor zowel variant 14 als 15 -1,6 euro per 100 kg melk en -261 en -255 euro per ha.

Tabel 21: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG), maaiveld-daling, CO₂- en N₂O-emissies en het percentage reductie van maaiveld-daling en emissies voor de referentiesituatie (drooglegging 50 cm), een verminderde drooglegging van 20 cm (slootpeilverhoging), de varianten voor pompgestuurde onderwaterdrains met respectievelijk een streefgrondwaterstand van 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 en 20 m gemiddeld over de reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groei-seizoen).

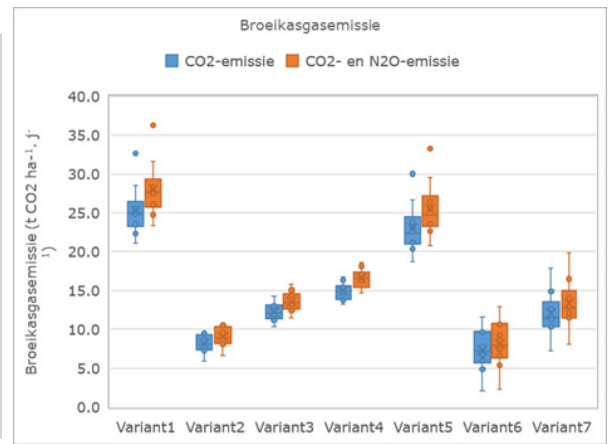
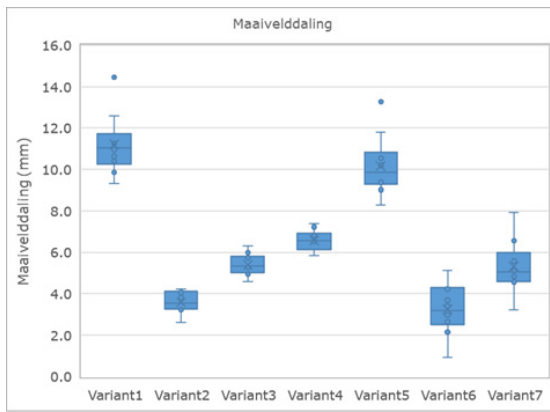
	GLG (cm -mv)	Maaiveld- daling (mm/jaar)	Emissie (t CO ₂ -eq ha ⁻¹ .j ⁻¹)			Reductie (%)
			CO ₂	N ₂ O	CO ₂ + N ₂ O	
Referentie drooglegging 50 cm	73	11.2	25.3	2.78	28.1	0
OWD's pompgestuurd gwst 30 cm -mv	45	3.6	8.1	0.89	9.0	68
OWD's pompgestuurd gwst 40 cm -mv	52	5.4	12.2	1.34	13.6	52
OWD's pompgestuurd gwst 50 cm -mv	56	6.6	14.9	1.63	16.5	41
Verminderde drooglegging 20 cm	70	10.2	23.0	2.52	25.5	9
Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	44	3.2	7.3	0.80	8.1	71
Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	52	5.3	12.0	1.32	13.3	53

Aangezien de empirische vergelijkingen lineair zijn, verhouden de verwachte maaiveld-dalingen en de emissies zich recht evenredig met de GLG. Pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld en greppelinfiltratie hebben volgens de berekeningen het grootste verhogende effect op de laagste grondwaterstand en daarmee op de maaiveld-daling en de emissies. Maaiveld-daling en CO₂- + N₂O-emissie worden voor deze twee maatregelen volgens de gebruikte algoritmen met ongeveer 70% gereduceerd. Een verlaging van het streef-

4.5 Verwachte effecten maaiveld-daling en CO₂-emissie

Voor blijvend grasland zijn de hoeveelheid maaiveld-daling en de emissies voor CO₂ en N₂O geschat op basis van de empirische vergelijkingen uit paragraaf 3.4 met als variabele de gemiddeld laagste grondwaterstanden (Tabel 7). In Tabel 23 staan per variant (1-7) de gemiddeld laagste grondwaterstanden, de maaiveld-daling en de emissies voor CO₂ en N₂O over de doorgeredende reeks van tien weerjaren.

peil bij pompgestuurde onderwaterdrains en een ruimere greppelafstand bij greppelinfiltratie verminderen de effecten. De effecten van een verminderde drooglegging zijn relatief beperkt door de relatief grote infiltratieweerstand van de bodem.



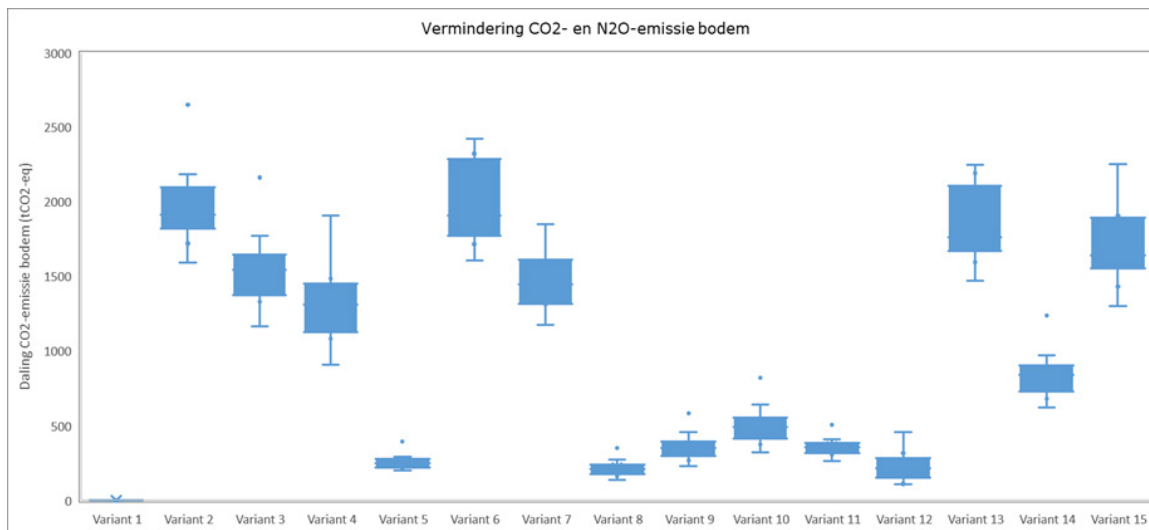
Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 5	Drooglegging 20 cm-mv
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12.5 m
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 4.19: Maaivelddaling (links), CO₂-emissie en CO₂- en N₂O-emissie voor variant 1-7 (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) voor de periode van half maart tot en met eind oktober (groei seizoen). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Bij pompgestuurde onderwaterdrains was door het sturen op het streefpeil voor de grondwaterstand de variatie in grondwaterstanden aanmerkelijk lager dan voor de referentiesituatie, verhoogd slootpeil en greppelinfiltratie. Dit vertaalde zich tevens in een geringere variatie in geschatte emissies voor CO₂ en N₂O.

Per variant staat de vermindering in CO₂- en N₂O-emissie uit de bodem met de referentiesituatie en de variatie in verschillen tussen weerjaren in Figuur 4.20. Hierbij zijn voor de combinaties van varianten de emissiereducties naar rato van de betreffende oppervlaktes van de maatregelen berekend en gesommeerd.



Variante 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variante 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variante 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variante 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variante 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variante 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variante 12	Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 5	Drooglegging 20 cm-mv	Variante 13	Greppelfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 6	Greppelfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variante 14	Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variante 7	Greppelfiltratie greppelafstand 20 m	Variante 15	Greppelfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variante 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Figuur 4.20: Vermindering CO₂- en N₂O-emissie bodem voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) op bedrijfsniveau. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met het gemiddelde en de uitschieters. De lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

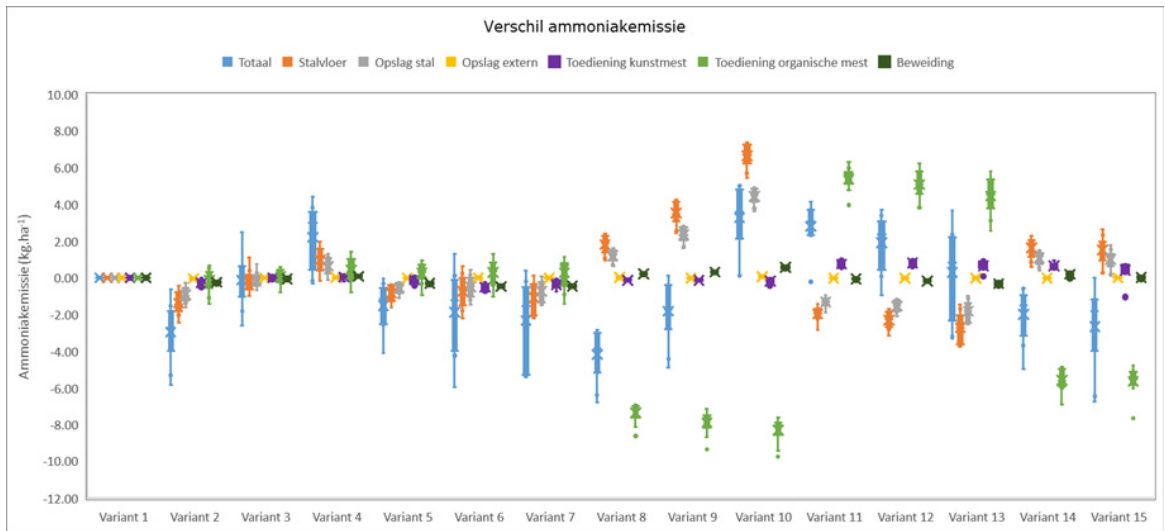
De verwachte reductie van emissies verhouden zich volgens de lineaire empirische vergelijkingen recht evenredig met de GLG, zoals ook is aangegeven bij de verklaring van de resultaten die in Tabel 22 staan. De emissies voor de varianten met lisdodde waren recht evenredig met de toename van het areaal lisdodde, omdat voor lisdodde de emissies op 15 ton CO₂-e ha⁻¹ j⁻¹ gesteld zijn, enigszins lager is dan het geschatte emissieniveau van de referentiesituatie.

4.6 Ammoniakemissie

Ammoniakemissie op melkveebedrijven is hoofdzakelijk gerelateerd aan huisvesting, mestopslag en het uitrijden van organisch mest. Ammoniakemissie ontstaat namelijk op het moment dat vaste mest en urine met elkaar in contact komen. Tijdens het weiden van koeien echter, wordt verondersteld dat de ammoniakemissie nihil is, omdat

dan geen vermenging van vaste mest en urine optreedt (Hoving et al, 2015). Meer weidengang zou zodoende de ammoniakemissie kunnen verminderen, omdat de hoeveelheid mest die in de stal en de mestopslag terecht komt kleiner is. Daarbij wordt minder drijfmest uitgereden. Daarentegen wordt een verminderde grasproductie gecompenseerd door voeraankoop en stijgt het aandeel eiwitarm voer in het rantsoen wanneer dit (deels) in de vorm van snijmaïs gebeurt. De vernattingsmaatregelen hebben effect op de emissie van ammoniak doordat het aandeel weiden en hoeveelheid mest die in de stal terecht komt verschilt en het aandeel eiwitarm voer in het rantsoen verandert.

In Figuur 4.21 staat de ammoniakemissie per emissiecomponent per variant met de variatie tussen de tien weerjaren.



Variant 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variant 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variant 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 12	Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 5	Drooglegging 20 cm -mv	Variant 13	Greppelinfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 6	Greppelinfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 14	Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 7	Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 15	Greppelinfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Figuur 4.21: Ammoniakemissie voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001). De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met het gemiddelde en de uitschieters. De lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld, verminderde drooglegging en greppelinfiltratie daalde de ammoniakemissie door een eiwitarmere rantsoen als gevolg van de aankoop van ruwvoer (meer snijmaïs). Bij lisdoddeteelt werd ook meer voer aangekocht om het productieverlies te compenseren, maar werd minder uren geweid, zodat meer mest in de stal werd opgevangen. Hierdoor ging de emissie uit de stal en de mestopslag omhoog. Daarentegen daalde de emissie voor het uitrijden van drijfmest fors door het verlies aan derogatie.

Netto daalde de ammoniakemissie bij een aandeel lisdoddeteelt van 15 en 25 % en steeg het voor een aandeel van 35 %. In de varianten met gecombineerde maatregelen zonder lisdodde speelde zowel de extra voeraankoop als de verminderde weidegang een rol en steeg de ammoniakemissie per saldo in door de verhoogde emissie bij het uitrijden van drijfmest. Met lisdodde daalde de emissie door het minder uitrijden van drijfmest.

5 Discussie

5.1 Grondwater, drukhoogte en draagkracht

Voor de varianten met pompgestuurde onderwaterdrains lagen de laagste grondwaterstanden onder het streefpeil, door de bandbreedte die in het model gehanteerd werd voor het in en uitpompen van water. Daarbij was het verschil met het streefpeil groter naarmate het streefpeil hoger was. In de berekeningen had een nauwere bandbreedte voor het in en uitpompen van water gekozen kunnen worden om het streefpeil dichter te benaderen, echter gekozen is voor een realistische benadering van de praktische uitvoering. Deze aanpak werkte door in de berekende drukhoogtes en daarmee (1) de directe schade door vernatting en droogte in de vorm van groeireductie en (2) de indirecte schade door beperkingen in het graslandgebruik (weiden en maaien). Bij het dichter benaderen van de streefpeilen zouden de directe en indirecte schades nog hoger geweest zijn.

In de berekeningen zijn de grenzen voor draagkracht in relatie tot de drukhoogte in de wortelzone gekozen op basis van Van Wijk (1984) voor een hoog en een laag slootpeil van melkveeprrofbedrijf Zegveld. Verondersteld is dat deze situatie het meest overeenkomt met die van het projectbedrijf in Assendelft. De relaties zijn vastgesteld voor twee droogleggingssituaties (hoog en laag slootpeil) en waren niet beschikbaar voor de toepassing van pompgestuurde onderwaterdrains of greppelinfiltratie. In de berekeningen is voor de referentiesituatie de relatie voor een laag slootpeil gebruikt en voor de vernattingsmaatregelen de relaties voor een hoog slootpeil. Deze benadering kan daardoor mogelijk een afwijking met de werkelijkheid gegeven hebben. In het model zijn harde grenzen voor draagkracht gebruikt terwijl in de praktijk ook emotie een rol speelt, omdat boeren niet kunnen aanzien dat weiland vertapt wordt. In de praktijk kan hierdoor het aandeel weiden nog verder verlaagd worden.

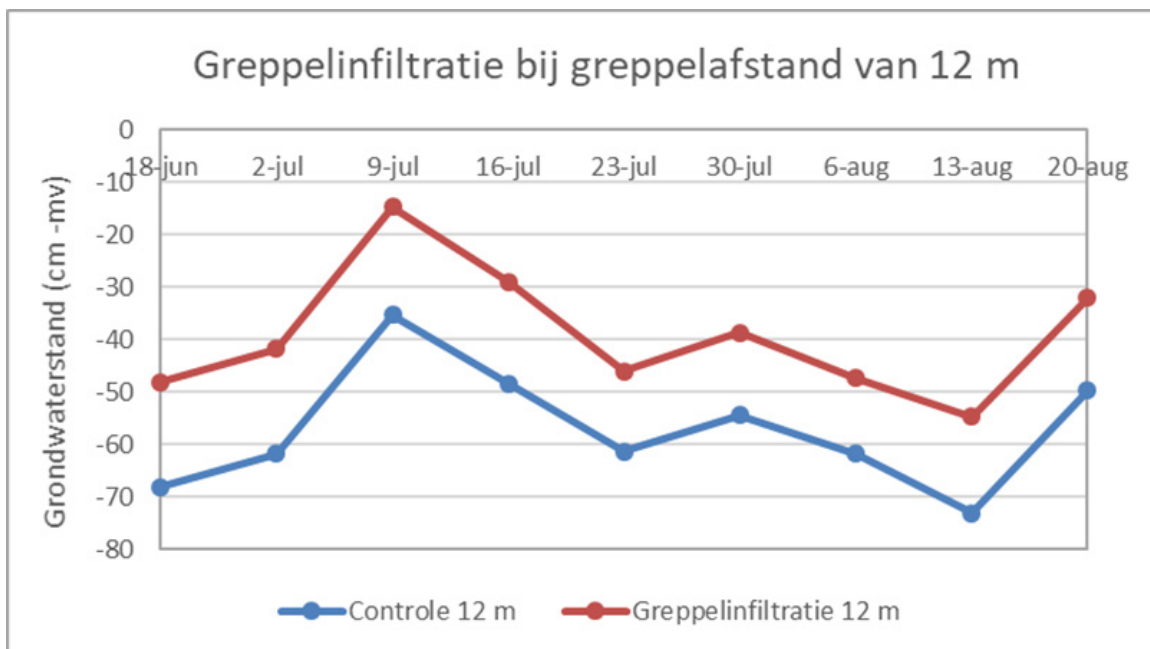
De berekende resultaten moeten in het licht gezien worden van de gekozen reeks van weerjaren (1992-2001). Voor een andere reeks kan een verschuiving in uitkomsten plaatsvinden. Hoewel gekozen is voor een reeks waarin zowel droge als natte jaren voorkomen is het mogelijk dat door het veranderende klimaat het aantal droge perioden en de lengte hiervan onderschat is. Hierdoor kan de directe en indirecte schade door vernatting overschat zijn (zie volgende paragraaf). Dit zou extra nadeel hebben gegeven voor de meest extreme vernattingsmaatregelen. Daaren-

tegen geven de gekozen weerjaren wel een goed beeld van de nadelige consequenties van vernatting welke juist het meeste risico geven in de bedrijfsvoering.

Voor pompgestuurde onderwaterdrains is uit een veldexperiment en de ervaringen in het IPV-project bekend dat een streefpeilen voor de grondwaterstand bij 40 cm beneden maaiveld relatief dicht benaderd kan worden (Hoving et al., 2018). Voor een streefpeil van 30 cm zal dit lastiger gaan vanwege de kleinere afstand tot het maaiveld en het risico op lekverliezen via greppels en het ontstaan van kwelplekken. Door de gehanteerde bandbreedte is het streefpeil niet gehaald, maar werd de praktisch haalbaarheid waarschijnlijk wel realistischer benaderd. Voor een streefpeil van 50 cm beneden maaiveld is de inschatting dat, evenals voor een drooglegging van 40 cm beneden maaiveld de gesimuleerde grondwaterstandsverlopen realistisch zijn.

Met greppelinfiltratie is nog slechts beperkt ervaring opgedaan en zodoende kon nog niet getoetst worden of inderdaad de mate van infiltratie gerealiseerd kan worden die met het model geschat is. Eerste metingen uit een vergelijkende veldproef, die in het kader van het IPV uitgevoerd wordt, wijzen hier echter wel op. Grondwaterstandsmetingen in de zomerperiode van 2020 uit het betreffende experiment laten zien dat bij een greppelafstand van 6, 12 en 24 m de grondwaterstand verhoogd werd ten opzichte van de controle objecten zonder infiltratie. Dit ondanks de relatief droge omstandigheden. Het betreft voorlopige resultaten die nog nader verklaard moeten worden.

In Figuur 5.1 staan ter illustratie de gemeten grondwaterstanden bij een greppelafstand van 12 m op een gedeelte van het perceel (Akker 3) waar de infiltratie goed functioneerden. Op een belendend gedeelte op het proefperceel (Akker 2) bleken greppels vervuild te zijn en was de mate van infiltratie geringer. Zie voor de resultaten van de overige greppelafstanden en de uitsplitsing over akkers Bijlage 11.



Figuur 5.1: Grondwaterstanden greppelinfiltratie uit een veldproef die in het kader van het IPV in 2020 is gestart met metingen uit de zomer van dat jaar. Greppelafstand 12 m (Akker 3).

De gesimuleerde laagste grondwaterstanden bedroegen voor de referentiesituatie en voor greppelinfiltratie bij een greppelafstand van 12 m respectievelijk 80 en 51 cm. De gemeten laagste grondwaterstanden uit de veldproef op Akker 3 bedroegen respectievelijk 73 en 55 cm en benaderen daarmee de gesimuleerde waarden. Ook voor de twee andere greppelafstanden was sprake van infiltratie. Bij een greppelafstand van 24 m was het effect zelfs onverwacht groot. Langere meetreeksen en een vergelijk met de andere greppelafstanden moeten meer inzicht geven in de potentie van greppelinfiltratie als vernattingsmaatregel.

5.2 Technische bedrijfsresultaten

De berekende technische resultaten zijn hoofdzakelijk gebaseerd op een verandering van de hydrologische omstandigheden en een verschuiving van het areaal gras door inpassing van lisdoddeleelt en een vermindering van het grasareaal voor greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m. Vernatting verandert op termijn ook de botanische samenstelling, waardoor de netto grasopbrengst zal verlagen door een lagere voederwaarde. Ook kan dit de grasopname bij weiden negatief beïnvloeden. In de berekeningen is hier geen rekening mee gehouden, omdat kennis over een vermindering van de voederwaarde en grasopname in relatie tot de genomen maatregelen ontbreekt. Voor de verlaging van de NLV is wel een inschatting gemaakt, omdat hier wel proefresultaten over bekend zijn uit eerdere veldexperimenten met onderwatdrains.

De randvoorwaarden die aan het graslandbeheer gesteld zijn in de vorm van de draagkrachtgrenzen en de mate waarin rijschade en vertrappingsverliezen geaccepteerd worden, waren van grote invloed op de resultaten. De draagkrachtgrenzen zoals die door Van Wijk (1984) zijn opgesteld gaven een goede onderbouwing, maar hebben slechts betrekking op een select aantal situaties waarvan die voor melkveeproefbedrijf Zegveld. De bodemtextuur van het projectbedrijf (rietzeggeveen met een dun humeus kleidek) was redelijk vergelijkbaar met die van het proefbedrijf, waardoor hiermee naar verwachting een goede inschatting is gemaakt. Bovendien waren de randvoorwaarden voor het graslandgebruik voor elke variant hetzelfde, waardoor beperkingen voor alle varianten even zwaar wogen.

Het verschil tussen de bruto en netto grasopbrengst was relatief groot door het areaal beheergras, de extra beweidingsverliezen en het standaard wegmaaien van weideresten na weiden ('bloten') bij een rest groter dan 150 kg drogestof per ha. Dit laatste wordt gedaan om de interactie met SWAP goed te laten verlopen.

De stikstofgebruiksnormen voor de hoeveelheid drijfmest die uitgereden mag worden zijn voor alle varianten gelijk gehouden. Hierbij is uitgegaan dat het modelbedrijf derogatie heeft voor het mogen toedienen extra drijfmest (250 kg N per ha) evenals het projectbedrijf. Een belangrijke voorwaarde is dat van 15 mei tot en met 15 september tenminste 80% van het bedrijfsareaal landbouwgrond uit grasland bestaat. Hier werd met de inpassing van lisdoddeleelt niet aan voldaan. In de berekeningen kwam zodoende voor de betreffende varianten de derogatie te vervallen.

De lagere stikstofbemestingsgift uit dierlijke mest werd gecompenseerd met kunstmest waardoor de productiviteit van grasland niet veranderde en het ruwvoertekort niet toenam. Wel werd de afvoer van drijfmest sterk vergroot. In de praktijk zal bij grootschalige lisdoddeteelt op een bedrijf een boekhoudkundige oplossing gevonden worden om toch de derogatie te behouden, door een bedrijf te splitsen in melkveehouderij en lisdoddeteelt.

De afvoer van dierlijke mest is afhankelijk van de volgende factoren:

1. . De stikstof- en fosfaat productie met mest ten opzichte van de plaatsingsruimte voor stikstof en fosfaat. Het meest beperkende element bepaalt de hoeveelheid afzet.
2. . De toegestane hoeveelheid dierlijke mest op per gewas met inbegrip van wel of geen derogatie (tenminste 80% blijvend grasland)
3. . Forfaitaire of werkelijke gehalten in de mest op basis waarvan de af te voeren hoeveelheid mest wordt berekend. Wanneer de werkelijke gehalten in de mest lager zijn dan de forfaitaire waarden dan wordt mest op basis van de werkelijke gehalten afgevoerd.

In BBPR werden bovenstaande beslisregels toegepast om de hoeveelheid mestafvoer te bepalen. Het programma berekende de hoeveelheid stikstof en fosfaat in de mest afhankelijk van het rantsoen en dit kon per jaar verschillen vooral door verschil in aandeel snijmaïs. Een hoger aandeel snijmaïs geeft in het algemeen lagere gehalten en daardoor minder mestafvoer.

De vernattingsmaatregelen beïnvloedden de grasopbrengst door meer of minder groeireductie als gevolg van vernatting of droogte (directe schade) en meer of minder beperkingen in het graslandgebruik (indirecte schade). De percentages directe en indirecte schade staan in Tabel 24.

Tabel 24: Directe en indirecte schade grasproductie vernattingsmaatregelen.

Variant	Directe schade nat (%)	Directe schade droog (%)	Indirecte schade (%)
Referentie drooglegging 50 cm	6,9	3,8	7,4
OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	8,4	0,3	23,7
OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	6,4	0,4	12,2
OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	1,5	0,2	6,7
Drooglegging 20 cm	8,9	2,6	16,1
Greppelinfiltratie greppelafstand 12.5 m	12,4	0,0	26,3
Greppelinfiltratie greppelafstand 20 m	11,6	0,1	18,0

Voor alle vernattingsmaatregelen nam de droogteschade af en nam, uitgezonderd voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 50 cm beneden maaiveld, de directe natschade en indirecte schade toe. Voor greppelinfiltratie nam de groeireductie door vernatting het sterkst toe. Voor deze varianten was ook de toename van indirecte schade relatief groot. Voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 30 cm beneden maaiveld was de toename van de indirecte schade ook relatief groot.

De vernattingsmaatregelen zijn rigide doorgerekend en laten uitgezonderd voor pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 50 cm beneden maaiveld extra indirecte schade zien. De schade door vernatting zou verminderd kunnen worden door de vernattingsmaatregelen flexibeler in te zetten, bijvoorbeeld door bij een neerslagoverschot greppels niet te laten infiltreren maar te laten draineren en het streefpeil bij pompgestuurde onderwaterdrains te verlagen.

5.3 Economische bedrijfsresultaten

In de vertaling van de technische resultaten naar een verandering van kosten is gerekend met prijzen en tarieven die grotendeels gebaseerd zijn op de KWIN-Veehouderij 2019-2020 en zijn daarmee zorgvuldig onderbouwd. Voor de teelt- en aanlegkosten van lisdodde, de kosten van vernattingsmaatregelen en de opbrengsten voor lisdodde waren de prijzen en tarieven onzeker. Voor pompgestuurde onderwaterdrains is uitgegaan van de kosten zoals die gemaakt zijn in het IPV-project. Wanneer pompgestuurde onderwaterdrains op grotere schaal worden aangelegd is de verwachting dat de kosten nog enigszins omlaag gaan. Dit zal vooral de kosten voor de collectordrains, waterreservoirs en besturingsapparatuur betreffen. In de berekeningen is een besparing van deze kosten gerekend ter grootte van 25% van de werkelijk gemaakte kosten.

Tabel 25: Kosten aanleg pompgestuurde onderwaterdrains projectbedrijf bij handmatige bediening van de pompen en gebruik van zonne-energie voor de stroomvoorziening in euro per ha exclusief BTW. Aangegeven is hoe groot het percentage van de werkelijk gemaakte kosten is.

Kostenposten en aandeel van de werkelijk gemaakte kosten (%)	Eenheid	Bedrag
Kosten draineren bij drainafstand 4 m (100 %)	(euro.ha ⁻¹)	2.430
Kosten hoofddrain (75 %)	(euro.ha ⁻¹)	857
Kosten waterreservoirs (5 ha per reservoir, 75 %)	(euro.ha ⁻¹)	1.726
Kosten pompen (5 ha per pomp, 100 %)	(euro.ha ⁻¹)	220
Kosten autonoom zonne-energie systeem (100%)	(euro.ha ⁻¹)	527
Kosten grondwaterpeilregeling (5 ha per regelsysteem, 75 %)	(euro.ha ⁻¹)	-
Afwerken grondwerk (100 %)	(euro.ha ⁻¹)	378
Totaal kosten	(euro.ha ⁻¹)	6.138
Jaarkosten rente, afschrijving en onderhoud	(euro.ha ⁻¹)	381

De totale jaarkosten voor rente, afschrijving en onderhoud bedraagt 381 euro per ha per jaar en dit is 169 euro per ha per jaar lager dan het geavanceerde systeem dat op het IPV-projectbedrijf is gerealiseerd. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze besparingen ten kosten kunnen gaan van het realiseren van voldoende infiltratie en pompcapaciteit.

Zouden daarbij ook geen pompen worden gebruikt, zoals dat bij conventionele onderwaterdrains het geval is, dan bedragen de totale kosten 323 euro per ha per jaar. Zon-

der de pompen en de besturing hiervan is stroomvoorziening nodig en de betreffende kosten (aanleg en stroomkabel) zijn relatief hoog. Vooral voor veldkavels verder gelegen van de bedrijfsgebouwen brengt dit hoge kosten met zich mee. Geëxperimenteerd wordt met systemen waarbij het in- en uitpompen niet elektrisch maar met een windmolen wordt uitgevoerd, zoals dat op twee melkveebedrijven in polder Spengen en op KTC Zegveld gebeurt. Mogelijk dat de kosten dan lager uitvallen.

De kosten zouden verlaagd kunnen worden door de pompen handmatig te bedienen in plaats van automatisch en door gebruik te maken van wind- of zonne-energie in plaats van netspanning. Op basis van dezelfde uitgangspunten als in Tabel 18 zijn de kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains met een eenvoudiger handmatig bedieningssysteem op zonne-energie berekend. Alleen de kosten voor de stroomvoorziening en pompbediening zijn verlaagd. De resultaten staan in Tabel 25.

der het gebruik van pompen is het echter niet mogelijk om een hoog streefpeil voor de grondwaterstand te realiseren, tenzij gebruik gemaakt kan worden van voldoende vrij verval tussen oppervlaktewaterpeil en het gewenste streefpeil voor het grondwater.

Voor de alternatieve situatie met lagere kosten voor de stroomvoorziening en pompbediening staat een samenvatting van de bedrijfsbegroting per variant gemiddeld over de tien weerjaren in Tabel 26 conform Tabel 22.

Tabel 26: Gemiddelde kengetallen bedrijfsbegroting (1992-2000) voor de referentiesituatie en de verschillen met de referentiesituatie voor de overige 14 varianten (zie kader) bij handmatige bediening van de pompen en gebruik van zonne-energie voor de stroomvoorziening.

Samenvatting bedrijfsbegroting		Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6	Variant 7	Variant 8	Variant 9	Variant 10	Variant 11	Variant 12	Variant 13	Variant 14	Variant 15
Rente	(%)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Opbrengsten	(eur)	731835	-183	-176	4562	-180	-188	-183	37114	61972	86835	-178	-178	-181	61971	61970
Wv: - Melkopbrengsten	(eur)	643679	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2
- Omzet en aanwas	(eur)	40918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Verkoop voedergrassen	(eur)	191	-185	-177	4560	-182	-189	-184	-181	-185	-185	-181	-181	-184	-186	-188
- Overige opbrengsten rundveshouderij	(eur)															
- Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB)	(eur)	47047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Lisodde teelt	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	37294	62156	87019	0	0	0	62156	62156
Toegerekende kosten	(eur)	270802	21319	1874	-6745	17647	34798	22002	38299	65583	85573	3251	11973	27721	71442	80826
Wv: - Veevoer	(eur)	173683	22405	1804	-6865	18072	38005	24003	19172	35121	43546	2848	11405	27670	40394	50570
- Energie	(eur)	8910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Kunstmeststoffen N, P2O5, K2O	(eur)	13654	-1129	63	119	-487	-2720	-1823	77	-1293	-2822	408	568	39	-735	-1541
- Gewasbescherming, zaad en overige bemestingskosten	(eur)	7673	0	0	0	0	-105	-52	-282	-471	-598	0	0	0	-468	-468
- Overige grond- en hulpstoffen	(eur)	20251	43	8	1	62	-382	-126	-1388	-2305	-2897	-4	0	12	-2280	-2266
- Overige productgebonden kosten	(eur)	46630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Teeltkosten Lisodde	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	20719	34531	48344	0	0	0	34531	34531
Saldo	(eur)	461033	-21502	-2050	11308	-17827	-34986	-22186	-1184	-3611	1262	-3429	-12152	-27903	-9471	-18856
Niet toegerekende kosten	(eur)	372844	29867	36466	43226	-3866	-6280	-6863	10734	22703	36632	11196	9351	7571	38430	39307
Wv: - Arbeidskosten	(eur)	155245	-632	-210	312	-195	-1101	-494	-1431	-2422	-3139	-163	-364	-867	-2599	-2820
- Loonwerk	(eur)	56847	-3913	-2246	-731	-279	-5668	-637	-14913	-18283	-22251	-1352	-2478	-5928	-20280	-21570
- Afschrijving	(eur)	3864	0	182	1223	0	764	-1522	-352	-588	-823	0	0	0	-584	-584
- Machines/werktuigen, inventaris	(eur)	9923	-714	-156	315	-319	-1351	-695	-1525	-2579	-2973	-199	-349	-975	-2730	-2927
- Onroerende zaken	(eur)	38288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Algemene kosten	(eur)	17800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Mestafzet	(eur)	4951	-4154	-490	2114	-3073	-3119	-4048	12975	19944	28533	2375	2008	1943	27452	27765
- Berekende rente	(eur)	85927	0	106	713	0	378	-922	-377	-630	-881	0	0	0	-626	-626
- Vernattingsmaatregelen (inclusief rente)	(eur)	0	39280	39280	39280	0	3818	1455	-218	-364	-509	10535	10535	13399	10171	12444
- Afschrijving en rente aanleg Lisodde	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	16575	27625	38675	0	0	0	27625	27625
Netto bedrijfsresultaat	(eur)	88189	-51369	-38516	-31918	-13961	-28707	-15323	-11919	-26314	-35370	-14625	-21503	-35474	-47901	-58163
Berekende arbeid ondernemer	(eur)	65200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbeidsopbrengst ondernemer	(eur)	153389	-51369	-38516	-31918	-13961	-28707	-15323	-11919	-26314	-35370	-14625	-21503	-35474	-47901	-58163
Arbeidsopbrengst ondernemer per ha	(eur)	1388	-465	-349	-289	-126	-260	-139	-108	-238	-320	-132	-195	-321	-433	-526

Variant 1 Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variant 5 Drooglegging 20 cm-mv	Variant 9 Referentie 75% + Paludi 25%	Variant 13 Greppelfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variant 2 OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variant 6 Greppelfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variant 10 Referentie 65% + Paludi 35%	Variant 14 Drooglegging 20 cm-mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 3 OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variant 7 Greppelfiltratie greppelafstand 20 m	Variant 11 Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)	Variant 15 Greppelfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variant 4 OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variant 8 Referentie 85% + Paludi 15%	Variant 12 Drooglegging 20 cm-mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)	

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik.

Met de verlaagde jaarlijkse kosten voor pompgestuurde onderwaterdrains was op bedrijfsniveau het netto bedrijfsresultaat en de arbeidsopbrengst 17351 euro per jaar hoger voor variant 2-4 dan in de situatie met netspanning en automatische pompbediening. Voor de varianten 11-15 met gecombineerde vernattingsmaatregelen was dit 4654 euro per ha per jaar. De arbeidsopbrengst per ha was respectievelijk 157 euro per ha per jaar hoger voor de varianten 2-4 en 42 euro per ha per jaar voor de varianten 11-15. Door het aandeel beheergras van 7,5 ha zonder pompgestuurde onderwaterdrains was op bedrijfsniveau de verhoging van de arbeidsopbrengst met 157 euro per ha per jaar lager dan de bespaarde kosten van 169 euro per ha per jaar.

Voor greppelinfiltratie is verondersteld dat door watervoe- ring van de greppels het areaal gras verkleint ter grootte van 6% voor een greppelafstand van 12,5 m en 3 % voor een greppelafstand van 20 m. Dit zijn geschatte oppervlakten en deze kunnen dus afwijken van het werkelijke oppervlakteverlies. Een groter oppervlakteverlies geeft meer productieverlies en daarmee hogere kosten voor ruwoeraankoop.

Tussen greppels ligt de bodem doorgaans op akkers (bolle ligging van het maaiveld tussen de greppels). Met het verkleinen van de bestaande greppelafstand tot bijvoorbeeld 12,5 m zou de akkerstructuur opnieuw aangebracht moeten worden. In de berekeningen is met de extra kosten voor grondverzet en het opnieuw inzaaien van de graszode geen rekening gehouden. In de praktijk zal zoveel mogelijk uitgegaan worden van de bestaande greppelstructuur en dat maakt deze maatregel aantrekkelijk om een bestaande situatie effectief te kunnen vernatten.

Voor het omzetten van grasland naar lisdoddeteelt zijn geen kosten in rekening gebracht. Verondersteld is dat dit grasland op een zo natuurlijk mogelijke manier onder water gezet wordt, zonder de bodem af te graven en het aanleggen van stuwen. Zou dit wel het geval zijn dan worden de kosten voor lisdoddeteelt aanzienlijk vergroot.

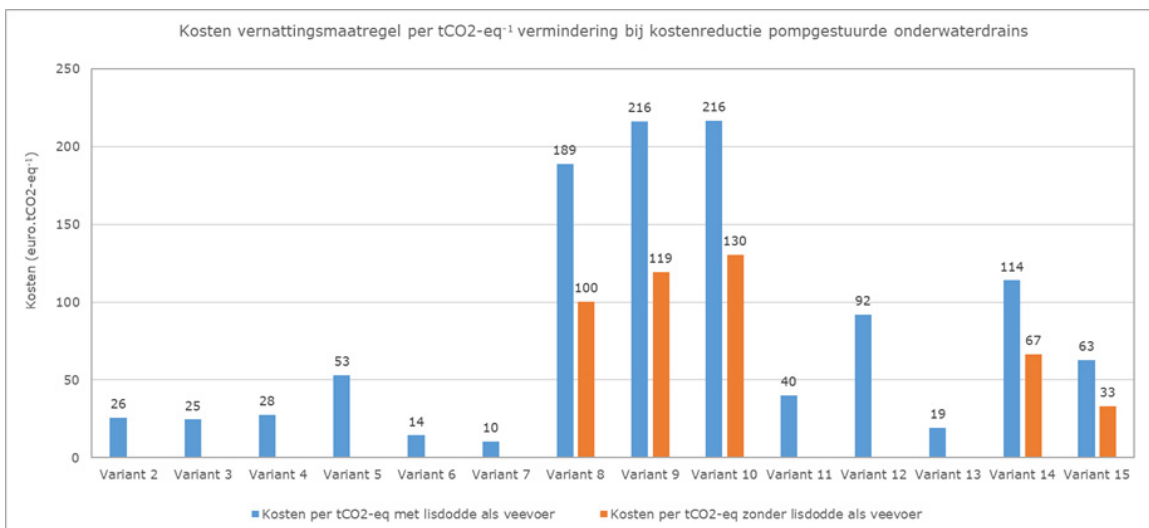
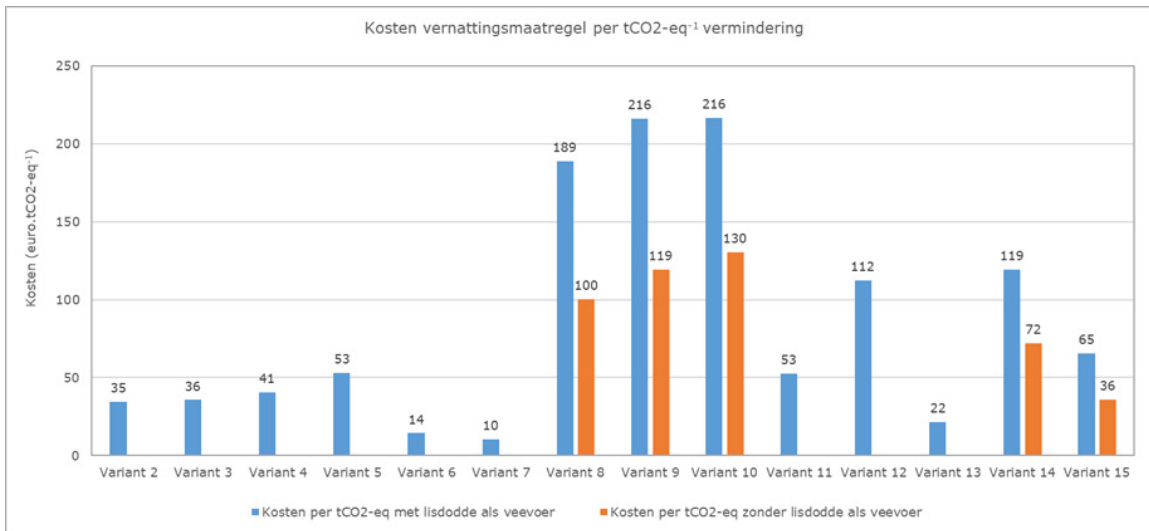
Door een structurele vernatting kan landbouwgrond in waarde dalen. Met een afwaardering is in de berekeningen geen rekening gehouden. Vooral wanneer het slootpeil opgezet wordt, zoals dat voor de varianten met een verminderde drooglegging en greppelinfiltratie het geval is, en bij het omzetten van grasland in lisdoddeteelt zou dit aan de orde kunnen zijn. Bij pompgestuurde onderwaterdrains is dit mogelijk niet of minder het geval omdat met

deze maatregel het mogelijk maakt om het waterbeheer meer flexibel in te vullen.

Voor de opbrengst van lisdodde is een drogestofopbrengst van 15 ton per ha aangenomen. Pijlman et al. (2019) vonden op KTC Zegveld een drogestofopbrengst van 9,8–10,9 ton per ha in het eerste jaar na planten (onder bemeste omstandigheden en bij zomeroogst). In het tweede jaar was de opbrengst lager (Bestman et al., 2019). Hoewel in Bestman et al., (2019) aangegeven wordt dat de lisdodde-opbrengsten ruim 20 ton kunnen bedragen, werd de aangehouden 15 ton droge stof per ha in de berekeningen nog niet gehaald. Ook de voerwaarde bleek volgens Pijlman et al. (2019) aanmerkelijk lager dan die van gras bestaande uit overwegend landbouwkundig goed gewaardeerde grassoorten. Daarmee lijkt in de vergelijkingen waarin Lisdodde ingezet is als veevoer, de voederwaarde-opbrengst overschat te zijn. Ook is nog onbekend in hoeverre lisdodde door vee opgenomen wordt.

De exploitatiekosten voor lisdoddeteelt en de financiële opbrengst van het geoogste materiaal zijn ontleend aan Duursen et al. (2016). Het effect op het bedrijfsrendement is erg afhankelijk van de inschatting van de kosten en opbrengsten. Vanwege de onzekerheid van de hoogte van de kosten en opbrengsten zijn deze in de berekeningen aan elkaar gelijk gehouden. De kosten en opbrengsten liggen echter in dezelfde orde van grootte als die in de factsheet over natte teelten, welke vanuit de deelexpeditie Natte Teelten van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling in voorbereiding is (Westerhof, 2020). Voor wat betreft de kosten is het aantal planten per m² bepalend voor de hoogte van de investering. Zaaïen is goedkoper, maar in de beginfase risicovoller.


Om de kosteneffectiviteit van de vernattingsmaatregelen voor wat betreft de reductie van broeikasgassen te beoordelen zijn ten opzichte van de referentiesituatie de totale extra kosten per variant (toegerekende + niet toegerekende kosten) gedeeld door de vermindering van de broeikasgasemissie. Het betreffende bedrag kan beschouwd worden als CO₂-prijs voor de maatregelen. De kosten per ha per jaar per ton CO₂-equivalenten vermindering ten opzichte van de referentiesituatie met en zonder gebruik van lisdodde als veevoer voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) staat in Figuur 5.2.



Variante 1	Referentie drooglegging 50 cm -mv	Variante 9	Referentie 75% + Paludi 25%
Variante 2	OWD's pompgestuurd 30 cm -mv	Variante 10	Referentie 65% + Paludi 35%
Variante 3	OWD's pompgestuurd 40 cm -mv	Variante 11	Referentie (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 4	OWD's pompgestuurd 50 cm -mv	Variante 12	Drooglegging 20 cm -mv (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 5	Drooglegging 20 cm -mv	Variante 13	Greppelfiltratie 12,5 m (75%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%)
Variante 6	Greppelfiltratie greppelafstand 12,5 m	Variante 14	Drooglegging 20 cm -mv (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variante 7	Greppelfiltratie greppelafstand 20 m	Variante 15	Greppelfiltratie 12,5 m (50%) + OWD's pompgestuurd 40 cm -mv (25%) + Paludi (25%)
Variante 8	Referentie 85% + Paludi 15%		

De aangegeven percentages hebben betrekking op het aandeel bedrijfsareaal van het betreffende waterbeheer en grondgebruik

Figuur 5.2: Kosten vermindering broeikasgasemissie bodem per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar met en zonder gebruik van lisdodde als veevoer voor de 15 varianten (zie kader) gemiddeld over een reeks van tien weerjaren (1992-2001) met en zonder automatische pompbediening en het gebruik van netspanning, respectievelijk de bovenste en onderste figuur. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uitschieters. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.



De kosten per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar verschilt aanzienlijk tussen de varianten. De kosten zijn het hoogst voor de varianten met 15-35 % lisdodde teelt. Wanneer lisdodde gebruikt wordt als veevoer zijn de kosten lager, ervan uitgaande dat de productie 15 ton per ha per jaar bedraagt en dat de voederwaarde gelijk is aan dat van geconserveerd gras. Echter de voederwaarde-opbrengst van lisdodde wordt daarmee waarschijnlijk overschat (zie bovenstaande tekst in deze paragraaf). Greppelinfiltratie lijkt met 10-14 euro per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar de meest kosteneffectieve maatregel om maaiveldaling en broeikasgasemissie te verminderen. Bovendien is dit een maatregel waarbij niet alleen de kosten per CO₂-emissie het laagst zijn, maar waarbij ook absoluut gezien een groot reductie-effect verwacht wordt.

In een studie van Daatselaar en Prins (2020) is berekend in hoeverre de kostprijs van melk verandert door slootpeilverhoging en wat de CO₂-prijs zou moeten zijn om de kosten voor de vermindering van CO₂-emissie te compenseren. Geconcludeerd werd dat peilverhoging kostprijsverhogend werkt. Gemiddeld was volgens de betreffende studie het negatieve financiële effect van een peilverhoging met 20 cm 332 euro/ha. Dit hing sterk af van de uitgangssituatie. Het effect van een peilverhoging van 100 cm naar 80 cm onder maaiveld was vrijwel nihil; voor bedrijven, die nu al te maken hebben met een hoog slootpeil, kon het financiële effect oplopen tot bijna 500 euro per ha. De gemiddelde kostprijs van melk zou daardoor stijgen met 2,00 tot 2,50 euro per 100 kg melk. De CO₂-prijs zou gemiddeld 41 euro per ton CO₂ moeten bedragen om het bedrijfsresultaat niet omlaag te laten gaan in geval van aanpassing van het bedrijfsmodel als gevolg van vernatting. Voor bedrijven met een slootpeil dat al hoger is dan 60 cm beneden maaiveld, waren de meerkosten hoger en voor bedrijven met een lager slootpeil waren de kosten lager. De kosten zouden bij een zeer geringe drooglegging oplopen tot 60 euro per ton besparing van CO₂-emissie.

In de voorliggende studie bedragen de berekende kosten van slootpeilverhoging van 50 naar 20 cm gemiddeld 125 euro per ha, echter met uiterste waarden variërend van 0 tot 400 euro per ha. De berekende kosten per ha zijn daarmee aanzienlijk lager dan volgens Daatselaar en Prins (2020). Het verschil tussen de CO₂-kostprijs van 60 euro bij een zeer hoge grondwaterstand volgens Daatselaar en Prins (2020) en 53 euro per ton CO₂-equivalenten per ha per jaar volgens de voorliggende studie is relatief kleiner.

Het verschil tussen beide studies is dat in de studie van Daatselaar en Prins (2020) een relatief eenvoudig model is gebruikt ten opzichte van het geïntegreerde bedrijfsmodel Waterpas in de voorliggende studie. Bij een relatief eenvoudige modelbenadering treedt sneller een stapeling en daarmee een overschatting van effecten op. Dit kan de oorzaak van de berekende verschillen geweest zijn.

5.4 Verwachte effecten maaiveldaling en CO₂-emissie

Sinds het najaar van 2019 wordt in Nederland gemeten aan de emissie van broeikasgassen in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) uit het Kennisprogramma bodemdaling.nl. Het NOBV doet op proefveldniveau onderzoek op verschillende locaties, namelijk in Aldeboarn (Friesland), Rouveen (Overijssel), Assendelft (Noord-Holland), Vlist (Zuid-Holland) en Zegveld (Utrecht). Dit onderzoek richt zich op zowel broeikasgasuitstoot als bodemdaling, en kijkt tevens naar de effectiviteit van maatregelen zoals onderwaterdrains al of niet pompgestuurd.

Belangrijke aanleiding van het onderzoeksprogramma is om de hoogte van de emissie van de CO₂, N₂O en CH₄ vast te stellen, maar ook de variabiliteit in de betreffende fluxen. Resultaten van N₂O-metingen (2005-2009) op Melkveeproefbedrijf Zegveld lieten volgens Pleijter et al. (2011) zien dat het verhogen van de grondwaterstand waarschijnlijk leidde tot lagere cumulatieve N₂O-emissies, maar een stijging van de temporele en ruimtelijke variabiliteit. Voor kwantificering van de N₂O-emissies zou daarom gebruik moeten worden gemaakt van modelschattingen. Echter om de modellen te kunnen valideren en kalibreren zijn meer datasets nodig. De metingen van het NOBV dragen hiertoe bij.

Andere doelstellingen van NOBV zijn om een meetprotocol voor het meten van broeikasgassen en bodemdaling in het veenweidegebied te ontwikkelen, om een landelijk dekkend, structureel meetnetwerk op te zetten en om met geactualiseerde rekenmodellen voorspellingen te doen over broeikasgasuitstoot en bodemdaling voor uiteindelijk het hele veenweidegebied. Het onderzoek zal in 2020 uitgebreid worden door toevoeging van nog een aantal onderzoekslocaties. Vanuit het IPV-onderzoek worden sinds juli 2020 ook broeikasgasmetingen uitgevoerd in het veldexperiment met greppelinfiltratie.

Anders dan bij eerdere metingen aan broeikasgasemissies van veenweiden, betreft dit continue metingen met meetkamers, omdat alleen zo voldoende zekerheid bestaat dat de meetnauwkeurigheid van de emissie door veenoxidatie voldoende is om verschillen tussen de behandeling en de referentie te kunnen meten. Vooralsnog zijn niet voldoende meetresultaten beschikbaar om de effecten van onderwaterdrains op broeikasgasemissie te kwantificeren en te vergelijken met de gebruikte empirisch relaties voor CO₂ (Van de Akker et al., 2013) en voor N₂O (Kuikman et al., 2005).

In NOBV worden ook broeikasgasemissies gemeten in lisdoddeteelt. Zoals in de notitie van Pijlman et al. (2020) is aangegeven wordt op basis van ervaringen en beschikbare literatuur verwacht dat vooral emissie in de vorm van methaan zal optreden, doordat via de holle lisdoddes-tengels zuurstof en methaan uitwisseling tussen bodem en atmosfeer wordt bevorderd. Evenals voor onderwater-drains waren nog geen meetresultaten beschikbaar. Bij lisdoddeteelt is geen rekening gehouden met eventuele CO₂- en N₂O-emissie die mogelijk gaat optreden wanneer lisdodde tijdelijk droogvalt. Ook kan bemesting van lisdodde leiden tot N₂O-emissie.



6 Conclusies

Grondwater, drukhoogte en draagkracht

- De vernattingsmaatregelen lieten volgens de berekeningen duidelijke verschillen zien in grondwaterstanden, drukhoogtes in de wortelzone en draagkracht van de graszode.
- Voor pompgestuurde onderwaterdrains bepaalde het streefpeil de diepste grondwaterstand in de zomer; bij een streefpeil van 30 cm daalde de grondwaterstand het minst en bij 50 cm het meest. Hierbij was de laagste grondwaterstand 10-20 cm lager dan de streefpeilen.
- Voor greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m (drooglegging van 20 cm beneden maaiveld) was de gemiddeld laagste grondwaterstand slechts enkele centimeters lager dan die van pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld en de GLG praktisch gelijk.

Debieten aan- en afvoer van water

- De drainage nam toe voor pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie doordat minder neerslag geborgen kon worden.
- De infiltratie nam eveneens toe voor pompgestuurde onderwaterdrains en greppelinfiltratie en was evenredig met de mate van verhoging van de grondwaterstand in droge perioden.
- De infiltratie was relatief hoog voor greppelinfiltratie door verlies van water als gevolg van evapotranspiratie (openwaterverdamping).

Technische bedrijfsresultaten

- De vernattingsmaatregelen verminderden de bruto en netto grasopbrengst en vergrootten de variatie in opbrengsten tussen weerjaren, uitgezonderd pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 40 en 50 cm beneden maaiveld.
- Greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m gaf de grootste groeireductie en graslandgebruiksbeperkingen.
- Lisdoddeteelt verminderde de grasproductie rechtevenredig met het areaal lisdodde. Door verlies van derogatie werd minder drijfmest uitgereden en meer organische mest afgevoerd.
- Ook voor de gecombineerde vernattingsmaatregelen daalde de grasopbrengst rechtevenredig met de beperking van de onderliggende maatregelen op de grasopbrengst.
- Vernatting en de teelt van lisdodde beperkten de

weidegang en verminderden de vers grasopname van melkkoeien.

- Door pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil van 40 cm beneden maaiveld toe te passen op 25 % van het bedrijfsareaal werd wel een vermindering van het aandeel weiden voorkomen, maar niet een vermindering van de grasopbrengst.

Economische bedrijfsresultaten

- De verschillen in toegerekende kosten kwamen vooral tot stand door een verschil in voerkosten, kunstmestkosten en de teeltkosten voor lisdodde.
- De verschillen in de niet toegerekende kosten werden vooral veroorzaakt door een verschil in kosten voor loonwerk, vernattingsmaatregelen en mestafvoer.
- Het netto bedrijfsresultaat van de referentiesituatie was het hoogst, wat betekent dat de vernattingsmaatregelen, lisdoddeteelt of een combinatie hiervan in meer of mindere mate de kostprijs verhoogden en daarmee het inkomen verlaagden.
- Greppelinfiltratie leek de meest kosteneffectieve methode om maaiveld daling en broeikasgasemissies te reduceren.
- Bij lisdoddeteelt namen de kosten toe naarmate het areaal lisdodde groter was, doordat de kosten per ha gelijk zijn gehouden aan de baten per ha. De opbrengst van lisdodde moet aanzienlijk hoger zijn dan de teelt en -oogstkosten om de verhoogde voer- en mestafzetkosten ('opportunity cost') te compenseren.

Verwachte effecten maaiveld daling en CO₂-emissie

- Greppelinfiltratie met een greppelafstand van 12,5 m gaf en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld gaven de grootste geschatte reductie van maaiveld daling en broeikasgasemissie.
- Maaiveld daling en CO₂- + N₂O-emissie werden voor deze twee vernattingsmaatregelen met ongeveer 70% gereduceerd en daarmee wordt de ten doel gestelde 90% in het IPV-project niet gehaald.
- Op basis van de resultaten van het NOBV-onderzoek zullen bovenstaande schattingen wellicht bijgesteld kunnen worden en zal ook meer onderzoek naar lachgasemissie nodig zijn.

Ammoniakemissie

- Voor pompgestuurde onderwaterdrains met streefgrondwaterstand van 30 cm beneden maaiveld, verminderde drooglegging en greppelinfiltratie daalde de totale ammoniakemissie, door aankoop van extra snijmais dat eiwitarm is.
- Bij lisdodde teelt daalde de ammoniakemissie vooral doordat minder drijfmest werd uitgereden als gevolg van het verlies aan derogatie.



7 Perspectief

Pompgestuurde onderwaterdrains bieden de mogelijkheid om gericht de grondwaterstand te sturen, zodanig dat droogte vermeden wordt en vernatting controleerbaar blijft. Tijdens neerslagpieken is tijdelijke vernatting onvermijdelijk door de geringere bergingscapaciteit als gevolg van de verhoogde grondwaterstanden. De duur van vernatting is ten opzichte van een situatie zonder pompgestuurde onderwaterdrains echter korter door de mogelijkheid om tijdelijk extra water af te voeren. Voor het graslandgebruik en de grasproductie is dit een belangrijk voordeel.

Pompgestuurde onderwaterdrains verhogen de kosten en deze zijn alleen te overbruggen door bijvoorbeeld de vermindering van maaiveldafval en broeikasgasemissie reductie te vergoeden en/of de aanleg grotendeels te subsidiëren. Naast de hoge kosten vraagt het toepassen van pompgestuurde onderwaterdrains extra arbeid voor de aansturing hiervan. Bovendien is de werking niet gegarandeerd, omdat vervuiling, luchtinsluiting of storingen in de aansturing de werking van de drains kunnen verminderen. Dit pleit ervoor om de drains doelgericht in te zetten, met een zorgvuldige aansturing en controle van het systeem. Inzet op huiskavelpercelen ligt daarbij het meest voor de hand, omdat deze percelen door de kleinere afstand het meest onder de aandacht zijn en voor beweiding belangrijk zijn, waardoor vernatting hier zoveel mogelijk voorkomen dient te worden. De investering betreft dan een soort risicopremie voor behoud van ruwvoerproductie en weidegang in natte jaren, in zoverre sprake kan zijn van extra drainage bij het nastreven van een relatief hoge grondwaterstand.

Dit betekent dat op het overige deel van het bedrijfsareaal andere maatregelen genomen moeten worden om de veenafbraak terug te dringen. Greppelinfiltratie in combinatie met een hoog slootpeil zou een optie kunnen zijn, echter vanuit landbouwkundig perspectief wordt het graslandgebruik aanzienlijk benadeeld en verlaagt het de grasproductie. Ook kan het de kans op leverbotbesmetting vergroten, al geven ook onderwaterdrains met een hoog streefpeil ook vernatting van greppels en daarmee mogelijk extra risico op leverbot. In het IPV wordt het effect van watermaatregelen op de aanwezigheid van leverbotlakken onderzocht.

Een belangrijk voordeel is dat greppelinfiltratie relatief eenvoudig en goedkoop uit te voeren is. De lage kostenoplossing past bovendien bij het marginaliseren van de productieomstandigheden, dit in tegenstelling tot pompgestuurde onderwaterdrains. Ook biedt deze oplossing perspectief voor het vergroten van de biodiversiteit, natuurwaarden en de mogelijkheden voor weidevogelbeheer. De praktijk is echter sceptisch en beducht voor extra vertrapping nabij de greppels, zeker bij een hoge beweidingsintensiteit, en een toename van leverbotbesmetting. Onderwaterdrains lijken wat dat betreft meer draagvlak te hebben.

Voor lisdoddeteelt moeten de opbrengsten aanzienlijk hoger zijn dan de kosten om de verhoogde voer- en mestafzetkosten ('opportunity cost') te compenseren. Ook de arbeidskosten zullen toenemen, maar dit is niet nader gekwantificeerd. Dit moet opgebracht worden uit perspectiefvolle toepassingen of uit neveninkomsten voor vernatting, bijvoorbeeld door het vergroten van natuurwaarden.

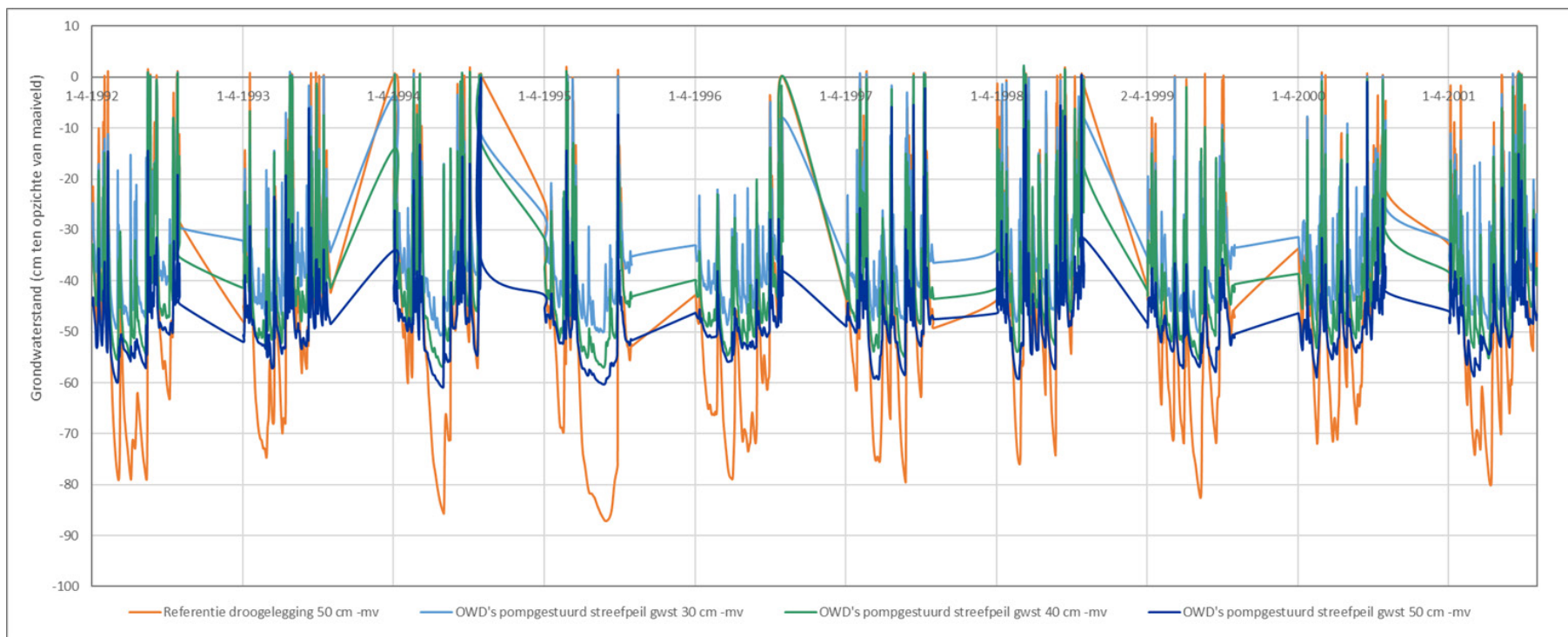
Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, J. Beuving, R.F.A. Hendriks en R.J. Wolleswinkel, 2007. Maaiveldaling, afbraak en CO₂ emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming. Den Haag, Sdu.
- Akker, J.J.H. van den en W.J.M. de Groot, 2008. Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondverdichting van zandgronden en lichte zavels. Wageningen, Alterra, rapport 1450.
- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2013a. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, rapport 2409.
- Bakel, P.J.T. van, I.E. Hoving, J. Wesseling, K. Oostindie en J.J.H. van den Akker, 2009. Effecten van flexibel peilbeheer Vlietpolder op hydrologie en melkveehouderij. Berekeningen met Waterpas voor tien weerjaren. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1974.
- Bakel, J. van en I. Hoving, 2016. Kennis over indirecte nat- en droogteschade bij gras en maïs voor Waterwijzer Landbouw. Wageningen, Alterra/Wageningen Livestock Research, Werkdocument.
- Bestman, M.W.P., J. Geurts, Y. Egas, K. van Houwelingen, F. Lenssinck, A. Koornneef, J. Pijlman, R. Vroom, N.J.M. van Eeken. 2019. Natte teelten voor het veenweidegebied: Verkenning van de mogelijkheden van lisdodde, riet, miscanthus en wilg. Louis Bolk Instituut, Bunnik. 40 p.
- Daatselaar, C.H.G., H. Prins, 2020. Vernatting Groene Hart: kostprijs melk en CO₂-prijs. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2020-017c. 20 blz.; 2 fig.; 9 tab.; 11 ref.
- Daursen, J., A. Nieuwenhuijs, G. Meijers, K. van der Leeuw, B. van de Riet, N. Hogeweg, R. van Gerwen en C. Fritz, 2016. Marktverkenning Paludicultuur. Kansen voor de landbouw in veenweidegebieden met behoud van veen. Rapport Landschap Noord-Holland en ANV Water Land en Dijken.
- Feddes, R.A., Kowalik P.J., Zaradny H. (1978) Simulation of field water use and crop yield Pudoc, Wageningen.
- Feddes R.A., Raats P.A.C. (2004) Parameterizing the soil–water–plant root system, in: R. A. Feddes, et al. (Eds.), Unsaturated-zone Modeling: Progress, Challenges, Applications Wageningen UR Frontis Series Wageningen. pp. 95-141.
- Hendriks, R.F.A, J.J.H. van den Akker, K. van Houwelingen, J. van Kleef, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Utrecht. Wageningen, Alterra, rapport 2479.
- Holshof, G., K.M. van Houwelingen en F.A.J. Lenssinck, 2011. Landbouwkundige gevolgen van peilverhoging in het veenweidegebied. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 526
- Hoving, I.E., J.A. de Vos, 2007. Gevolgen van verminderde drooglegging voor melkveebedrijven in de Krimpenerwaard. Verbeterde berekeningen voor 10 weerjaren. Lelystad, Animal Sciences Group van Wageningen UR. Rapport 88
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2008. Hydrologische en landbouwkundige effecten gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Animal Sciences Group van WUR, Lelystad. Rapport 102.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker, M. Pleijter en K. van Houwelingen, 2011. Hydrologische en land-bouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang. Wageningen, WUR-LiveStock Research, rapport 449.
- Hoving, I.E., J.A. de Boer en J. Kanis, 2013. Schadeberekening door graslandinundatie op melkveebedrijven. Wageningen, WUR-Livestock Research, rapport 700.
- Hoving, I.E., G.J. Holshof, A.G. Evers en M.H.A. de Haan 2015. Ammoniakemissie en weidegang melkvee; Verkenning weidegang als ammoniak reducerende maatregel. Lelystad, Wageningen UR (University & Research Centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 856. 45 blz.
- Hoving I.E., A., J.J.H. van den Akker, H. Massop, G.J. Holshof, K. van Houwelingen, 2018. Precisiewatermanagement met pompgestuurde onderwaterdrains op veenweidegrond. Wageningen Livestock Research, Report 1123
- Höper., H., 2007. Freizsetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren (Emissie of greenhouse gases from German peatlands), Telma 37, pp 85-116.
- Kamp, A. van der, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof en R. Zom, 2003. Voedervoorziening in BBPR. Lelystad, Animal Sciences Group, intern rapport 496.
- Kandel T. P., S. Karki, L. Elsgaard en P. Erik Lærke, 2019. Fertilizer-induced fluxes dominate annual N₂O emissions from a nitrogen-rich temperate fen rewetted for paludiculture. Nutrient Cycling in Agro ecosystems volume 115, pages57–67(2019)
- Kluge, B., Wessolek, G., Facklam, M. Lorenz, M., Schwärzel, K., 2008. Long-term carbon loss and CO₂-C release of drained peatland soils in northeast Germany. European Journal of Soil Science 59, 1076-1086
- Kroes, J. G., J.C. van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks en C.M.J. Jacobs, 2008. SWAP version 3.2: Theory description and user manual. Wageningen University & Research Center.

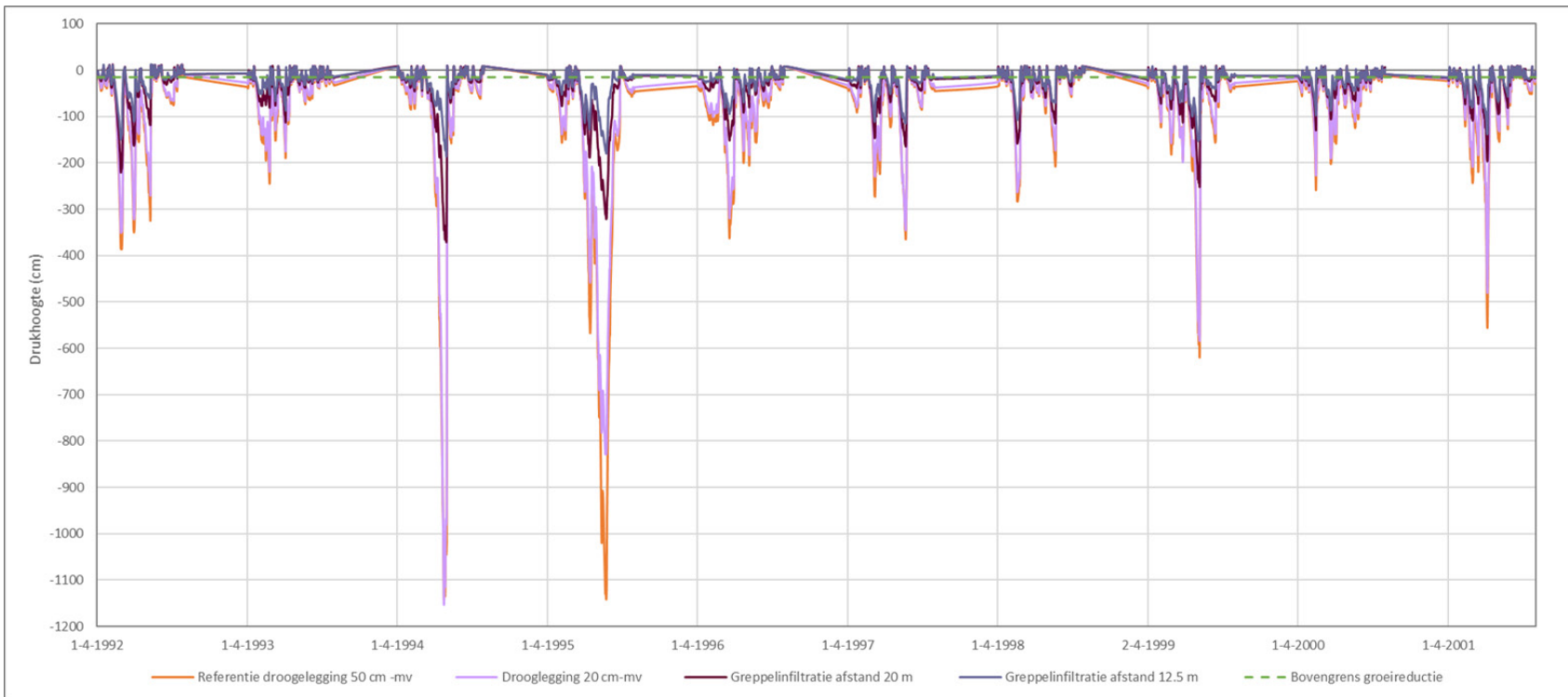
- Kuikman, P.J., J.J.H van den Akker en F. de Vries, 2005. Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 1035.
- KWIN 2019-2020. Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Handboek 31.
- Mandersloot, F., A.T.J. van Scheppingen en J.M.A. Nijssen, 1991. Modellen rundveehouderij: over-zicht en samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven. Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, publicatie nr. 72.
- Massop, H.ThL., W.J.M. de Groot en P.C. Jansen, 2017. Hydrologisch onderzoek op twee locaties nabij Assendelft en Nauerna. Wageningen Environmental Research, Notitie
- Moore, T.R. and M. Dalva, 1993. The influence of temperature and water table position on carbon dioxide and methane emissions from laboratory columns of peatland soils. *Journal of Soil Science* 44, pp 651-664.
- Pijlman, J., J. Geurts, R. Vroom, M. Bestman, C. Fritz and N. van Eekeren, 2019. The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. *Mires and Peat*, Volume 25 (2019), Article 04, 1–19.
- Pijlman, J., N. Van Eekeren, M. Bestman, 2020. Leidt intensieve lisdodde teelt tot methaanemissies? Louis Bolk Instituut, Notitie lisdodde methaan met box Radboud
- Pleijter, M., C.L. van Beek en P.J. Kuiman, 2011. Emissie van lachgas uit grasland op veengrond; Monitoring lachgasfluxen op melkveeprroefbedrijf Zegveld in de periode 2005 - 2009. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2116, 82 blz.; 40 fig.; 25 tab.; 34 ref.
- Renger, M. Wessolek, G., Schwärzel, K., Sauerbrey, R. Siewer, C., 2002. Aspects of peat conservation and water management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 487-493.
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop en R.L.G. Zom, 2007. DairyWise, A Whole-Farm Dairy Model. *Journal of Dairy Science* 90: 5334-5346.
- Schrier-Uijl, A.P., P.S. Kroon, P.A. Leffelaar, J. C. van Huissteden, F. Berendse, E. M. Veenendaal, 2010. Methane emissions in two drained peat agro-ecosystems with high and low agricultural intensity. *Plant Soil* (2010) 329:509–520
- STOWA 2013. Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verken nende berekeningen. Rapport 37.
- Van den Pol-van Dasselaar, A., 1998. Methane emissions from grasslands. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, 179 pages.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen en J.F.M. Huijsmans 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70.
- Vermeulen, J. en R.F.A. Hendriks, 1996. Bepaling van afbraaknelheden van organische stof in laagveen. Ademhalings metingen aan ongestoorde veenmonsters in het laboratorium. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 288. 124 blz.
- Vos, J.A. de, P.J.T. van Bakel, I.E. Hoving en J.G. Conijn, 2006. Waterpas-model: a predictive tool for water management, agriculture, and environment. *Agric. Wat. Man.* 86(1-2): 187-195.
- Vos, J.A. de, I.E. Hoving, P.J.T. van Bakel en R.A. Smidt, 2007. Regionale opschaling van nat- en droogteschade in de land bouw in Utrechtse veenweidegebieden. Wageningen, Alterra, rapport 1505.
- Werkgroep Normen Voor de Voederveorziening, 1991. Normen Voor de Voederveorziening. Lelystad, PR, publicatie 70.
- Westerhof, R., 2020. Factsheet natte teelten. Deeelexpeditie Natte Teelten van het Nationaal Kennisprogramma Bodem daling. In prep.
- Wessolek, G., Schwärzel, K., Renger, M. Sauerbrey, R. Siewer, C., 2002. Soil hydrology and CO₂ release of peat
- Wijk, A.L.M. van, 1984. Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden: commentaar op een litera tuuranalyse. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, rapport 9.
- Zom, R.L.G. J.W. van Riel, G. André en G. van Duinkerken, 2002. Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij, Praktijkrapport Rundvee 11.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 Grondwaterstanden

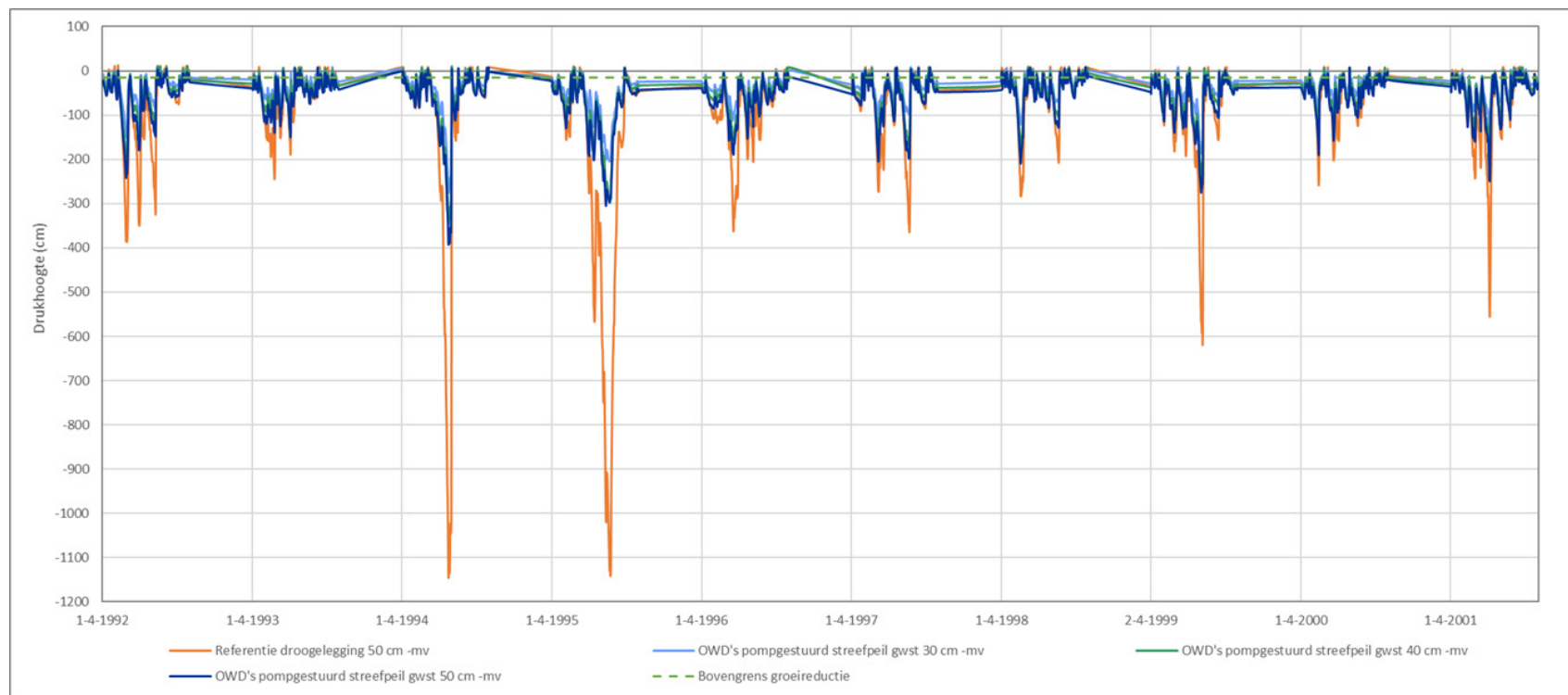


Figuur B1.1: Grondwaterstandverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm) en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van respectievelijk 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld voor de weerjaren 1992-2001.

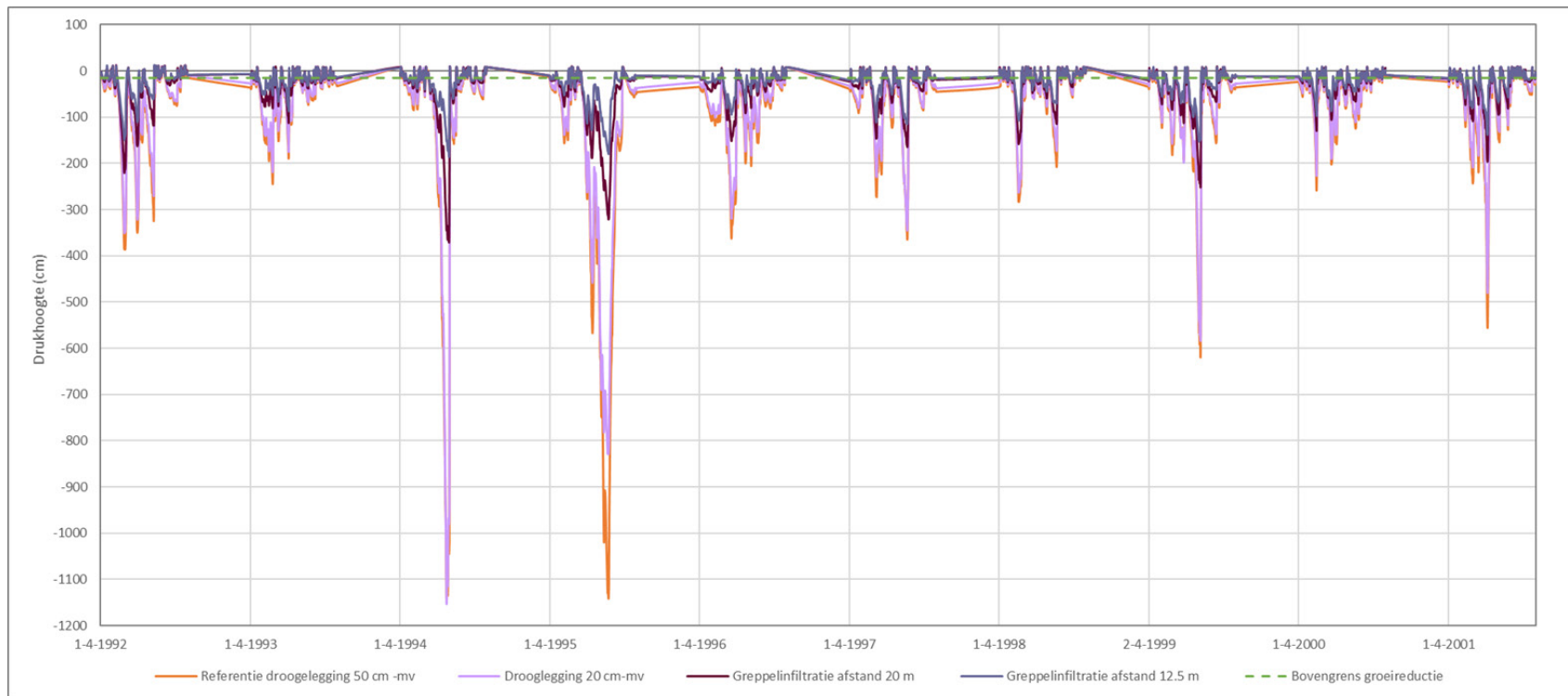


Figuur B1.1: Grondwaterstandverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm), een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van respectievelijk 12,5 en 20 m voor de weerjaren 1992-2001.

BIJLAGE 2 Drukhoogte

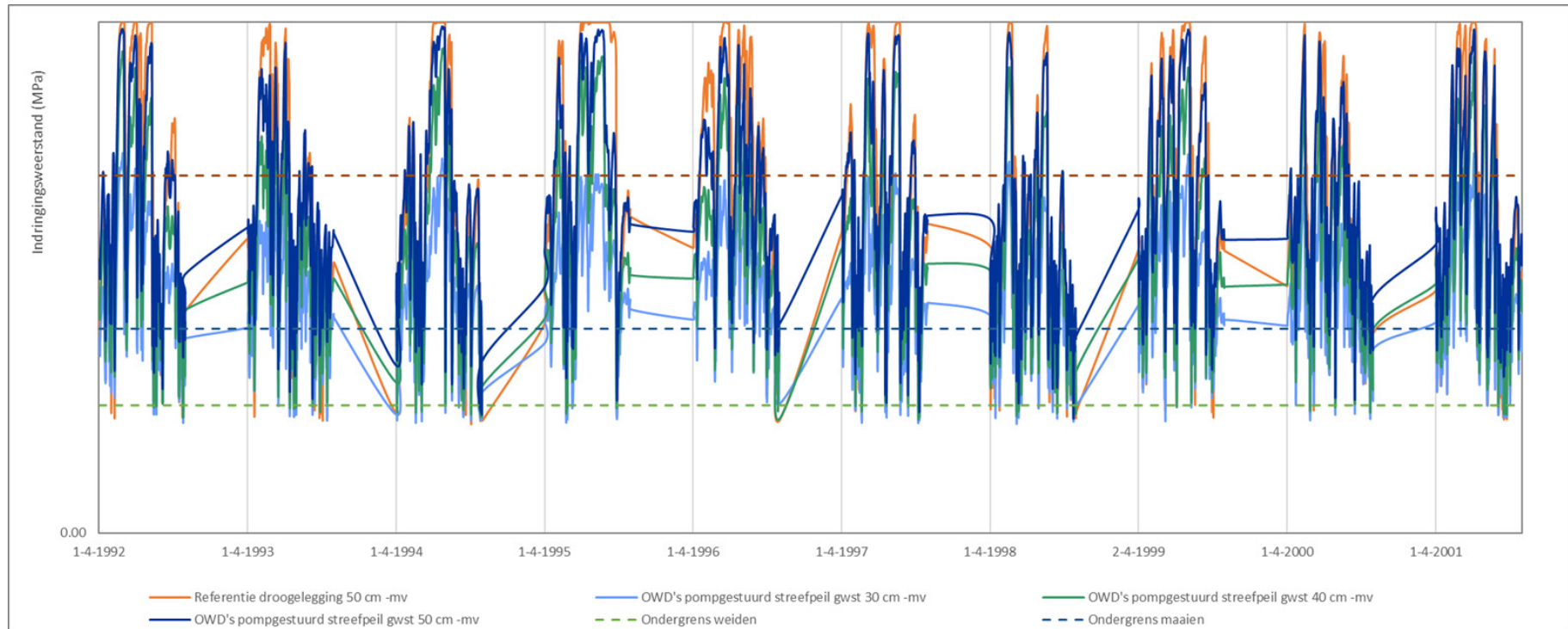


Figuur B2.1: Drukhoogteverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm) en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van respectievelijk 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld voor de weerjaren 1992-2001. De bovengrens waarbij groeireductie voor gras door zuurstof optreedt is weergegeven.

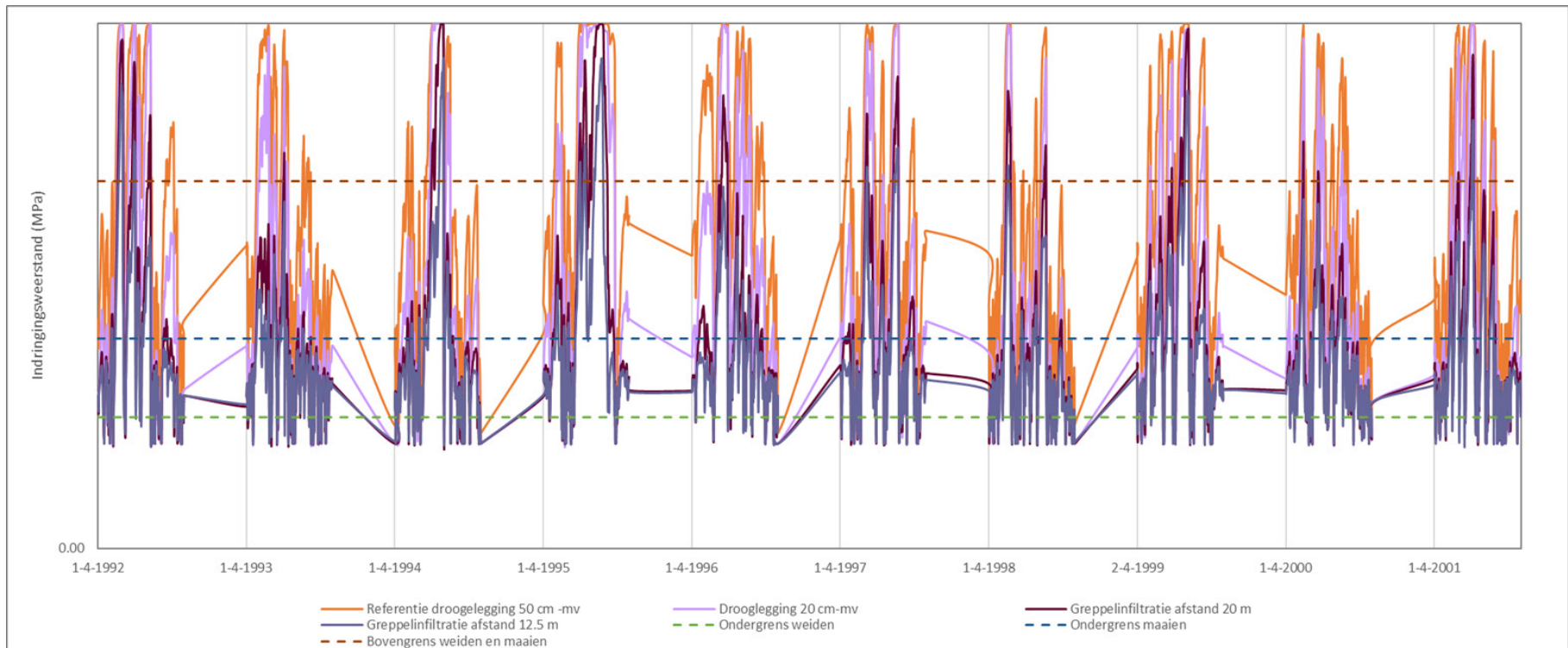


Figuur B2.2: Drukhoogteverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm), een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van respectievelijk 12,5 en 20 m voor de weerjaren 1992-2001. De bovengrens waarbij groeireductie voor gras door zuurstof optreedt is weergegeven.

BIJLAGE 3 Draagkracht

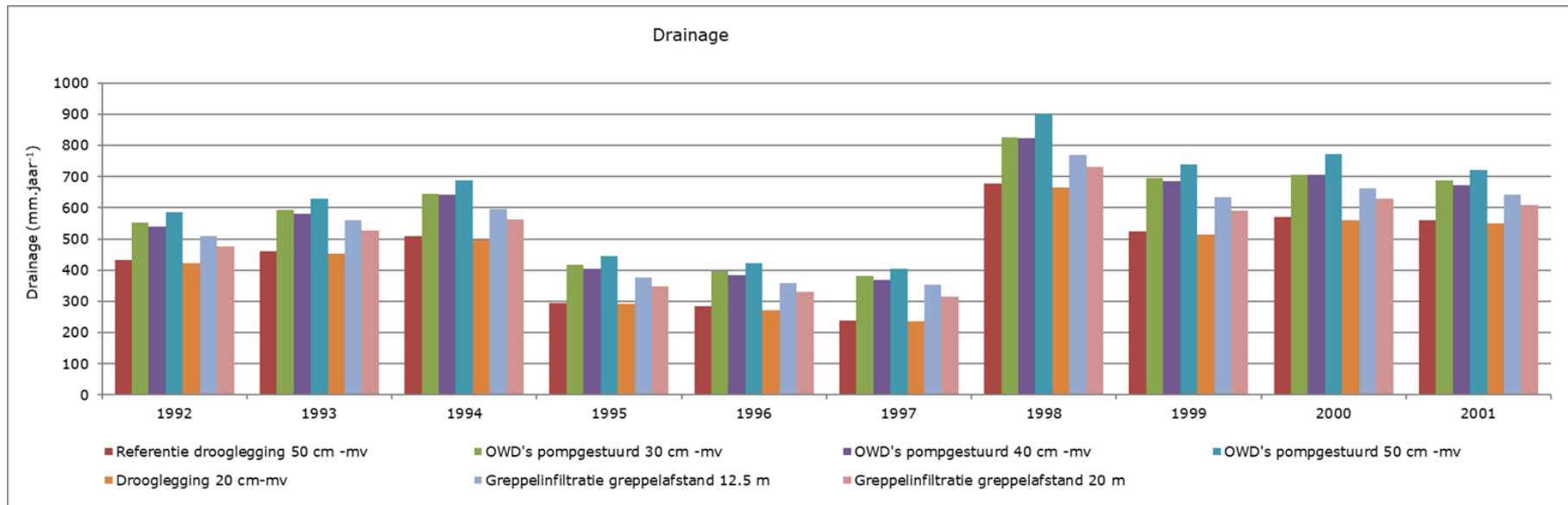


Figuur B3.1: Draagkrachtverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm) en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van respectievelijk 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld voor de weerjaren 1992-2001. De bovengrens waarbij voor weiden en maaien geen schade optreedt en de ondergrenzen waarbij de draagkracht voor maaien en weiden onvoldoende is zijn weergegeven. Tussen de boven en ondergrens treedt schade op.

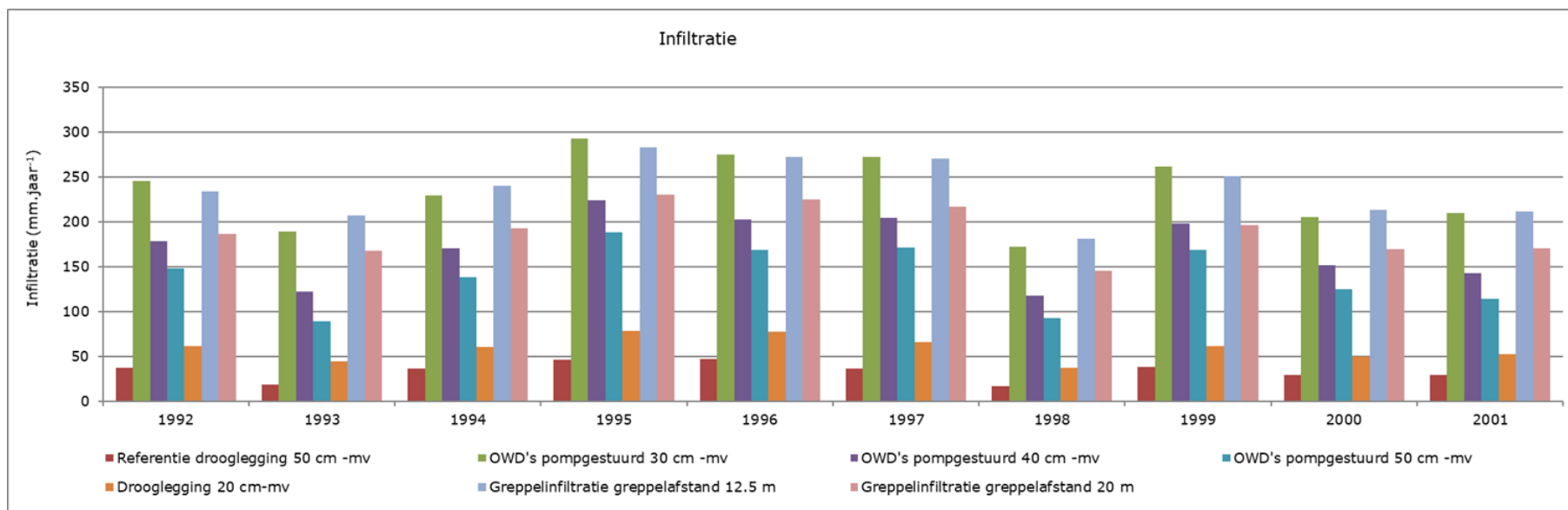


Figuur B3.2: Draagkrachtverloop voor de referentie (drooglegging 50 cm), een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van respectievelijk 12,5 en 20 m voor de weerjaren 1992-2001. De bovengrens waarbij voor weiden en maaien geen schade optreedt en de ondergrenzen waarbij de draagkracht voor maaien en weiden onvoldoende is zijn weergegeven. Tussen de boven en ondergrens treedt schade op..

BIJLAGE 4 Debieten aan- en afvoer van water



Figuur B4.1: Drainage gemiddeld per jaar (mm) voor de referentie (drooglegging 50 cm) en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van respectievelijk 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van respectievelijk 12,5 en 20 m voor de weerjaren 1992-2001.



Figuur B4.2: Infiltratie gemiddeld per jaar (mm) voor de referentie (drooglegging 50 cm) en pompgestuurde onderwaterdrains met een streefpeil voor de grondwaterstand van respectievelijk 30, 40 en 50 cm beneden maaiveld, een verminderde drooglegging van 20 cm en greppelinfiltratie met een greppelafstand van respectievelijk 12,5 en 20 m voor de weerjaren 1992-2001.

BIJLAGE 5 Melk- en voerproductie

Tabel B1: Gemiddelde waarden voor melk- en voerproductie referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

Kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Melkproductie per koe	(kg/koe)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
N-jaargift grasland	(kg/ha)	225	215	224	226	221	210	215	212	211	205	225	226	220	214	204
Oppervlakte grasland	(ha)	95.5	95.5	95.5	95.5	95.5	89.8	92.7	81.2	71.6	62.1	95.5	95.5	95.5	71.8	71.8
Bruto grasopbrengst	(kg ds/ha)	10769	9723	10817	11751	9504	8851	9695	10540	10060	10141	10592	10137	9112	10008	9300
Netto grasopbrengst	(kVEM/ha)	7259	5799	7074	8074	6115	5098	5874	7009	6610	6639	7065	6500	5426	6185	5302
Maaipercantage 1 ^e snede	(%)	55	54	55	54	56	56	59	52	46	42	55	54	53	40	37
Maaipercantage overige	(%)	166	122	150	190	157	127	143	135	103	84	155	142	122	87	77
Maaipercantage beheer	(%)	8	8	8	8	8	7	7	8	9	6	8	8	7	10	9
Maaipercantage totaal	(%)	229	184	212	252	222	190	210	195	159	132	217	203	182	138	123
Voeropbrengst	(ton ds)	547	426	535	618	463	360	462	410	297	216	531	484	380	263	208
Energie voer totaal	(VEM/kg ds)	832	817	831	837	825	808	812	828	820	829	828	823	812	813	800
Zelfvoorzieningsgraad	(%)	97	78	93	113	81	67	80	77	63	53	93	86	73	60	52

Tabel B2 Standaard afwijking voor melk- en voerproductie referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Melkproductie per koe	(kg/koe)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-jaargift grasland	(kg/ha)	10	12	6	9	8	10	9	7	8	7	7	8	11	8	21
Oppervlakte grasland	(ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruto grasopbrengst	(kg ds/ha)	813	984	782	532	1359	1398	1300	573	526	521	632	779	1326	607	834
Netto grasopbrengst	(kVEM/ha)	579	627	534	362	976	966	896	447	430	434	401	508	910	390	589
Maaipercantage 1 ^e snede	(%)	5	4	4	4	6	5	4	8	8	11	5	7	5	7	5
Maaipercantage overige	(%)	25	16	19	15	18	24	21	21	19	25	16	21	17	13	17
Maaipercantage beheer	(%)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Maaipercantage totaal	(%)	24	16	20	17	19	22	21	21	23	28	16	25	20	17	18
Voeropbrengst	(ton ds)	55	74	60	38	113	105	110	40	33	33	37	58	111	27	50
Energie voer totaal	(VEM/kg ds)	5	17	6	4	11	25	25	5	6	7	5	13	22	12	27
Zelfvoorzieningsgraad	(%)	10	10	8	7	14	13	14	5	4	4	6	7	14	4	7

Tabel B3 Minimale waarden voor melk- en voerproductie referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Melkproductie per koe	(kg/koe)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
N-jaargift grasland	(kg/ha)	202	199	210	202	210	199	203	198	200	194	210	211	196	197	151
Oppervlakte grasland	(ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruto grasopbrengst	(kg ds/ha)	9617	8039	9311	10429	6586	6642	7064	9505	9229	9178	9657	8719	6905	9184	8171
Netto grasopbrengst	(kVEM/ha)	6461	4833	6158	7289	3792	3559	4030	6257	5943	5869	6592	5631	3980	5670	4377
Maaipercantage 1 ^e snede	(%)	43	48	46	46	44	46	52	32	27	17	43	41	45	27	27
Maaipercantage overige	(%)	128	88	131	155	132	75	114	94	64	41	140	97	97	62	52
Maaipercantage beheer	(%)	6	8	6	6	6	6	6	7	8	4	6	6	6	10	8
Maaipercantage totaal	(%)	192	156	192	214	204	143	180	156	121	92	202	148	156	104	99
Voeropbrengst	(ton ds)	452	304	441	534	192	195	244	354	251	171	468	380	203	219	120
Energie voer totaal	(VEM/kg ds)	822	776	822	830	806	766	766	818	809	813	821	796	766	797	758
Zelfvoorzieningsgraad	(%)	84	63	80	102	49	48	53	69	58	48	85	73	52	54	41

Tabel B4

Maximale waarden voor melk- en voerproductie referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 1.5 % bedrijfsareaal	Paludi 2.5 % bedrijfsareaal	Paludi 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Melkproductie per koe	(kg/koe)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
N-jaarqif grasland	(kg/ha)	233	230	231	235	232	213	224	220	217	213	234	237	234	222	220
Oppervlakte grasland	(ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruto grasopbrengst	(kg ds/ha)	11990	11123	11769	12322	11022	11331	11695	11548	10966	10955	11564	11099	11453	10868	10765
Netto grasopbrengst	(kVEM/ha)	8197	6547	7809	8531	7050	6701	7417	7804	7306	7288	7893	7252	6891	6825	6402
Maaipercantage 1 ^e snede	(%)	58	60	58	58	64	62	64	60	55	53	58	60	60	47	44
Maaipercantage overige	(%)	204	137	187	211	200	151	173	171	142	137	183	181	145	104	99
Maaipercantage beheer	(%)	8	8	8	8	8	8	8	9	10	7	8	8	8	10	10
Maaipercantage totaal	(%)	256	198	251	278	266	212	237	235	207	197	249	245	210	158	144
Voeropbrengst	(ton ds)	628	529	627	666	588	540	637	470	340	274	603	565	559	299	301
Energie voer totaal	(VEM/kg ds)	839	836	841	841	840	851	848	835	827	837	836	839	847	829	853
Zelfvoorzieningsgraad	(%)	114	93	104	123	95	92	105	86	69	58	105	96	100	65	65

Tabel B5 Verschil melk- en voerproductie ten opzichte van de referentiesituatie voor de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodeeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 2,0 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Melkproductie per koe	(kg/koe)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-jaargift grasland	(kg/ha)	0	-10	-1.1	1.2	-3.5	-14.6	-9.7	-12.4	-13.4	-19.3	0.1	1.6	-5	-11	-20.6
Oppervlakte grasland	(ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruto grasopbrengst	(kg ds/ha)	0	-1046.3	47.3	981.6	-1265.2	-1918.4	-1074.1	-229.3	-709.8	-628.2	-177.4	-632.1	-1657.5	-761.8	-1469.6
Netto grasopbrengst	(kVEM/ha)	0	-1459.5	-185	815.1	-1144	-2160.4	-1384.6	-249.9	-648.9	-619.8	-194.1	-758.8	-1832.7	-1073.4	-1956.4
Maaipercantage 1 ^e snede	(%)	0	-0.6	0.5	-0.8	1.4	1	4.5	-3	-9.1	-12.9	-0.1	-0.6	-1.8	-14.8	-18.2
Maaipercantage overige	(%)	0	-44.7	-16.7	23.7	-9	-39.1	-23.4	-31.9	-63.2	-82.3	-11.6	-24.8	-44.6	-79.2	-89.2
Maaipercantage beheer	(%)	0	0.2	-0.2	-0.2	0	-0.8	-0.4	0.6	1.6	-1.4	0	0	-0.4	2.2	1.6
Maaipercantage totaal	(%)	0	-45	-16.7	22.7	-7.2	-38.8	-19.4	-34	-70.3	-96.9	-11.7	-25.6	-46.7	-91.1	-105.6
Voeropbrengst	(ton ds)	0	-120.7	-12.1	71.2	-83.3	-186.4	-85	-136.3	-249.9	-330.7	-15.8	-62.6	-166.6	-283.5	-338.4
Energie voer totaal	(VEM/kg ds)	0	-14.6	-0.3	5	-7	-23.3	-19.9	-3.3	-12	-3.1	-3.3	-8.7	-19.4	-18.6	-31.5
Zelfvoorzieningsgraad	(%)	0	-19.1	-3.6	16.2	-15.6	-29.7	-16.7	-19.7	-33.3	-43.3	-3.7	-11.1	-24.2	-37.1	-44.6

BIJLAGE 6 Grasopname

Tabel B6 Gemiddelde waarden voor grasopname referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Opname gras per koe	(kg ds)	1042	911	1020	1106	893	748	770	1020	1015	1027	1036	1005	975	1016	969
Opname ruwvoer per koe	(kg ds)	3268	3349	3281	3204	3387	3460	3450	3274	3256	3230	3278	3287	3287	3245	3265
Opname bijproducten per koe	(kg ds)	849	870	851	840	873	894	893	852	854	852	849	854	858	853	858
Opname krachtvoer per koe	(kg)	2538	2560	2540	2531	2562	2584	2582	2542	2544	2542	2539	2543	2547	2543	2548

Tabel B7 Standaard afwijking voor grasopname referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Opname gras per koe	(kg ds)	67.7	39.3	50.6	44.7	61.4	51.3	55.0	54.0	67.4	75.3	60.9	53.9	82.3	46.8	63.4
Opname ruwvoer per koe	(kg ds)	69.3	41.2	39.7	45.4	50.8	56.7	71.1	42.9	56.9	62.6	53.1	47.9	85.5	39.8	52.0
Opname bijproducten per koe	(kg ds)	9.1	6.6	8.3	6.6	8.9	7.0	8.7	8.7	10.5	10.9	9.5	8.0	12.2	7.6	9.6
Opname krachtvoer per koe	(kg)	8.4	7.7	8.0	7.1	7.7	7.0	8.6	8.7	10.3	10.7	9.1	7.9	11.9	8.2	10.1



Tabel B8 Minimale waarden voor grasopname referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Opname gras per koe	(kg ds)	921	834	930	1036	807	678	677	900	873	856	922	902	846	937	869
Opname ruwvoer per koe	(kg ds)	3160	3257	3227	3156	3318	3323	3279	3225	3182	3159	3199	3212	3137	3196	3192
Opname bijproducten per koe	(kg ds)	838	862	840	830	860	883	880	842	840	840	838	840	842	842	844
Opname krachtvoer per koe	(kg)	2528	2551	2529	2520	2549	2573	2573	2532	2530	2531	2528	2530	2532	2531	2533

Tabel B9 Maximale waarden voor grasopname referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde-teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Opname gras per koe	(kg ds)	1145	950	1087	1174	979	854	870	1088	1121	1114	1117	1098	1077	1099	1062
Opname ruwvoer per koe	(kg ds)	3405	3404	3362	3274	3466	3523	3560	3380	3381	3377	3381	3377	3406	3325	3340
Opname bijproducten per koe	(kg ds)	867	883	865	850	885	903	907	872	876	877	867	869	879	864	876
Opname krachtvoer per koe	(kg)	2553	2575	2554	2544	2572	2590	2597	2561	2565	2566	2554	2557	2570	2555	2568

Tabel B10 Verschil grasopname ten opzichte van de referentiesituatie voor de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik...

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Opname gras per koe	(kg ds)	0	-131	-22,3	63,9	-149,2	-294,3	-272,5	-22,3	-27,7	-15,7	-6,3	-37,3	-67,9	-26,1	-73
Opname ruwvoer per koe	(kg ds)	0	80,8	1,3	-63,5	118,9	191,7	181,8	5,9	-11,6	-37,4	9,8	18,7	18,9	-22,4	-2,7
Opname bijproducten per koe	(kg ds)	0	21,4	1,6	-8,6	24	45,2	43,6	3,2	4,6	2,8	0,2	4,9	9,3	3,5	9,2
Opname krachtvoer per koe	(kg)	0	21,9	1,6	-7,5	23,3	45,8	44,2	3,7	5,6	4,2	0,3	5,2	9,1	4,7	9,5

BIJLAGE 7 Aan- en verkoop voer

Tabel B11 Gemiddelde waarden voor aan- en verkoop voer referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop ruwvoer totaal	(ton ds)	51	205	68	0	174	314	196	206	326	417	69	130	252	360	433
Aankoop graskuil	(ton ds)	28	151	42	0	124	250	143	156	277	370	37	85	204	312	383
Aankoop snijmais	(ton ds)	23	54	25	0	51	64	53	50	49	48	32	46	48	48	50
Aankoop overig rv	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop bijproducten	(ton ds)	182	187	183	181	188	192	192	183	183	183	182	183	184	183	184
Aankoop krachtvoer totaal	(ton)	567	570	566	568	570	570	577	562	559	548	566	567	567	561	562
Verkoop ruwvoer totaal	(ton ds)	4	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop graskuil	(ton ds)	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop snijmais	(ton ds)	3	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B12 Standaard afwijking voor aan- en verkoop voer referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop ruwvoer totaal	(ton ds)	56	89	62	0	124	126	123	50	40	35	46	65	130	36	63
Aankoop graskuil	(ton ds)	34	83	45	0	116	119	110	49	39	35	28	57	120	34	61
Aankoop snijmais	(ton ds)	23	9	18	0	16	11	24	4	5	5	20	12	17	3	4
Aankoop overig rv	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop bijproducten	(ton ds)	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Aankoop krachtvoer totaal	(ton)	5	8	5	6	7	11	16	6	5	2	4	5	12	6	9
Verkoop graskuil/ruwvoer	(ton ds)	11	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop graskuil	(ton ds)	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop snijmais	(ton ds)	11	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B13 Minimale waarden voor aan- en verkoop voor referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 2,0 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop ruwvoer totaal	(ton ds)	0	63	0	0	45	70	0	118	263	364	0	39	4	305	308
Aankoop graskuil	(ton ds)	0	34	0	0	20	35	0	73	221	322	0	17	2	262	265
Aankoop snijmais	(ton ds)	0	30	0	0	25	34	0	45	42	42	0	21	2	43	43
Aankoop overig rv	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop bijproducten	(ton ds)	180	185	181	178	185	190	189	181	180	181	180	180	181	181	181
Aankoop krachtvoer totaal	(ton)	558	555	560	556	557	554	556	554	551	545	560	561	548	552	546
Verkoop graskuil/ruwvoer	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop graskuil	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop snijmais	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B14 Maximale waarden voor aan- en verkoop voer referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop ruwvoer totaal	(ton ds)	142	343	185	0	464	493	448	284	389	475	132	249	427	409	541
Aankoop graskuil	(ton ds)	96	280	130	0	409	426	380	232	337	425	85	197	380	360	489
Aankoop snijmais	(ton ds)	52	63	55	0	65	72	74	58	59	60	53	58	63	54	58
Aankoop overig rv	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop bijproducten	(ton ds)	186	190	186	183	190	194	195	187	188	188	186	187	189	186	188
Aankoop krachtvoer totaal	(ton)	575	586	576	577	579	595	604	571	565	551	574	578	592	574	572
Verkoop graskuil/ruwvoer	(ton ds)	561	548	562	564	554	547	567	548	537	522	560	553	551	542	537
Verkoop graskuil	(ton ds)	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Verkoop snijmais	(ton ds)	21	46	21	18	33	49	51	23	29	32	23	35	37	34	48

Tabel B15

Verskil aan- en verkoop voer ten opzichte van de referentiesituatie voor de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop ruwvoer totaal	(ton ds)	0	154	17	-51	124	263	145	156	276	366	18	79	201	309	383
Aankoop graskuil	(ton ds)	0	122	14	-28	96	222	115	128	249	341	8	56	176	284	355
Aankoop snijmais	(ton ds)	0	32	3	-23	28	42	30	28	26	25	10	23	26	25	27
Aankoop overig rv	(ton ds)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop bijproducten	(ton ds)	0	5	0	-2	5	10	9	1	1	1	0	1	2	1	2
Aankoop krachtvoer totaal	(ton)	0	3	-1	1	3	3	10	-5	-8	-19	-1	0	0	-6	-5
Verkoop ruwvoer totaal	(ton ds)	0	-4	-3	43	-3	-4	-4	-3	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-4
Verkoop graskuil	(ton ds)	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkoop snijmais	(ton ds)	0	-3	-3	37	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

BIJLAGE 8 Aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijf-

Tabel B16 Gemiddelde waarden voor aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

Kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 1.5 % bedrijfsareaal	Paludl 2.5 % bedrijfsareaal	Paludl 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
Aankoop N-kunstmest	(kg N)	14772	13869	96895	14706	14346	12598	13385	14601	13412	11772	14801	14970	14413	13695	12846
Aankoop P-kunstmest	(kg P2O5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop K-kunstmest	(kg K2O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Uitrijden drijfmest	(m3)	4700	4938	4731	4671	4937	4833	4973	2997	2595	2158	4767	4836	4894	2349	2377
Afvoer drijfmest	(ton)	450	72	406	642	171	166	82	1630	2263	3044	666	633	627	2946	2974

Tabel B17 Standaard afwijking voor aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeleelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)															
		Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 15 % bedrijfsareaal	Paludl 25 % bedrijfsareaal	Paludl 35 % bedrijfsareaal	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)		
Aankoop N-kunstmest	(kg N)	996	1192	550	847	724	826	834	645	622	415	731	788	994	644	1509	
Aankoop P-kunstmest	(kg P2O5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aankoop K-kunstmest	(kg K2O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	
Uitrijden drijfmest	(m3)	53	69	48	45	65	62	104	56	87	105	59	30	89	57	68	
Afvoer drijfmest	(ton)	124	79	98	101	104	117	91	75	59	55	44	35	90	37	65	

Tabel B18 Minimale waarden voor aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,5 m	Greppelinfiltratie 2.0 m	Paludi 1.5 % bedrijfsareaal	Paludi 2.5 % bedrijfsareaal	Paludi 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (7.5%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (2.5%) + Paludi (2.5%)
Aankoop N-kunstmest	(kg N)	12350	12130	13305	12477	13208	11453	11957	10727	10172	8990	13152	13324	12530	9974	6752
Aankoop P-kunstmest	(kg P2O5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop K-kunstmest	(kg K2O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uitrijden drijfmest	(m3)	4624	4804	4650	4605	4834	4738	4844	4327	3697	3077	4694	4805	4733	3351	3342
Afvoer drijfmest	(ton)	265	0	282	476	0	0	0	977	1444	1995	611	564	428	1965	1910

Tabel B19 Maximale waarden voor aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop N-kunstmest	(kg N)	15511	15304	15138	15714	15408	12946	14230	12697	11600	10282	15746	16026	15790	12023	11995
Aankoop P-kunstmest	(kg P2O5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop K-kunstmest	(kg K2O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0
Uitrijden drijfmest	(m3)	4803	5031	4809	4749	5038	4932	5182	4522	4006	3423	4853	4888	4990	3556	3579
Afvoer drijfmest	(ton)	602	231	616	808	326	349	253	1206	1623	2159	743	668	773	2071	2116

Tabel B20 Verschil aankoop meststoffen, uitrijden en afvoer drijfmest ten opzichte van de referentiesituatie voor de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeleelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 2,0 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
Aankoop N-kunstmest	(kg N)	0	-903	82124	-66	-426	-2173	-1387	-171	-1360	-3000	30	198	-358	-1076	-1926
Aankoop P-kunstmest	(kg P2O5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aankoop K-kunstmest	(kg K2O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Uitrijden drijfmest	(m3)	0	238	31	-29	237	133	273	-1703	-2105	-2542	67	136	194	-2351	-2323
Afvoer drijfmest	(ton)	0	-378	-45	192	-279	-284	-368	1180	1813	2594	216	183	177	2496	2524

BIJLAGE 9 Belangrijkste kosten

Tabel B21 Gemiddelde waarden voor aankoop voer, kunstmest, loonwerk, mestafzet en vernattingsmaatregelen voor de referentiesituatie en de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 15 % bedrijfsareaal	Paludl 25 % bedrijfsareaal	Paludl 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
Kosten voer	(eur)	173542	196294	176162	161368	192021	211686	197711	196893	214178	225133	176520	185077	201346	214072	224251
Kosten kunstmest	(eur)	13654	12524	13716	13773	13167	10934	11831	13731	12360	10832	14061	14222	13693	12919	12112
Kosten loonwerk	(eur)	56847	52934	54601	56116	56568	51179	56210	41934	38564	34596	55495	54369	50919	36567	35277
Kosten mestafvoer	(eur)	4951	797	4461	7065	1877	1831	903	17925	24895	33483	7325	6958	6893	32403	32716
Kosten maatregelen	(eur)	0	56631	56631	56631	0	3818	1455	-218	-364	-509	15189	15189	18053	14825	17098

Tabel B22 Standaard afwijking voor aankoop voer, kunstmest, loonwerk, mestafzet en vernattingsmaatregelen voor de referentiesituatie en de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid															
		Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 1.5 % bedrijfsareaal	Paludl 2.5 % bedrijfsareaal	Paludl 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
Kosten voer	(eur)	7733	10027	8068	5088	15281	14673	12975	6234	5465	4914	5986	8043	15079	4870	7205
Kosten kunstmest	(eur)	963	1349	780	897	1039	836	835	955	913	695	694	749	944	739	1736
Kosten loonwerk	(eur)	2284	1375	1561	1659	1554	3362	1897	1857	1674	1995	1430	2281	3987	1181	1702
Kosten loonwerk	(eur)	1365	869	1080	1108	1147	1286	1000	1214	959	885	486	389	995	604	1049
Kosten maatregelen	(eur)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B23

Minimale waarden voor aankoop voer, kunstmest, loonwerk, mestafzet en vernattingsmaatregelen voor de referentiesituatie en de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde-teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 15 % bedrijfsareaal	Paludl 25 % bedrijfsareaal	Paludl 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
Kosten voer	(eur)	163717	183662	167664	154219	176736	187190	177124	185342	205713	217471	166768	172834	175842	206606	211057
Kosten kunstmest	(eur)	11506	10635	12032	11565	11929	9820	10547	11596	10217	9191	12494	12658	11903	11398	7682
Kosten loonwerk	(eur)	53076	50374	52587	53776	53258	43475	54003	38693	35801	31635	53961	49413	42363	34207	31841
Kosten loonwerk	(eur)	2912	0	3101	5239	0	0	0	15809	23352	32278	6719	6204	4707	31788	30892
Kosten maatregelen	(eur)	0	56631	56631	56631	0	3818	1455	-218	-364	-509	15189	15189	18053	14825	17098

Tabel B24 Maximale waarden voor aankoop voer, kunstmest, loonwerk, mestafzet en vernattingsmaatregelen voor de referentiesituatie en de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 cm	Greppelinfiltratie 20 cm	Paludi 1.5 % bedrijfsareaal	Paludi 2.5 % bedrijfsareaal	Paludi 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (7.5%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (5.0%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (2.5%)
Kosten voer	(eur)	185729	212363	190371	165901	227981	235831	225148	207168	222656	233793	183871	198682	224780	221095	234620
Kosten kunstmest	(eur)	14617	14374	14614	14748	14746	12965	13300	14661	12996	11480	14959	15224	15001	13746	13714
Kosten loonwerk	(eur)	59663	53933	58156	57903	58842	54191	59115	45120	41936	38710	58347	58304	54637	38088	37220
Kosten loonwerk	(eur)	6622	2538	6775	8888	3586	3841	2784	19509	26259	34917	8175	7349	8503	33498	34237
Kosten maatregelen	(eur)	0	56631	56631	56631	0	3818	1455	-218	-364	-509	15189	15189	18053	14825	17098

Tabel B25 Verschil voor de aankoop voer, kunstmest, loonwerk, mestafzet en vernattingsmaatregelen voor de referentiesituatie en de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv														
		OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 1.5 % bedrijfsareaal	Paludl 2.5 % bedrijfsareaal	Paludl 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)	
Kosten voer	(eur)	0	22751	2620	-12175	18479	38143	24168	23351	40636	51590	2978	11535	27803	40530	50708
Kosten kunstmest	(eur)	0	-1129	63	119	-487	-2720	-1823	77	-1293	-2822	408	568	39	-735	-1541
Kosten loonwerk	(eur)	0	-3913	-2246	-731	-279	-5668	-637	-14913	-18283	-22251	-1352	-2478	-5928	-20280	-21570
Kosten mestafvoer	(eur)	0	-4154	-490	2114	-3073	-3119	-4048	12975	19944	28533	2375	2008	1943	27452	27765
Kosten maatregelen	(eur)	0	56631	56631	56631	0	3818	1455	-218	-364	-509	15189	15189	18053	14825	17098

BIJLAGE 10 Mineralenbalans

Tabel B26 Gemiddelde waarden voor mineralenbalans N en P referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 1.5 % bedrijfsareaal	Paludl 2.5 % bedrijfsareaal	Paludl 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
N-aanvoer	(kg/ha)	546	559	542	536	549	586	556	598	641	720	532	547	572	658	673
N-afvoer	(kg/ha)	104	104	103	111	104	109	106	118	130	146	103	103	103	130	130
N-overschot	(kg/ha)	442	455	439	425	445	478	451	480	511	574	429	444	469	528	543
P-aanvoer	(kg/ha)	26	32	27	25	31	37	33	36	45	55	27	29	34	47	51
P-afvoer	(kg/ha)	23	21	23	24	22	24	23	31	39	49	22	22	22	39	39
P-overschot	(kg/ha)	4	10	5	1	9	13	10	5	7	6	5	7	12	8	11

Tabel B27 Standaard afwijking voor mineralenbalans N en P en uitrijden drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde- teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv																
			OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 1,2,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)		
N-aanvoer	(kg/ha)	12	19	10	8	27	28	26	13	8	12	10	15	32	11	25		
N-afvoer	(kg/ha)	1	1	0	8	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1		
N-overshot	(kg/ha)	12	19	9	8	27	28	25	13	8	12	10	15	31	11	25		
P-aanvoer	(kg/ha)	2	3	2	0	4	4	4	2	2	2	1	2	4	1	3		
P-afvoer	(kg/ha)	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1		
P-overshot	(kg/ha)	2	2	2	1	4	4	3	2	2	2	1	2	3	1	2		

Tabel B28 Minimale waarden voor mineralenbalans N en P en uitrijden drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde-teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik..

kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludl 1.5 % bedrijfsareaal	Paludl 2.5 % bedrijfsareaal	Paludl 3.5 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludl (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludl (25%)
N-aanvoer	(kg/ha)	531	529	532	515	517	533	521	582	630	708	519	533	510	644	625
N-afvoer	(kg/ha)	103	102	103	103	103	107	104	117	130	146	103	102	101	130	129
N-overshot	(kg/ha)	427	427	428	411	413	426	417	464	500	562	415	429	409	513	495
P-aanvoer	(kg/ha)	25	28	25	25	27	30	27	33	43	53	25	26	27	45	46
P-afvoer	(kg/ha)	22	20	22	22	21	23	21	31	38	48	22	21	20	39	38
P-overshot	(kg/ha)	2	8	2	-1	5	7	5	2	4	3	3	4	7	6	7

Tabel B29 Maximale waarden voor mineralenbalans N en P en uitrijden drijfmest referentiesituatie en varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdodde- teelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

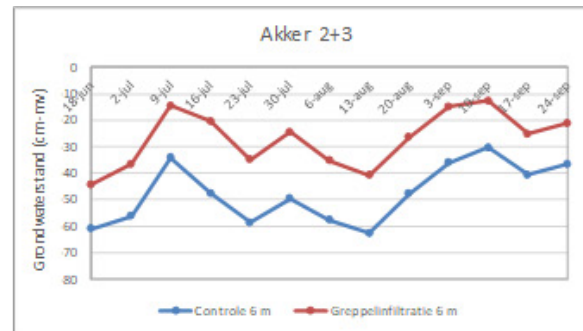
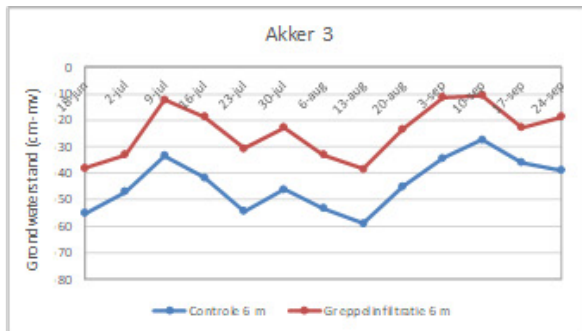
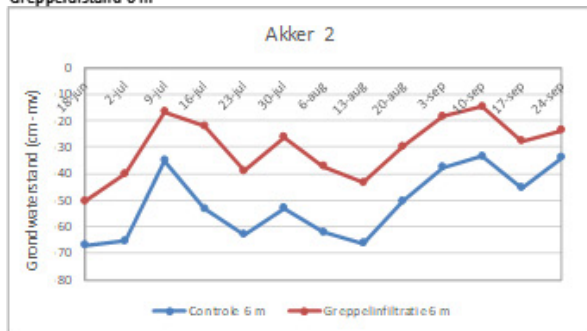
kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
N-aanvoer	(kg/ha)	569	598	560	545	614	627	610	620	652	739	549	582	616	675	710
N-afvoer	(kg/ha)	106	104	104	125	104	109	107	118	131	147	104	104	104	131	131
N-overshot	(kg/ha)	466	495	456	434	511	518	504	502	522	593	446	478	512	545	579
P-aanvoer	(kg/ha)	29	36	30	25	41	44	41	39	48	58	29	33	40	49	55
P-afvoer	(kg/ha)	23	22	23	26	22	25	24	31	39	50	23	22	23	40	40
P-overshot	(kg/ha)	7	14	8	2	18	19	17	8	9	9	7	11	17	10	15

Tabel B30 Verschil mineralenbalans N en P ten opzichte van de referentiesituatie voor de varianten pompgestuurde onderwaterdrains, greppelinfiltratie, paludicultuur (lisdoddeteelt) en combinaties van watermaatregelen en grondgebruik.

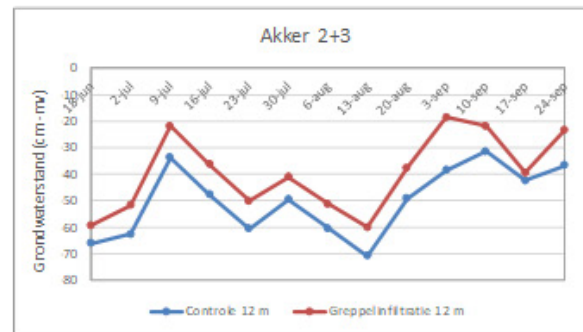
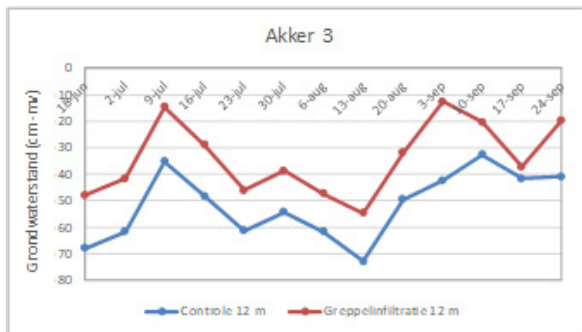
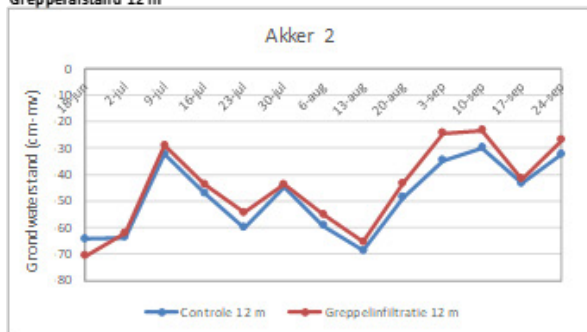
kenmerken	Eenheid	Referentie drooglegging 50 cm -mv	OWD's pomp 30 cm -mv	OWD's pomp 40 cm -mv	OWD's pomp 50 cm -mv	Drooglegging 20 cm -mv	Greppelinfiltratie 12,5 m	Greppelinfiltratie 20 m	Paludi 15 % bedrijfsareaal	Paludi 25 % bedrijfsareaal	Paludi 35 % bedrijfsareaal	Referentie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 cm (75%) + OWD's pomp (25%)	Greppelinfiltratie (75%) + OWD's pomp (25%)	Drooglegging 20 (50%) + OWD's pomp + Paludi (25%)	Greppelinfiltratie (50%) + OWD's pomp (25%) + Paludi (25%)
N-aanvoer	(kg/ha)	0	13	-4	-10	3	40	10	52	95	174	-14	1	26	112	127
N-afvoer	(kg/ha)	0	0	0	7	0	5	2	14	27	43	0	-1	-1	27	27
N-overshot	(kg/ha)	0	13	-4	-17	3	35	8	37	69	132	-14	2	26	85	101
P-aanvoer	(kg/ha)	0	5	1	-1	4	11	6	10	19	29	1	3	7	21	24
P-afvoer	(kg/ha)	0	-1	0	1	-1	2	0	9	16	26	0	-1	-1	17	17
P-overshot	(kg/ha)	0	6	1	-3	5	9	6	1	3	2	1	3	8	4	7

BIJLAGE 11 Grondwaterstanden greppelinfiltratie 2020

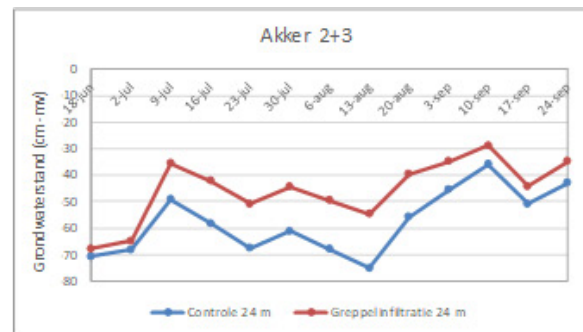
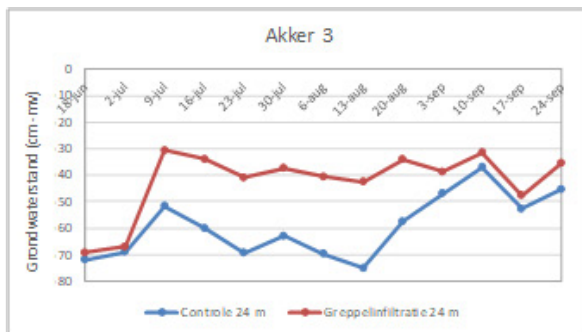
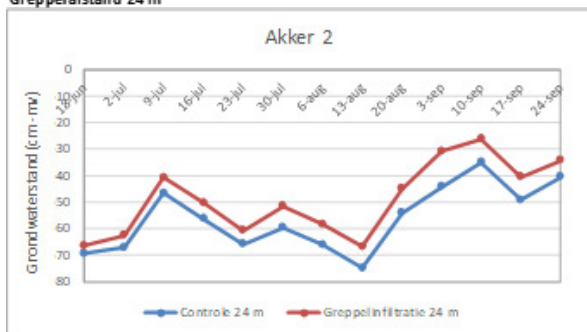
Greppelafstand 6 m



Greppelafstand 12 m



Greppelafstand 24 m





Het IPV is een initiatief van Landschap Noord-Holland en de Vereniging voor Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer Water, Land & Dijken.

In dit project werkten we samen met provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, gemeente Zaanstad, Wageningen UR Livestock Research, B-ware en The Spring Company.

Het IPV is gefinancierd door de provincie Noord-Holland, het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, de Gebiedscommissie Laag-Holland en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Kijk voor meer informatie op www.innovatieprogrammaveen.nl

