

Knelpunten en synergieën van klimaatadaptatie op regionaal en bedrijfsniveau

Daan Verstand, Myrjam de Graaf, Emma Knol, Hessel Woolderink



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Knelpunten en synergieën van klimaatadaptatie op regionaal en bedrijfsniveau

Daan Verstand¹, Myrjam de Graaf¹, Emma Knol², Hessel Woolderink¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Plant Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Klimaatbestendig Stedelijk en Landelijk gebied (Missie C)' (BO-43-123-008).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, december 2023

Gereviewd door:

Guido Bakema, onderzoeker bodem en water (WENR)

Akkoord voor publicatie:

Annemarie Groot, teamleider Climate Resilience

Rapport 3305

ISSN 1566-7197

Verstand, D., M. de Graaf, E. Knol, H. Woolderink. 2023. *Knelpunten en synergieën van klimaatadaptatie op regionaal en bedrijfsniveau*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3305. 66 blz.; 18 fig.; 6 tab.; 43 ref.

Trefwoorden: Klimaatadaptatie, schaalniveaus, knelpunten, synergieën

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/642476> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3305 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: WUR beeldbank - D70C331A-2EF4-4EB1-88F0F9AE79561AC0

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
1 Introductie	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 De context	11
1.2.1 Klimaatverandering en -adaptatie	11
1.2.2 Methodische context: belang van de systeembenadering en de dialoog	13
1.3 Vraagstelling	15
2 Ontwikkelde methodiek	16
2.1 Probleemanalyse en maatregelidentificatie per schaalniveau	16
2.1.1 Gebiedsanalyse natuurlijk systeem	16
2.1.2 Bedrijfsanalyse	17
2.1.3 Praktijkanalyse	18
2.2 Toetsingscriteria effecten adaptatiemaatregelen per schaalniveau	18
2.2.1 Regionaal niveau	19
2.2.2 Bedrijfsniveau	20
2.3 Conclusie en synthese effecten	21
3 Resultaten gebiedsstudie Groningen	22
3.1 Probleemanalyse en maatregelidentificatie	23
3.1.1 Gebiedsanalyse natuurlijk systeem	23
3.1.2 Bedrijfsanalyse	30
3.1.3 Praktijkanalyse	39
3.2 Scoring toetsingscriteria per schaalniveau	41
3.2.1 Met stuwtjes waterpeil verhogen	42
3.2.2 Waterberging in het gebied	42
3.2.3 Klimaatadaptieve drainage	42
3.2.4 Flexibel peilbeheer	42
3.2.5 Wateriaanvoer	43
4 Discussie: ervaringen en methodiek	44
4.1 Ervaringen en lessen opgedaan in de gebiedsstudie	44
4.1.1 Theorie en praktijk gebundeld	44
4.1.2 Ondersteunend aan de dialoog	44
4.1.3 Impact van maatregelen	44
4.2 Voorwaarden en mogelijke bijdrages methodiek aan klimaatadaptatie	45
5 Conclusie	46
Literatuur	47
Bijlage 1 Criteria methodiek	49
Bijlage 2 Scores gebiedsstudie – resultaten methodiek	54
Bijlage 3 Verslag workshop Collectief Groningen West, Waterschap Noorderzijlvest, WUR (1 december 2022)	63

Verantwoording

Rapport: 3305

Projectnummer: 3750453800

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker bodem en water, WENR

naam: Guido Bakema

datum: 12 oktober 2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Annemarie Groot

datum: 30 november 2023

Samenvatting

Zowel het boerenbedrijf als het regionale schaalniveau heeft te maken met groter wordende opgaven veroorzaakt door klimaatverandering. Beide schaalniveaus zullen zich daarop gaan aanpassen door middel van klimaatadaptatie. Dit onderzoek richt zich op het ontwikkelen van een methodiek om knelpunten en synergieën te identificeren die optreden bij klimaatadaptatie op deze twee schaalniveaus. Deze methodiek is toegepast in een gebiedsstudie in Groningen, met als doel om de methodiek te toetsen en te verkennen hoe klimaatadaptatie daar het best vormgegeven kan worden. (Grond)water is het thema waar in dit onderzoek op gefocust wordt: zowel te weinig (droogte) als te veel (lange natte periode of juist kort en hevig). De boer wil een stabiele watervoorziening (van juiste kwaliteit) voor zijn gewassen en een goed te bewerken grond, zodat hij een goede oogst kan leveren. Het waterschap wil het watersysteem op orde hebben en voorbereid zijn op droogte (waterbeschikbaarheid) en piekbuien (wateropvang en -afvoer). Ook waterkwaliteit speelt een rol (verzilting in mindere mate). In de gebiedsstudie is met lokale organisaties (Waterschap Noorderzijlvest, Agrarisch Collectief Groningen-West) de interactie tussen de schaalniveaus in beeld gebracht, zijn de knelpunten verkend en is de synergie opgezocht.

Er is sprake van een **knelpunt** als een adaptatiemaatregel slechts op één schaalniveau bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave en op het andere schaalniveau de opgave juist groter maakt. Er is sprake van **synergie** als een adaptatiemaatregel op beide schaalniveaus bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave.

De impact die dit project beoogt, is dat er in een gebied op efficiënte en effectieve wijze op beide schaalniveaus aan klimaatadaptatie wordt gewerkt, waar beide schaalniveaus baat bij hebben en geen sprake is van een vergroting van de opgave. Doelstelling van dit project is om gebieden handvatten aan te reiken om dat in beeld te brengen.

Ontwikkelde methodiek om knelpunten en synergieën te identificeren

De ontwikkelde methodiek heeft als doel om in een bepaald gebied de knelpunten en synergieën van klimaatadaptatie op twee schaalniveaus in beeld te brengen. Om dat te doen, is een aantal stappen opgesteld:

- *Probleemanalyse en maatregel-identificatie.* In deze stap wordt in de gebiedsstudie een verkenning gemaakt van de klimaatopgaven op het boerenbedrijf en het regionale schaalniveau. Met behulp van een gebiedsanalyse wordt gekeken naar geologie, geomorfologie, bodemtypen, landgebruik en klimaat van een bepaald gebied. Deze kenmerken bepalen mede de klimaatopgaven van de regio, maar bieden ook aanknopingspunten voor adaptatie. Daarnaast richt een bedrijfsanalyse zich op de landbouwbedrijven die aanwezig zijn in het casusgebied. Er wordt bepaald welke klimaatrisico's er spelen voor deze sector(en) en hoe daar met maatregelen mee omgegaan kan worden. Beide analyses worden samengebracht in een praktijkanalyse, waar stakeholders bijeen worden gebracht om mee te denken over opgaven en maatregelen.
- *Toetsingscriteria voor adaptatiemaatregelen.* Om de maatregelen uit de vorige stap te kunnen beoordelen, zijn toetsingscriteria voor beide schaalniveaus ontwikkeld. De criteria pogen om de effecten van maatregelen in beeld te brengen op een breed aantal aspecten op regionaal en bedrijfsniveau. Deze criteria toetsen op regionaal niveau het terugdringen van watertekorten, de veerkracht van het systeem, investerings- en onderhoudskosten, opschaalbaarheid, stuurbaarheid en neveneffecten van de maatregel. Op bedrijfsniveau toetsen de criteria de opbrengstzekerheid, veerkracht van het bedrijfssysteem, investerings- en onderhoudskosten, aansluiting op de bedrijfsvoering, stuurbaarheid en neveneffecten. In de gebiedsstudie worden de geïdentificeerde maatregelen gescoord op basis van deze toetsingscriteria.
- *Conclusie van de effecten.* In de laatste stap wordt het totaaloverzicht opgesteld om te bepalen waar knelpunten en synergieën van de adaptatiemaatregelen tussen de twee schaalniveaus op kunnen treden. Mede op basis hiervan kunnen de actoren in een gebied bepalen welke adaptatiemaatregelen het geschiktst zijn voor verder kwantitatief en ruimtelijk onderzoek, wat vervolgens kan leiden tot implementatie en het ontwikkelen van mogelijke compensatiemechanismes.

Resultaten gebiedsstudie

Gebiedsanalyse

Bodemkaarten van het casusgebied in West-Groningen laten een gevarieerde ondergrond zien. Er valt onderscheid te maken tussen zandige en zavelige kreekkruggen en de verder kalkarme, vochtige tot natte zeekleivlakten. Daarnaast komen in het zuidelijke gedeelte van het gebied ook laagveenvlaktes voor. Op locaties waar veen onder de klei voorkomt, ontstaat het gevaar van bodemdaling door oxidatie van het veen tijdens periodes van langdurige droogte. Ondanks dat er nu nog voldoende wateraanvoer mogelijk is, zal dit in de toekomst waarschijnlijk niet altijd het geval zijn door toenemende zoetwatertekorten, met toenemend risico op bodemdaling tot gevolg.

Door de verscheidenheid aan bodemtypes in het gebied liggen verschillende klimaatdreigingen op de loer. Op zeekleivlaktes ontstaan problemen bij langdurige neerslag, droogte, bodemzetting en verzilting. Op de kreekkrug vormt droogte en verzilting een probleem. De kreekbedding kan in de toekomst te maken krijgen met wateroverlast door langdurige neerslag en verzilting. Het laagveen kan te maken krijgen met wateroverlast door langdurige neerslag, verdroging van grondwaterafhankelijke natuur, bodemdaling en daardoor extra CO₂-emissie. Daarnaast ontstaat in de petgaten kans op verdroging van grondwaterafhankelijke natuur.

Bedrijfsanalyse

Op basis van literatuur en expertkennis kan worden gesteld dat de vier klimaattrends (het wordt natter, droger, warmer en de zeespiegel stijgt) impact hebben op bedrijfsniveau. Het casusgebied ondervindt momenteel al veel last van een hoge jaarlijkse neerslag met het risico op zuurstofstress in gras. De verwachting is dat de zuurstofstress in 2050 aan de hand van het W_H-klimaatsscenario zal toenemen, waarna een grotere kans op opbrengstderving ontstaat. Maatregelen die deze knelpunten kunnen verhelpen, zijn onder andere het creëren van waterberging, drainage en een verbeterd bodembeheer.

Droogte kan in het gebied zorgen voor gewasschade en bodemdaling. Aan de andere kant kan droogte voor grotere concurrentie op de voedselmarkt zorgen met hogere prijzen tot gevolg. Met een toenemende kans op droogte in de toekomst bestaat de kans dat opbrengstderving zal oplopen. Er is geen garantie dat de melkprijs altijd zal meebewegen, waardoor klimaatverandering wel degelijk voor een inkomensrisico in de melkveehouderij kan zorgen. Maatregelen om problemen te voorkomen zijn; aangepast peil, waterberging en plaatsing van stuwtjes.

Door een temperatuurstijging ontstaan zowel kansen (onder andere de toename van de groei van grasland en een langer groeiseizoen) als problemen (verhoging van de onkruiddruk, belemmering van winteropslag, verbranding van gewas, hittestress bij vee en toenemende druk van ziekten en plagen) voor de melkveehouderij. Maatregelen die in de literatuur worden benoemd zijn onder andere: toepassing van hittetolerante en plaagresistente gewassen of het toepassen van groenbemesters.

Tot slot kan de zeespiegelstijging in het casusgebied in de toekomst leiden tot de verhoging van de zoutwaterdruk en dus tot verzilting.

Praktijkanalyse

In de workshop met waterschap Noorderzijlvest, Agrarisch Collectief Groningen-West en melkveehouders uit het casusgebied zijn kansen en opgaven rond klimaatverandering opgehaald. Opgaven die naar voren kwamen, werden met name veroorzaakt door de klimaattrend 'het wordt natter' en 'het wordt droger'. Maatregelen die werden benoemd om dit tegen te gaan waren: het plaatsen van stuwen om lokaal het waterpeil te kunnen verhogen, waterberging in het gebied om wateroverschot op te vangen, klimaatadaptieve drainage voor het vasthouden van water in percelen, flexibel peilbeheer voor het afvoeren van water in natte perioden en extra wateraanvoer om voldoende zoetwater in de haarvaten van het gebied te krijgen.

Toetsingscriteria voor adaptatiemaatregelen

Maatregelen die zowel geagendeerd zijn vanuit de bedrijfsanalyse als de praktijkanalyse zijn geanalyseerd en gescoord aan de toetsingscriteria van dit onderzoek. Een aantal van deze maatregelen (Tabel 1) dient op het boerenbedrijf te worden toegepast (maatregel 1 en 3), terwijl andere op regionale schaal (waterschap) geïmplementeerd moeten worden (2, 4, 5). Scores kunnen wel op beide schaalniveaus toegekend worden op de toetsingscriteria, zie Tabel 1. Naar aanleiding van deze toets is zichtbaar dat de maatregelen op sommige vlakken veel van elkaar verschillen.

Tabel 1 Overzicht getoetste klimaatadaptatie maatregelen voor regio en bedrijf. +2 (donkergroen) indiceert een sterke verbetering (synergie) en -2 (rood) een sterke verslechtering (knelpunt) van de situatie.

Maatregelen	Regio						Bedrijf					
	Terugdringen water-tekorten	Veerkracht	Investerings- en onderhoudskosten	Opschaalbaarheid	Stuurbaarheid/flexibiliteit	Neven-effecten	Opbrengstzekerheid	Veerkracht	Investerings- en onderhoudskosten	Aansluiting op bedrijfsvoering	Stuurbaarheid/flexibiliteit	Neven-effecten
1. Stuw-tjes	0	0	0	1	0	0	1	1	-1	0	-1	0
2. Waterberging in het gebied	1	2	-1	1	1	2	1	1	0	0	-2	0
3. Klimaatadaptieve drainage	1	2	-1	0	1	2	1	2	-2	1	2	0
4. Flexibel peilbeheer	1	2	-1	1	0	0	1	2	0	0	-2	0
5. Wateraanvoer om water in de haarvaten te krijgen	1	-2	-1	1	0	0	1	-1	0	1	-2	0

Discussiepunten en conclusie

Er zijn geen maatregelen geïdentificeerd die enkel positief scoren. Zo brengen veel maatregelen extra kosten met zich mee en beperken de flexibiliteit op bedrijfsniveau. Maar kosten kunnen herverdeeld worden, als de maatregel noodzakelijk is om het gebied, en het bedrijf klimaatadaptief te maken. Kosten kunnen tevens terugverdiend worden door een grotere opbrengstzekerheid en veerkracht.

Er treden zowel synergieën als knelpunten op tussen de schaalniveaus bij verschillende klimaatadaptatiemaatregelen. Er kan daarom geconcludeerd worden dat er niet een maatregel de voorkeur heeft. In vervolgstappen in het gebied zullen deze maatregelen en effecten afgewogen moeten worden.

De resultaten van het toepassen van de methodiek, zoals de tabel hierboven, biedt een goede gesprekstoel voor de dialoog over klimaatadaptatie en het bepalen van verdere detaillering in effecten (kwantificering) en het plaatsen van mogelijke maatregelen in de ruimte. De tabel met de scores op toetsingscriteria kan gebruikt worden voor het identificeren van mogelijke knelpunten (rode vlakken), maar ook synergieën (groene vlakken) die kunnen optreden bij implementatie. Maatregelen kunnen ook onderling vergeleken worden.

De methodiek is ontwikkeld, zodat deze ook in andere gebiedsstudies toepasbaar is. De methodiek in slechts in één gebiedsstudie toegepast. Maar de ervaring daaruit leert echter dat deze zeker in andere gebieden ook nuttig kan zijn in de zoektocht naar afgestemde klimaatadaptatie.

1 Introductie

1.1 Aanleiding

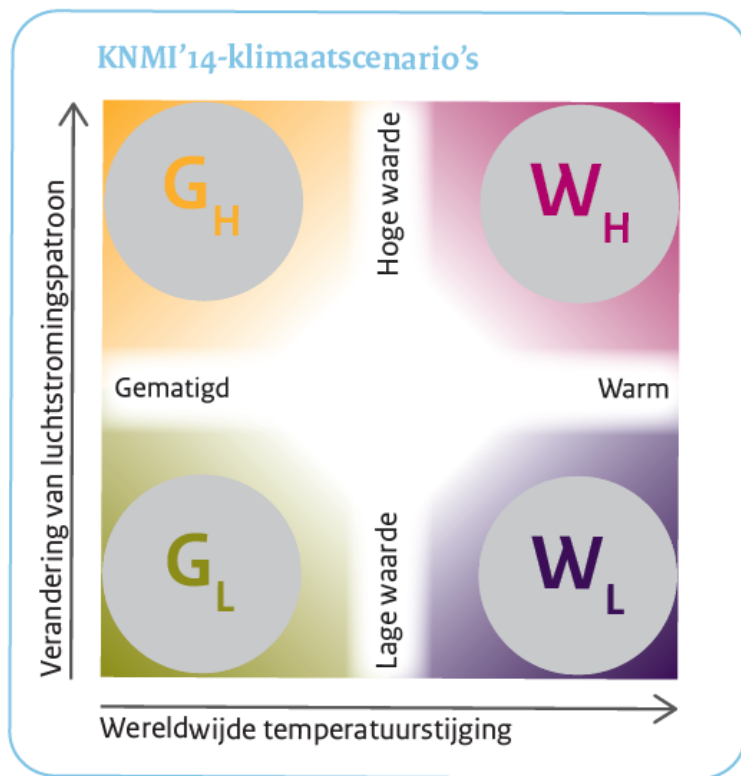
Waterschappen en boerenorganisaties zien de noodzaak van aanpassing aan klimaatverandering in het landelijk gebied. Op beide schaalniveaus wordt momenteel volop onderzoek gedaan naar kansrijke oplossingen, maar helaas zijn oplossingen die kansrijk zijn op bedrijfsniveau niet altijd even effectief op regionaal niveau en andersom. Aanleiding voor dit onderzoek op verschillende schaalniveaus is dat er momenteel in verschillende projecten aandacht wordt besteed aan klimaatadaptatie op één schaalniveau. Zo focuste het Kennis op Maat Project KANO door middel van een stresstesttool op het delen van klimaatrisico's op boerenbedrijfsniveau (KANO, 2022). In TKI-project Klimaatadaptatie Open Teelten ligt de nadruk op teelt- en bodemmaatregelen die op bedrijfsniveau kunnen worden toegepast (Klimaatadaptatie Open Teelten, 2023). In TKI-project KLIMAP (KLIMaatAdaptatie in de Praktijk) wordt juist op regionaal niveau (zandregio) met waterschappen en provincies naar bodem-, water- en inrichtingsmaatregelen gekeken. Bij het overleg met landgebruikers in die gebieden blijkt dat met name informatie over verdienmodellen, praktische toepassing binnen het bedrijf en het verbinden van regio en bedrijf belangrijke missende schakels zijn (<https://klimap.nl/>). Onderhavig project verkent deze kennisleemte over synergie tussen schaalniveaus.

Door de verschillende schaalniveaus en de relatie hiertussen expliciet te onderzoeken, wordt verkend wat de impact en consequenties zijn van keuzes die op het ene niveau worden gemaakt voor het andere niveau. Door juist knelpunten en voordelen van deze 'multiscale' analyse in kaart te brengen, ontstaan bouwstenen voor verdienmodellen om te werken aan de klimaatadaptatieopgave waar zowel de boeren als regionale partijen van profiteren. Deze koppeling en integratie van schaalniveaus en oplossingen is nieuw en hard nodig. Alleen dan kan effectief worden samengewerkt aan de klimaatadaptatieopgaven.

1.2 De context

1.2.1 Klimaatverandering en -adaptatie

Het KNMI heeft aan de hand van onderzoeksrapporten van het IPCC vier verschillende klimaatscenario's geformuleerd: KNMI'14 Klimaatscenario's (KNMI, 2014) (sinds oktober 2023 zijn er nieuwe scenario's, maar deze zijn vanwege de tijdplanning in dit project niet meegenomen). Deze klimaatscenario's schetsen de grenzen van toekomstige klimaatverandering in Nederland, gebaseerd op de mate van temperatuurstijging (van gematigd (G) tot warm (W)) en de mogelijke verandering van het luchtstromingspatroon (lage waarde (L) tot hoge waarde (H)) (Figuur 1).



Figuur 1 KNMI-klimaatscenario's, gebaseerd op wereldwijde temperatuurstijging en verandering van het luchtstromingspatroon (Bron: KNMI).

Het Nederlandse klimaat wordt over het algemeen warmer, natter en droger en daarnaast zal zeespiegelstijging invloed hebben op het land (Figuur 2). Het warmer worden van het klimaat resulteert in een stijging in de zomertemperatuur met 1 tot 2,3 °C in 2050. Daarnaast zullen tropische dagen (warmer dan 30°C) twee tot drie keer vaker voorkomen in 2050. Door een toenemende verdamping in de zomer, ontstaat ook een grotere kans op heftige zomerse buien in de toekomst, met wateroverlast tot gevolg. Verder zullen de Nederlandse winters steeds natter worden. Bovendien zullen er grotere variaties in neerslag voorkomen die zowel wateroverlast als watertekort veroorzaken. Tot slot kan de zeespiegelstijging in de toekomst zorgen voor een grotere verziltingsdruk op het achterland.



Figuur 2 De vier Nederlandse klimaatrends (Bron: Nationale Adaptatie Strategie, <https://nas-adaptatietool.nl/>).

Bovenstaande risico's zijn voor een flink deel watergerelateerd door langere perioden van droogte en een toename van extreme piekbuien en natte perioden. Op regionale schaal zijn er door klimaatverandering toenemende uitdagingen op het gebied van waterbeschikbaarheid, waterkwaliteit en peilbeheer. Dit betreft watertekorten voor diverse functies in de zomerperiode, verzilting, toenemende inundatie- en overstromingsrisico's, verdroging in natuurgebieden en verslechtering van waterkwaliteit (zie o.a. www.klimaat-effectatlas.nl). Agrarische ondernemers gaan door klimaatverandering aanzienlijke risico's

ervaren met de huidige manier van telen (Verstand, 2020; Bijker en Verstand, 2020). Duidelijk is dat op beide schaalniveaus (bedrijf en regio) aanpassingen nodig zijn in het bodem- en watersysteem om te komen tot een klimaatbestendige inrichting.

Het Actieprogramma Klimaatadaptatie Landbouw van LNV heeft dan ook de volgende doelstelling: 'In 2030 zijn alle ondernemers in de land- en tuinbouw voorbereid om duurzaam en effectief te kunnen omgaan met de veranderingen in het klimaat' (Rijksoverheid, 2020). Daarnaast zijn er verschillende Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP). De MMIP C2 zet erop in om in 2050 de land- en (glas)tuinbouwproductiesystemen klimaatbestendig georganiseerd te hebben (KIA, 2020). De MMIP C1 heeft als missie om in 2050 het landelijk gebied in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te hebben ingericht (KIA, 2021). Dit project probeert de opgaven en kansen binnen beide MMIP'S bij elkaar te brengen.

1.2.2 Methodische context: belang van de systeembenadering en de dialoog

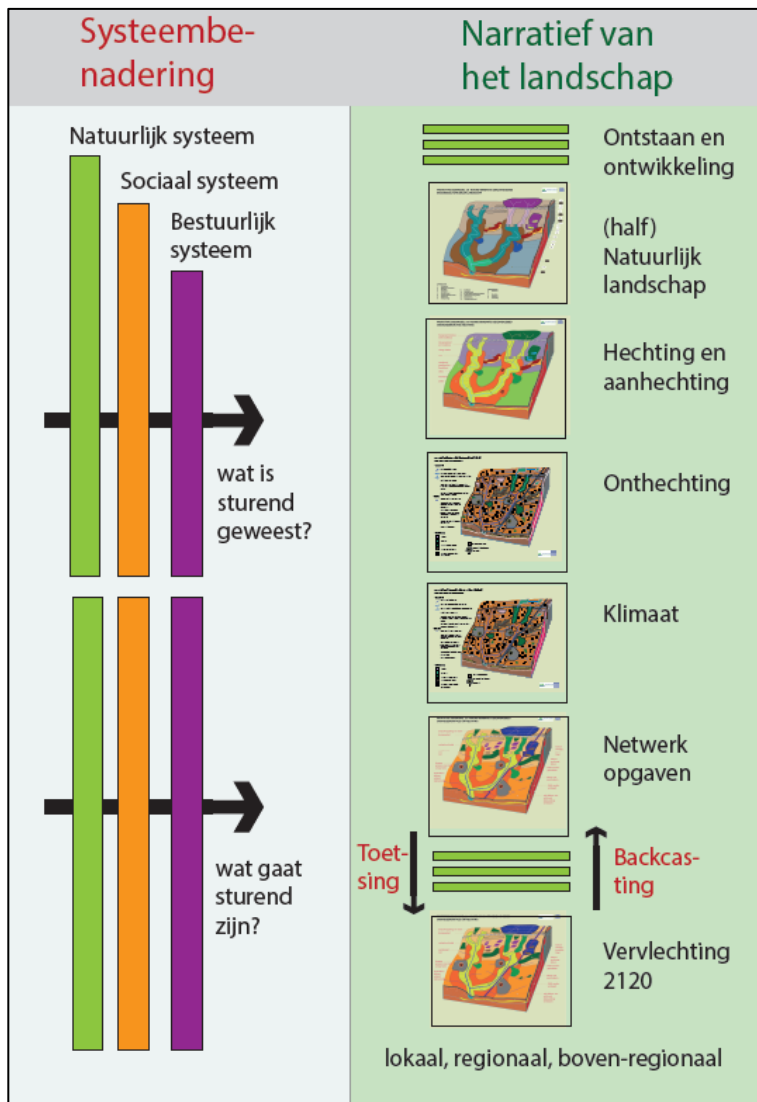
De hiervoor genoemde missies en doelstellingen sluiten aan bij de landelijke doelstelling om in 2050 een klimaatadaptief, veerkrachtig en regeneratief landschap te hebben met een duidelijke en ondersteunende plek en rol van de mens en de maatschappij (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2018). Maar hoe wordt dit bereikt en wat is daarvoor nodig? De manier waarop op dit moment bodem en water gebruikt worden en de keuzes die gemaakt worden in het landgebruik sluiten daar niet bij aan. Bovendien is de praktijk nu vaak gericht op eigen doelen en belangen, waardoor overkoepelende systeeminterventies onvoldoende gekend en bevorderd worden. Regievoering op systeemniveau en een integrale aanpak zijn essentieel om de weg te bewandelen richting een klimaatadaptief, veerkrachtig en regeneratief landschap. Het natuurlijke bodem- en watersysteem legt daarin een sterke basis voor de verschillende ruimtelijke opgaven in Nederland en zou daarom richtinggevend moeten zijn. Niet alles kan overal, maar belangrijker nog: veel dingen werken beter, als je ze op de juiste plek doet (De Rooij et al., 2023; Harbers & Heijnen, Kamerbrief, 2022).

Daarvoor moet duidelijk zijn welk landgebruik of type maatregelen passen het beste waar en waarom? Bovendien is het belangrijk om te kijken hoe het principe van water en bodem sturend zich verhoudt tot wat sociaal en bestuurlijk passend is. Want besluitvorming is nooit gebaseerd op alleen technische feiten. Ook de waarden en ideeën van de mensen die erbij betrokken zijn, hebben invloed op de uitkomst. Daarom vormt de dialoog in de systeembenadering een belangrijk element gedurende het gehele proces (De Rooij et al., 2023).

Het narratief van het gebied

Binnen een landschap of natuurlijk systeem zijn bodem, ondergrond, water, klimaat en natuur met elkaar verbonden en ontwikkelen zich in samenhang. Ook reageren ze in samenhang op bedreigingen van buitenaf. Bij een droger klimaat ontwikkelen zich bijvoorbeeld andere vegetaties en fauna (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2013; Vos et al., 2006). Deze samenhang en dynamiek verschillen per landschapstype. Elk landschap heeft zijn eigen verhaal. De ruimtelijke ontwikkelingen in onze maatschappij zijn in de loop der jaren losgeraakt van onze landschappen. De maatschappij is zich onvoldoende bewust van hoe het landschapsecologische systeem zich gedraagt, hoe dit systeem zich heeft ontwikkeld en wat de gevolgen op systeemniveau zijn van ingrepen van mens en maatschappij. Met het ontbreken van deze kennis is het de vraag of wordt gericht op de juiste maatregelen op de juiste plekken. In onderhavig project wordt invulling geven aan deze ontbrekende schakel.

Door het uitvoeren van een gebiedsanalyse, bedrijfsanalyse en praktijkanalyse wordt deze kennis weer in beeld gebracht en de ontwikkeling die het landschap in een regio heeft doorgemaakt, getoond. Dit past goed in de systeembenadering, waar het narratief start bij de oorsprong (*het natuurlijk systeem*) en verloopt via de periode dat de mens zich vestigde (*hechtingsfase*) en de regio over begon te nemen (*aanhechtingsfase*) tot de periode dat ruimtelijke ontwikkelingen los van het landschap werden gerealiseerd (*onthechtingsfase*) (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). In dit verhaal wordt alleen het fysisch-ecologische landschap (bodem, water en natuur) beschouwd, maar ook het sociale (economisch, maatschappelijk en cultureel) en het bestuurlijke domein krijgen een plek.



Figuur 3 Schematische weergave van de systeembenadering en het narratief van het landschap.

Van basisprincipes naar perspectief

Vaak worden plannen of scenario's opgesteld op basis van inventarisaties, analyses en belangen/opgaven. De gemaakte impliciete keuzes blijven helaas onderbelicht of zijn niet in lijn met het natuurlijke bodem- en watersysteem. Dit probleem kan worden ondervangen door aan de voorkant uitgangspunten, doelen (zogenaamde basisprincipes) en bij het gebied passende strategieën te formuleren. De invulling ervan hangt af van de specifieke kenmerken van een locatie (biofysisch, sociaal én bestuurlijk). Dit levert een eerste ruimtelijk beeld van strategische richtingen op; een trechtering van te maken keuzes. Een voorbeeld: in een beekdal kun je de hoogteverschillen benutten voor het creëren van overgangen in flora en fauna van droog naar nat en voedselarm naar voedselrijk. Hierdoor ontstaat er een divers landschap voor de natuur, worden er mogelijkheden voor waterberging gecreëerd in de lage delen, zijn verschillende vormen van natuurvriendelijke landbouw mogelijk én kun je de waarde voor recreatie verhogen. Intensieve teelten en bebouwing zijn in dit gebied dan niet passend.

De ruimtelijke opgaven die in een gebied spelen, vormen een tweede trechtering. Gebiedsopgaven staan allerminst los van elkaar: het werken aan één opgave of doel kan consequenties hebben voor andere opgaven of doelen. Het helpt om op zoek te gaan naar maatregelen die positief uitpakken voor meerdere opgaven/doelen, zogenaamde positieve sturingsfactoren. Daarbij is het wederom belangrijk om vanuit verschillende schaalniveaus (bovenregionaal, regionaal en lokaal/bedrijf) deze oorzaak-gevolgrelaties te benaderen. De verkregen positieve sturingsfactoren kunnen vervolgens ruimtelijk worden geprojecteerd op het kaartbeeld van strategische richtingen: op welke locatie en bij welke strategie past de maatregel goed? Dit levert kansrijke gebieden op én een verdere invulling van het te bewandelen pad (i.e. trechtering van

maatregelen). Het resultaat is het zogenaamde vervlochten landschap: een perspectief van een klimaatadaptief, veerkrachtig en inclusief landschap voor deze specifieke regio. Deze kaart vormt het kader om kansrijke maatregelen te identificeren. Zo weet je zeker dat de maatregelen passen bij het gebied en de opgaven. Welke maatregelen kansrijk zijn, hangt ook af van de waarden en ideeën van de mensen (agrariërs, burgers, ondernemers, beheerders, ...) die erbij betrokken zijn. Daarom kunnen er in het ene gebied andere maatregelen worden genomen dan in het andere.

In dialoog over passende maatregelen

Om te bepalen welke maatregelen in dit specifieke gebied het best passen, is het van belang om in te zoomen op meerdere schaalniveaus (bovenregionaal, regionaal en lokaal) en vervolgens te zoeken naar synergieën en/of knelpunten. Dit gebeurt in dialoog met alle betrokken stakeholders, waarbij het creëren van begrip en een gemeenschappelijk beeld van de maatregelen en effecten belangrijke elementen zijn. De in deze rapportage beschreven en getoetste methodiek is een instrument dat hiervoor kan worden ingezet.

1.3 Vraagstelling

In dit onderzoek is gewerkt aan het ontwikkelen van een methodiek om knelpunten en synergieën te verkennen en is deze methodiek toegepast in een casus. Het doel is om voor twee schaalniveaus (boerenbedrijf en regio) de knelpunten en synergieën in beeld te brengen die op kunnen treden als er adaptatiemaatregelen worden geïmplementeerd. Deze analyse dient als basis om de belanghebbende partijen bewust te maken van de effecten die maatregelen kunnen hebben, wie deze maatregelen implementeert en voor wie de effecten merkbaar zijn. Deze bewustwording is nodig om samen verder te werken naar een klimaatadaptieve inrichting van boerenbedrijven én de regio. Dat is gedaan door in een casusgebied (westelijk deel van de provincie Groningen) met het waterschap en een agrarisch collectief aan de slag te gaan, om de opgaven in beeld te brengen en de knelpunten die optreden bij de implementatie van maatregelen te verkennen. Er zijn veldbezoeken geweest bij agrarische bedrijven, er is informatie gebruikt van het Waterschap Noorderzijlvest en er is een bijeenkomst georganiseerd met boeren en waterschappers om opgaven en maatregelen in kaart te brengen.

Het onderzoek richt zich dus op de interactie tussen twee schaalniveaus: het boerenbedrijf en de regio. Beide schaalniveaus hebben te maken met klimaatadaptatieopgaven en beide zullen zich daarop moeten gaan aanpassen. De centrale vraag in dit project is:

Welke knelpunten en synergieën treden op bij het uitvoeren van klimaatadaptatiemaatregelen op de twee schaalniveaus?

Er is sprake van een knelpunt als een adaptatiemaatregel slechts op één schaalniveau bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave en op het andere schaalniveau de opgave juist groter maakt. Er is sprake van synergie als een adaptatiemaatregel op beide schaalniveaus bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave.

In deze studie is ervoor gekozen om de droogteproblematiek en bijkomende watertekorten als hoofdpogave te beschouwen en de overige klimaatadaptatieopgaven (zoals wateroverlast, verzilting, waterkwaliteit en biodiversiteit) als 'neveneffecten' mee te nemen. Daarmee wordt de problematiek vereenvoudigd, wat een eerste toetsing van de methodiek vergemakkelijkt.

Eerst wordt de ontwikkelde methodiek gepresenteerd (H2). Daarna worden de resultaten uit de gebiedsstudie gepresenteerd (H3), waarin de methodiek uit H2 de leidraad vormt. H4 gaat in op de discussiepunten van het onderzoek en over de geschiktheid van de methodiek en mogelijkheden voor toepasbaarheid daarvan in andere regio's. In H5 worden de conclusies gepresenteerd.

2 Ontwikkelde methodiek

Onderstaande methodiek is ontwikkeld om in een bepaald gebied inzicht te krijgen in mogelijke synergieën en knelpunten van klimaatadaptatie op verschillende schaalniveaus. Dat is essentieel om te komen tot klimaatbestendige regio's (watersystemen) en agrarische bedrijven. De methodiek bestaat uit een aantal verschillende stappen, waarbij gebruik wordt gemaakt van onder andere methodische stappen uit het KLIMAP-project. Deze worden hieronder in detail gepresenteerd. Deze methodiek kan toegepast worden in een casusgebied.

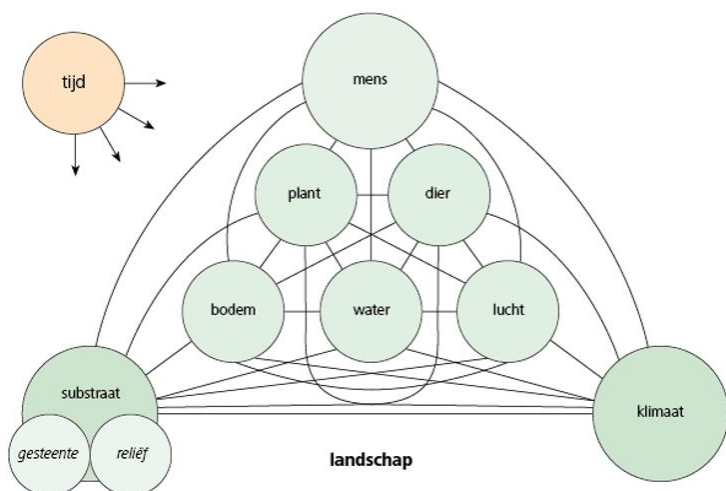
De eerste stap (par. 2.1) bestaat uit het identificeren van de opgaven en de mogelijke adaptatiemaatregelen op de twee verschillende schaalniveaus (bedrijf en regio). De tweede stap behelst het beoordelen van de effectiviteit van deze maatregelen op verschillende criteria (2.2). De derde stap is een synthese over de beoordeelde effecten om te komen tot een advies en selectie van maatregelen die met name positief uitpakken voor zowel bedrijf als regio in de context van watergerelateerde klimaatadaptatie (par. 2.3).

2.1 Probleemanalyse en maatregelidentificatie per schaalniveau

Essentieel is om te starten met de probleemanalyse in een gebied en de landbouwbedrijven aldaar. Op die manier komen de klimaatadaptatieopgaven namelijk in beeld, wat aangeeft op welke aspecten adaptatiemaatregelen nodig zijn. Dat kan gedaan worden door het bodem- en watersysteem in beeld te brengen, de klimaatveranderingen per klimaatscenario te verkennen en een analyse te maken van de bedrijfskenmerken en de daaraan gekoppelde risico's. Uit deze probleemanalyses op gebieds- en bedrijfsniveau komen mogelijke adaptatiemaatregelen naar voren die geschikt zouden kunnen zijn om de klimaatopgaven op het eigen schaalniveau te tackelen.

2.1.1 Gebiedsanalyse natuurlijk systeem

Het huidige landschap in het casusgebied is het resultaat van een (lange) ontwikkelingsgang van een samenspel tussen verschillende landschapsfactoren (Figuur 4). Als de onderlinge relaties en processen tussen de landschapsfactoren goed in beeld zijn, kan er een verwachting worden geschetst hoe het landschap kan veranderen bij wijzigingen in een van de landschapsfactoren. Daarom is het van belang om inzicht te krijgen in de landschapsgeschiedenis van het gebied door de kenmerken van het bodem-, water- en ondergrondsysteem in beeld te brengen. In deze analyse zal de nadruk liggen op de beschrijving van het abiotische landschap, de niet-levende onderdelen van het landschap zoals ondergrond (gesteente), reliëf, bodem en (grond)water (Figuur 4). Deze factoren vormen de basis- of randvoorwaarden waarop de biotische factoren, waaronder plant, dier en mens, zich moeten instellen.



Figuur 4 Samenhang van de landschapsfactoren (Stouthamer et al., 2015).

De begrippen bodem en ondergrond worden regelmatig door elkaar gehaald, terwijl er wel degelijk een verschil is tussen beide. De bodem kan worden beschreven als het bovenste, ondiepe gedeelte van de ondergrond, waarin horizonten zijn te onderscheiden die zich door de tijd gevormd hebben in veelal los mineraal en organisch materiaal onder invloed van bodemvormende processen. Onder de bodem hebben bodemvormende processen geen actieve rol op de samenstelling van de sedimenten. In dat geval wordt gesproken van de term ondergrond. Omdat een bodem dus vormt in de ondergrond (bv. klei, zand, veen) en het watersysteem afhankelijk is van de samenstelling van de bodem én ondergrond, is het van belang dat dit als één systeem wordt beschouwd.

Met de kennis over het bodem- en watersysteem is een inschatting gemaakt van de mogelijke klimaatdreigingen voor de verschillende delen van het landschap. Diezelfde kennis over de eigenschappen bood ook mogelijke adaptatiekansen tegen de effecten van klimaatverandering. Op deze manier is kennis over het natuurlijke landschap als basis gebruikt voor een duurzaam en klimaatadaptief beheer en als inrichtingsmaatregel.

De gebiedsanalyse bestaat uit de volgende stappen (zowel van het casusgebied als hoe het casusgebied in de ruimere omgeving valt):

- Analyse van de geologie van het gebied;
- Analyse van de (geo)hydrologie van het gebied;
- Analyse van de geomorfologie van het gebied;
- Analyse van de bodem van het gebied;
- Analyse van de landschappelijke bodemkaart voor het gebied. Dit geeft een blik van de samenhang tussen geomorfologie bodem en (grond)water in het gebied;
- Opsommen van de relevante landschapseenheden die voorkomen in het plangebied met de relevante kenmerken op het gebied van (mogelijke) klimaateffecten;
- Aandragen van mogelijke maatregelen op gebieds- en regio-schaal voor klimaatadaptatie van de landschapseenheden in het gebied.

2.1.2 Bedrijfsanalyse

De bedrijfsanalyse heeft als doel om de effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau weer te geven door inzichtelijk te maken op welke bodemtypes klimaatverandering effect heeft, welke knelpunten en kansen op bedrijfsniveau ontstaan, welke consequenties dit oplevert en welke toepassing van maatregelen mogelijk is om het knelpunt te verzachten.

Het effect van klimaatrisico's op het bedrijf kan op verschillende manieren geanalyseerd worden. Zoals door gebruik te maken van bestaande tools (Klimaatstresstest Open Teelten), expertkennis, praktijkervaringen, rapporten en wetenschappelijke publicaties. De bedrijfsanalyse is uitgevoerd in vier verschillende stappen:

- Verkenning van klimaateffecten en maatregelen vanuit bestaande literatuur. Kennis uit de literatuur kan worden ingedeeld in verschillende categorieën:
 - De toekomstige klimaatsituatie (het wordt natter, droger, warmer, de zeespiegel stijgt en de CO₂-concentratie stijgt);
 - Definitie van de klimaatsituatie;
 - Grondsoort die voor het bedrijf de grootste hinder ondervindt van de klimaatsituatie;
 - Knelpunten en kansen op bedrijfsniveau;
 - Consequentie van de knelpunten en kansen op bedrijfsniveau;
 - De te nemen maatregelen om knelpunten in te perken;
 - Het schaalniveau waar de maatregel van invloed op is (op bedrijfsniveau en/of regionaal niveau).
- Toetsen en aanvullen van kennis uit de literatuur met behulp van expertkennis en/of praktijkervaring.
- Financieel inzicht verkrijgen in de effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau met behulp van expertkennis en bestaande tools, zoals de Klimaateffectatlas of de klimaatstresstest open teelten.
- Samenvoegen van literatuur, expertkennis en tools om een overzicht te verkrijgen van het effect van klimaatverandering op het bedrijf.
- Per knelpunt benoemen welke maatregelen er in de literatuur genoemd worden.

2.1.3 Praktijkanalyse

Uit de gebieds- en bedrijfsanalyse komen de prangendste klimaatopgaven naar voren waarvoor adaptatie vormgegeven dient te worden. Het is van belang om zowel overheden (waterschappen, provincies) en agrariërs of boerenorganisaties te betrekken bij de knelpuntenformulering, om zo gebiedsspecifieke informatie mee te kunnen nemen in de analyse. Het betrekken van stakeholders wordt middels een bijeenkomst tot stand gebracht. Tijdens deze bijeenkomst zijn resultaten uit de gebieds- en bedrijfsanalyse gedeeld en middels dialoog zijn knelpunten en kansen uitgewisseld.

Om de klimaatopgaven en kansen op lokale en regionale schaal te inventariseren, zijn vier verschillende stappen genomen:

- Het inventariseren van knelpunten bij de stakeholders. Hier wordt focus gelegd op de zaken die spelen in het gebied, zoals onderlinge verhoudingen tussen stakeholders, urgentie op dossiers, directe klimaatgerelateerde knelpunten op lokale schaal.
- Het toetsen van de gebiedsanalyse bij de stakeholders. Komt de verzamelde informatie over het gebied overeen met waarnemingen in het veld? Waar liggen de kansen en knelpunten?
- Het toetsen van de bedrijfsanalyse bij de stakeholders. Komt de verzamelde informatie over de effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau overeen met het urgentiebesef en waarnemingen op het bedrijf? Op welke manier ontstaan knelpunten en kansen op bedrijfsniveau?
- Het verzamelen van mogelijke adaptatiemaatregelen en het beoordelen van de geschiktheid daarvan voor implementatie.

2.2 Toetsingscriteria effecten adaptatiemaatregelen per schaalniveau

Adaptatiemaatregelen die bijdragen aan de klimaatopgaven op één schaalniveau (regionaal of op bedrijfsniveau) kunnen verschillende effecten hebben op het eigen schaalniveau, maar ook op het andere schaalniveau. Er is sprake van een **knelpunt** als een adaptatiemaatregel slechts op één schaalniveau bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave en op het andere schaalniveau de opgave juist groter maakt. Er is sprake van **synergie** als een adaptatiemaatregel op beide schaalniveaus bijdraagt aan de klimaatadaptatieopgave. De ontwikkelde toetsingsmethodiek aan de hand van de toetsingscriteria gaat daar dieper op in door de effecten per schaalniveau uit te splitsen. Veel van de toelichtingen zijn gebaseerd op het toetsingskader dat ontwikkeld is in het KLIMAP-project (<https://klimap.nl/actueel/studenten-ontwikkelen-praat-tool>).

De onderstaande toetsingscriteria zijn ontwikkeld om deze effecten in beeld te brengen en zo te identificeren of er knelpunten of synergieën optreden bij implementatie van adaptatiemaatregelen. De scores worden via verschillende manieren bepaald en samengevoegd: input vanuit de stakeholders zelf, literatuur, expert- en praktijkkennis. Door dit samen met de stakeholders te doen, worden standpunten en belangen uitgewisseld. Vervolgens wordt bekeken in hoeverre geïdentificeerde knelpunten verholpen kunnen worden via bijvoorbeeld schade-compensatie of beleidsaanpassingen.

Scores dienen te worden toegekend op een -2 (knelpunt) tot +2 (synergie) schaal per toetsingscriteria, waar grofweg een +2 een sterke verbetering van de situatie betekent (synergie), een +1 een geringe verbetering betekent, een 0 geen effect betekent, een -1 een geringe verslechtering betekent en een -2 een sterke verslechtering van de situatie (knelpunt). Ook kan het effect onbekend zijn. Per sub-criterium is een gedetailleerde omschrijving ontwikkeld voor de effectbepaling (Bijlage 1). Deze effecten kunnen door praktijkervaringen en expertkennis ingeschat worden. Dat wordt per criterium ingevuld in een ontworpen Excelformulier, waar per criterium een duidelijk schaal is gecreëerd en de ingeschatte effecten genoteerd worden.



2.2.1 Regionaal niveau

In onderstaande paragraaf worden de regionale toetsingscriteria weergegeven. Deze toetsingscriteria brengen de regionale effecten van adaptatiemaatregelen in beeld voor het terugdringen van watertekorten, veerkracht van het systeem, investerings- en onderhoudskosten, opschaalbaarheid, stuurbaarheid/flexibiliteit en neveneffecten.

1. Terugdringen watertekorten

In hoeverre draagt een maatregel bij aan het terugdringen van (potentiële) watertekorten voor landbouw, natuur (aquatisch en terrestrisch), industrie en drinkwaterbedrijven onder gemiddelde weerssituaties en klimaatrends?

- 1a. Terugdringen watertekorten in de landbouw;*
- 1b. Terugdringen watertekorten in terrestrische en aquatische natuur;*
- 1c. Terugdringen watertekorten in industriële sector;*
- 1d. Terugdringen watertekorten in drinkwatersector.*

2. Veerkracht

Hoe veerkrachtiger het systeem, des te beter extreme weersomstandigheden opgevangen kunnen worden en des te minder kwetsbaar het watersysteem is voor dergelijke extreme gebeurtenissen. Oftewel, in hoeverre draagt een maatregel bij aan het terugdringen van (potentiële) watertekorten en wateroverlast voor de diverse functies tijdens en na weersextremen?

- 2a. Terugdringen van watertekorten tijdens en na extremen;*
- 2b. Terugdringen van wateroverlast tijdens en na extremen.*

3. Investerings- en onderhoudskosten

Wat zijn de kosten en investeringen van realisatie en beheer & onderhoud van de betreffende maatregel op het gewenste schaalniveau voor verschillende regionale partijen? Daarnaast kunnen er kosten zijn die niet direct toebedeeld kunnen worden aan een specifieke gebruiker.

- 3a. Benodigde voorbereidings- en implementatiekosten door regionale partners (vergunning, planvorming, ...);*
- 3b. Totale kosten door particulieren voor implementatie maatregel op gewenste schaal (technologie, materiaal, tijd, ...);*
- 3c. Benodigde kosten door regionale partners voor instandhouding van de maatregel (materiaal, arbeid, ...);*
- 3d. Benodigde kosten voor particulieren voor instandhouding van de maatregel (materiaal, arbeid, inkomensderving etc.)*

4. Opschaalbaarheid

In hoeverre is de maatregel toepasbaar op regionale schaal en met welk tempo kan de maatregel worden ingevoerd? Hier dient gekeken te worden naar hoe goed de maatregel past binnen het beleid en de sociaal-maatschappelijke, technologische en economische situatie.

- 4a. Inpasbaarheid van de maatregel in bestaand beleid;*
- 4b. Vertrouwen in de maatregel door relevante actoren (actoren die actieve betrokkenheid hebben in de implementatie en/of instandhouding van de maatregel);*
- 4c. Rijpheid van de maatregel op technologisch vlak;*
- 4d. Inpasbaarheid van de maatregel in het huidige teeltsysteem in de regio.*

5. Stuurbaarheid/flexibiliteit

In een dynamische wereld en vanwege de langetermijnvisie waarmee wordt gewerkt, is het belangrijk om bij te kunnen sturen als onverwachte veranderingen zich voordoen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een flexibele samenwerking, flexibele fasen en de flexibiliteit van de maatregel zelf. Er is sprake van een flexibele samenwerking wanneer nieuwe partijen/stakeholders met specialistische kennis gemakkelijk kunnen worden toegevoegd en de uitval van een partij/stakeholdergroep opgevangen kan worden door andere. Een flexibiliteit van fasen betekent dat bij de implementatie van de maatregel geen strikte volgorde hoeft te worden aangehouden, maar dat fasen los van elkaar, overlappend of zelfs parallel kunnen lopen. Daarmee maak je het mogelijk om kansen te benutten en tegenvallers op te vangen. De maatregel kan als flexibel worden beschouwd als deze gedurende of na implementatie kan worden aangepast aan veranderende omstandigheden, nieuwe inzichten of tegenvallende resultaten.

- 5a. In hoeverre is de samenwerking tussen betrokkenen flexibel? (Stel partner stap eruit, blijft maatregel mogelijk en effectief?)*

5b. In hoeverre zijn de verschillende fasen van implementatie van de maatregel los van elkaar uit te voeren?

5c. In hoeverre is de maatregel aan te passen aan veranderende omstandigheden/trends?

6. Neveneffecten

Neveneffecten worden in deze aanpak gedefinieerd als de positieve dan wel negatieve gevolgen van de adaptatiemaatregel op zowel mens als natuur, *afgezien* van het primaire doel van de maatregel. De mate van impact wordt enerzijds gevormd door de ruimtelijke/inhoudelijke omvang (met daaraan gekoppeld de juridische kaders) en anderzijds door het aantal betrokkenen die daarmee te maken krijgt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen milieueffecten (bodem, water, lucht en biodiversiteit) en maatschappelijke effecten (economische groei, werkvoorziening, voedselzekerheid, waterbeschikbaarheid en ruimte).

6a. In hoeverre zijn er positieve dan wel negatieve effecten op het milieu te verwachten?

6b. In hoeverre zijn de positieve dan wel negatieve effecten voor de maatschappij te verwachten?

6c. In hoeverre hebben een groot aantal mensen een voor- of nadeel bij de maatregel?

2.2.2 Bedrijfsniveau

In onderstaande paragraaf worden de toetsingscriteria voor adaptatiemaatregelen op bedrijfsniveau weergegeven. Deze toetsingscriteria brengen de effecten van adaptatiemaatregelen op het bedrijfsniveau in beeld voor de opbrengstzekerheid, veerkracht, kosten, aansluitbaarheid op de bedrijfsvoering, sturingsmogelijkheden & flexibiliteit en neveneffecten.

1. Opbrengstzekerheid

In hoeverre draagt de maatregel bij aan de opbrengstzekerheid onder de verschillende klimaatrends?

a. De opbrengstzekerheid van gewassen in kg productie;

b. De opbrengstzekerheid in euro's (prijs*kg).

2. Veerkracht

Hoe veerkrachtiger het systeem, hoe beter extreme weersomstandigheden en klimaatveranderingen opgevangen kunnen worden. Een veerkrachtig boerenbedrijf kan ondanks weersextremen blijven produceren. Oftewel, in hoeverre draagt een maatregel bij aan het minder kwetsbaar maken van het landbouwbedrijf (veerkrachtiger maken) tegen te veel en/of te weinig water door een toename van de weersextremen?

a. In hoeverre wordt de veerkracht bij te veel water (hevige neerslag) beïnvloed door de maatregel?

b. In hoeverre wordt de veerkracht bij te weinig water (droogte) beïnvloed door de maatregel?

3. Investerings- en onderhoudskosten

Wat zijn de kosten van realisatie en beheer & onderhoud van de betreffende maatregel op het boerenbedrijf?

a. Welke kosten brengt de realisatie van de maatregel met zich mee?

b. Hoe veranderen de onderhoudskosten op het bedrijf na implementatie van de maatregel?

4. Aansluiting op bedrijfsvoering

In hoeverre verandert de maatregel de bedrijfsvoering op het boerenbedrijf?

a. In hoeverre beïnvloedt de maatregel de benodigde bewerkingen op het boerenbedrijf, zoals grondbewerkingen en teeltmanagement?

b. In hoeverre beïnvloedt de maatregel teeltbare gewassen op het boerenbedrijf?

5. Stuurbaarheid/flexibiliteit

Hier wordt ingegaan op de mate waarin de boer zelf kan beschikken over de maatregel of dat hij afhankelijk is van anderen partijen.

a. In hoeverre is de boer afhankelijk van andere partijen voor implementatie van de maatregel? Kan hij zelf bepalen of de maatregel toegepast wordt?

b. In hoeverre kan de boer de maatregel zelf aanpassen (sturen) onder veranderende omstandigheden om de effectiviteit te beïnvloeden?

6. Neveneffecten

Er kunnen verschillende neveneffecten optreden bij het toepassen van een klimaatadaptatiemaatregel.

a. Ziekten en plagen: in hoeverre heeft de maatregel een effect op het voorkomen of verminderen van ziekten en/of plagen?

b. Bemesting: in hoeverre beïnvloedt de maatregel de benodigde bemesting van de gewassen?

c. Bodemkwaliteit: in hoeverre beïnvloedt de maatregel de bodemkwaliteit?

2.3 Conclusie en synthese effecten

Bovenstaande toetsingscriteria gaan over individuele aspecten en effecten. Om een overzicht te krijgen van de mate waarin synergieën of knelpunten optreden, worden de resultaten op individuele aspecten samengevat en beoordeeld om tot een eindoordeel te kunnen komen. Dat wordt in eerste instantie per criterium gedaan en vervolgens per individueel schaalniveau: regionaal en bedrijf. Belangrijk hierbij is dat dit in dialoog met elkaar, regionale partners en lokale ondernemers, gebeurt. Deze synthese brengt in beeld wat de verschillende effecten zijn en kan gezien worden als een advies in geschiktheid van een maatregel voor het betreffende gebied. Een maatregel die vooral in synergieën resulteert, zou de voorkeur kunnen krijgen boven maatregelen die in veel knelpunten resulteren. Doordat knelpunten in beeld komen, kan vervolgens bekeken worden hoe deze knelpunten opgelost kunnen worden tussen de verschillende stakeholders van de twee schaalniveaus.

3 Resultaten gebiedsstudie Groningen

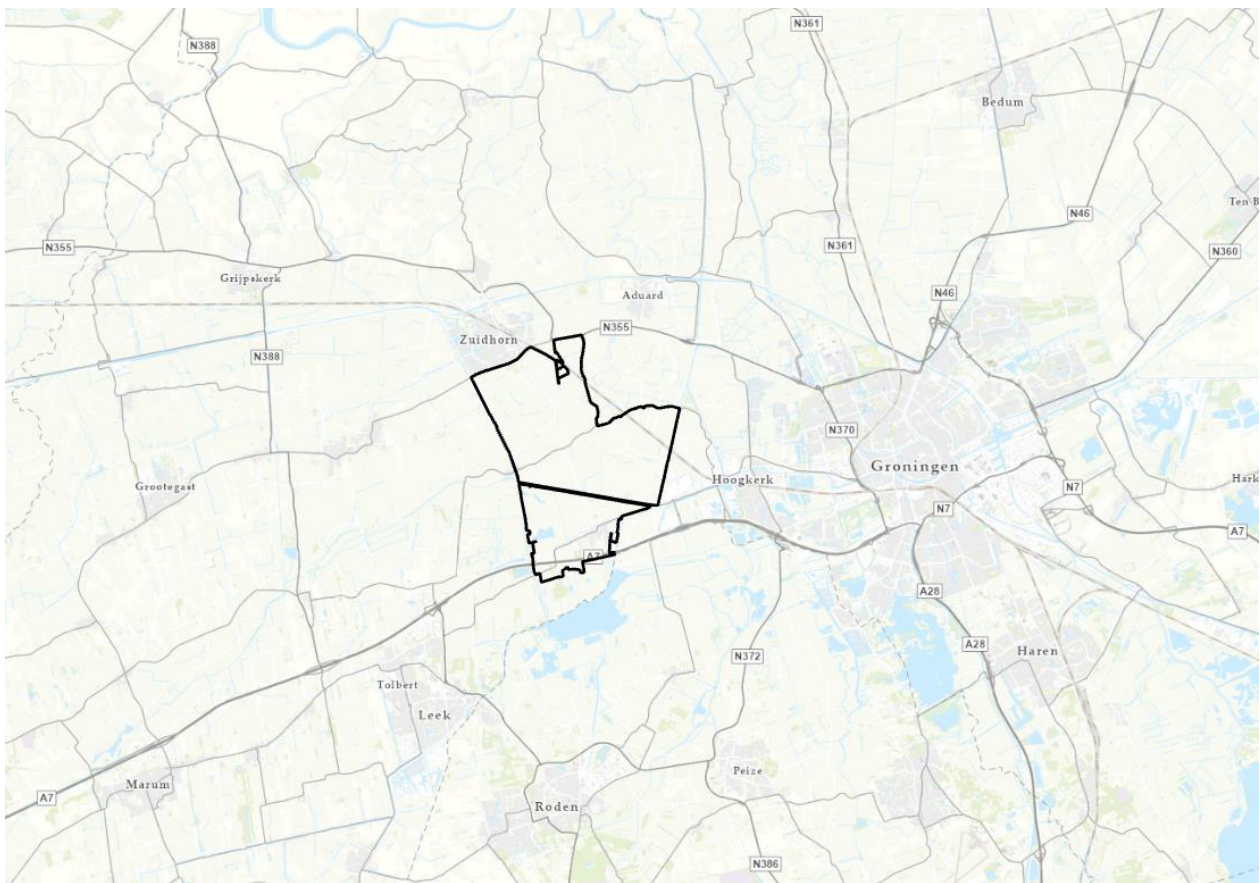
Samen met het Waterschap Noorderzijlvest en het Agrarisch Collectief Groningen West is in 2022 gewerkt aan een casus in Groningen. Het casusgebied (Figuur 5) is geselecteerd op basis van contacten en interesse van de stakeholders. Het behelst een melkveehouderijgebied met veel verschillende grondsoorten.

Na een veldbezoek met agrariërs in het casusgebied in Groningen is een aantal zaken omtrent klimaatverandering en -adaptatie naar voren gekomen:

- Waterberging tijdens natte winters in de bodems en aangelegde bassins van het Waterschap;
- Waterpeilen op gewenste hoogte houden tijdens droogte. Zeker op veengronden, omdat er anders omvangrijke oxidatie van veen ontstaat, met als gevolg broeikasgasemissies en maaivelddalend;
- Afvoer van overtollig water tijdens extreme neerslag en/of natte periodes;
- Spanningsveld tussen water vasthouden (hoge waterpeilen, volle buffers) en op tijd klaar zijn voor extra neerslag (buffer ruimte beschikbaar hebben/maken);
- Waterkwaliteitsopgave: Kaderrichtlijn Water.

Deze generieke aspecten zijn meegenomen en waar mogelijk nader uitgewerkt in de onderstaande analyses.

Bij de uitwerking van deze gebiedsstudie zijn de stappen uit de methodiek gevolgd. De opgaven op regio- en bedrijfsniveau zijn hieronder uitgewerkt, net als de geïdentificeerde maatregelen (par. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Vervolgens zijn voor de geselecteerde maatregelen de effecten op de toetsingscriteria bepaald en gepresenteerd (par. 3.2). De conclusie en synthese is te vinden in hoofdstuk 5.



Figuur 5 Kaartje van het casusgebied, ten westen van de stad Groningen.

3.1 Probleemanalyse en maatregelidentificatie

3.1.1 Gebiedsanalyse natuurlijk systeem

3.1.1.1 Ontstaansgeschiedenis

Om de ontstaansgeschiedenis van het casusgebied in Groningen beter te begrijpen, worden de verschillende tijdperken en hun invloed op het landschap, bodem en ondergrond hieronder beschreven.

Elsterien – 475.000 tot 410.000 jaar geleden

Het Elsterien is de glaciale periode tussen circa 475.000 tot 410.000 jaar geleden. Tijdens het Elsterien werd Noord-Nederland bedekt met landijs en werden er door vrijkomend smeltwater langgerekte en diepe geulsystemen (tunneldalen) gevormd in het landschap. Deze tunneldalen zijn tussen de 3 en 5 km breed en hebben een diepte van 100 tot 300 m (Meijles, 2015). Het smeltwater bevatte sedimenten die door de ijskap werden geërodeerd, waardoor er in deze tunneldalen een relatief grofkorrelig pakket aan sedimenten kon worden afgezet. Door het afsmelten van de ijskap tijdens het einde van het Elsterien vormden de tunneldalen een serie van diepe meren, waarin fijne (klei)sedimentdeeltjes kunnen sedimenteren, de zogenaamde Potklei. De invulling van deze tunneldalen valt voornamelijk onder de Formatie van Peelo (Figuur 6) en hebben door afwisselende zandige en kleiige samenstelling een belangrijke invloed op de geohydrologie van het gebied (Figuur 7).

Holsteinien – 410.000 tot 370.000 jaar geleden

In de opvolgende periode van het Holsteinien was het klimaat relatief warm en werd het gebied naar waarschijnlijkheid bedekt door een ondiepe zee of delta. Er zijn echter relatief weinig afzettingen achtergebleven uit deze periode in de ondergrond door de erosie van de volgende ijstijden, waarvan het Saalien waarschijnlijk de grootste invloed heeft gehad.

Saalien – 370.000 tot 130.000 jaar geleden

Het Saalien duurde van ca. 370.000 tot 130.000 jaar geleden. De laatste fase van het Saalien, van ca. 200.000 tot 130.000 jaar geleden, was het koudste deel van deze ijstijd. In deze tijd werd het noordelijke deel van Nederland door ijs bedekt. Door de voortbeweging van de ijskap werden de sedimenten in het noorden van Nederland gestuwd en konden zich (lage) stuwwallen vormen. Onder het landijs werd een grondmorene gevormd door de schurende werking en grote druk van het ijs. Deze grondmorene heeft een bijzondere afzettingen gevormd in de ondergrond, namelijk keileem. Keileem is een mengsel van zand, leem, klei en grotere zwerfkeien. De keileem valt onder de Formatie van Drente, laagpakket van Gieten (Figuur 6, Figuur 7). Water dringt over het algemeen moeilijk door keileem, waardoor het de lokale en regionale waterhuishouding beïnvloedt. Naast de grondmorene zijn er ook veelvuldig grofzandige afzettingen gevormd door van het landijs afkomstige smeltwaterstromen (Meijles, 2015).

Eemien – 126.000 tot 116.00 jaar geleden

De ijstijd van het Saalien werd opgevolgd door een warme periode, het Eemien interglaciaal. Tijdens het Eemien steeg de temperatuur sterk en smolten de aanwezige ijskappen. Waar de zeespiegel in het Saalien tot wel 100 m lager lag dan de huidige zeespiegel door de grote hoeveelheid opgeslagen water in sneeuw en ijskappen, kwam de zeespiegel tijdens het Eemien sterk omhoog door het afsmelten daarvan (Stouthamer et al., 2015). Hierdoor kon de zee tijdens het Eemien de relatief laaggelegen delen van het landschap binnendringen. Vervolgens werden er op deze locaties mariene sedimenten afgezet in een door getijden beïnvloed milieu (Meijles, 2015).

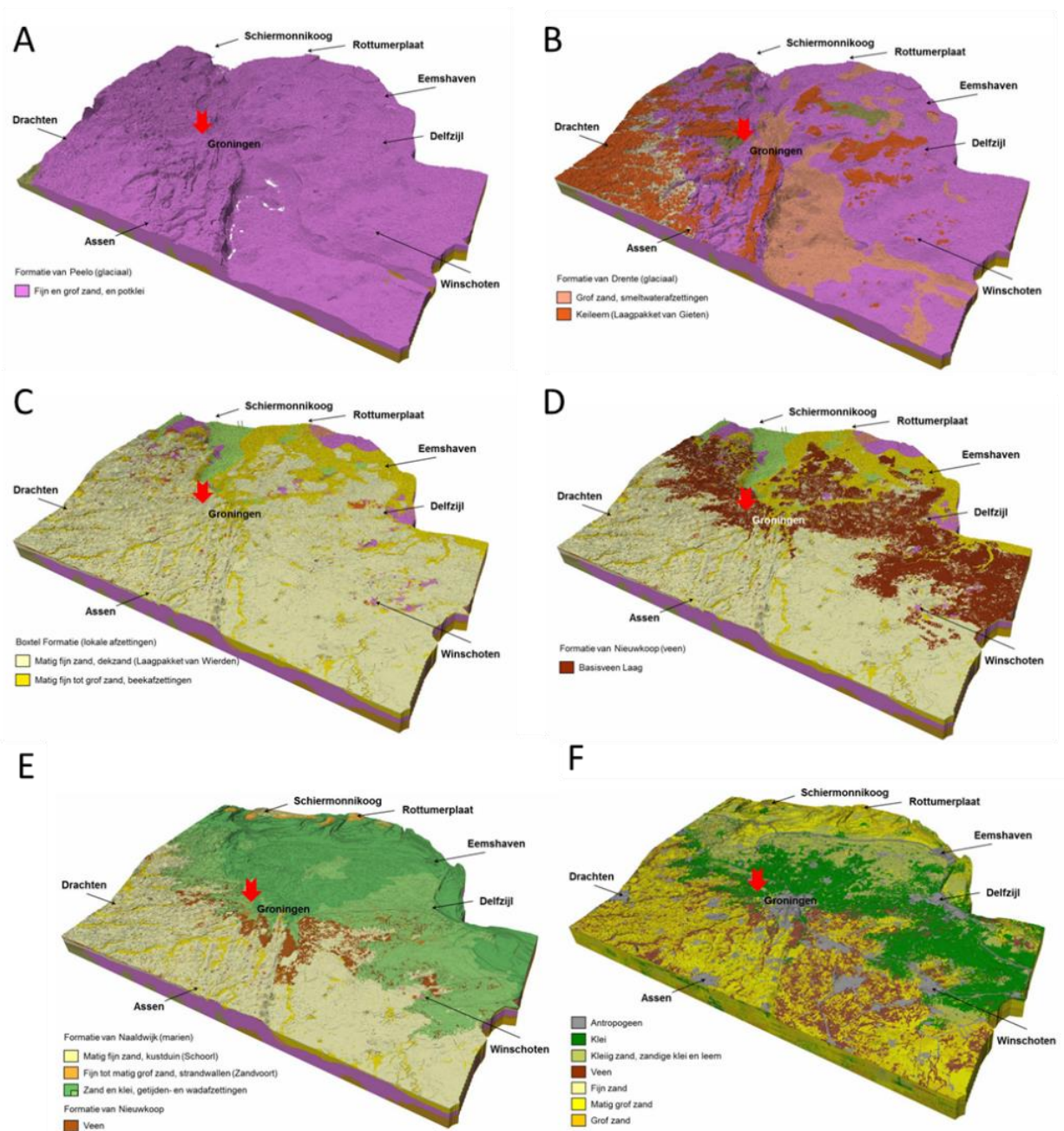
Weichselien – 116.000 tot 11.700 jaar geleden

Na de warme periode van het Eemien, werd het klimaat langzaam kouder en volgde er een nieuwe ijstijd: het Weichselien. Tijdens deze laatste ijstijd was het wederom extreem koud in Nederland en lag de zeespiegel veel lager dan deze tegenwoordig ligt door de vorming van nieuwe ijskappen in Scandinavië (Meijles, 2015). De ijskappen van het Weichselien bereikte Nederland niet, de maximale uitbereiding lag tot in Denemarken en Noordoost-Duitsland. Door de lage zeespiegel en beperkte vegetatiebedekking in Nederland tijdens de koudste periode van het Weichselien, kon er veel zand worden getransporteerd door de wind. Hierdoor zijn grote delen van Nederland bedekt geraakt door een licht glooiend pakket van zand: de dekzanden (Meijles, 2015). De dekzanden worden gegroepeerd in de Formatie van Bortel (Figuur 6, Figuur 7).

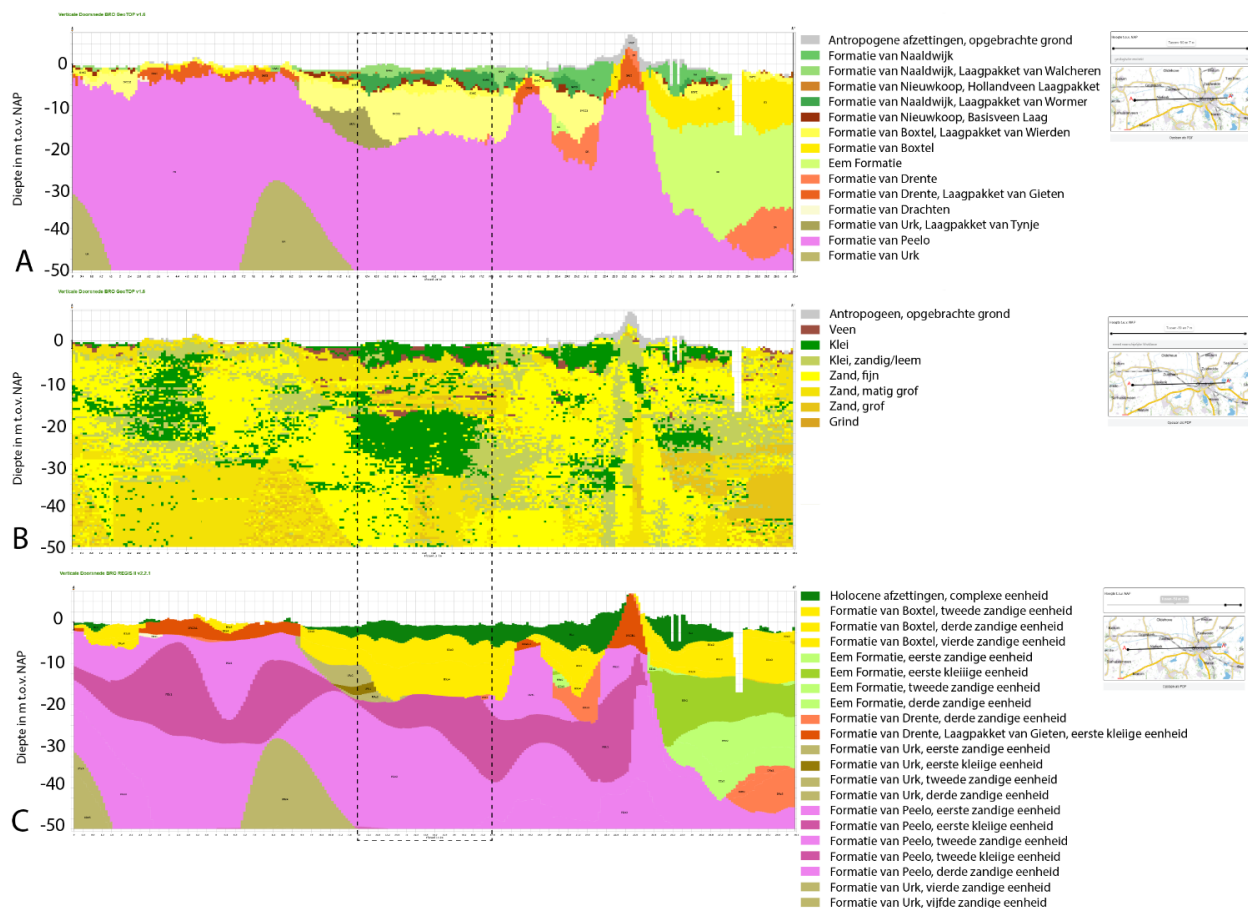
Holoceen – 11.700 jaar geleden tot heden

Na de laatste ijstijd begint rond 11.700 jaar geleden het Holoceen, de huidige warme periode. Gedurende het Holoceen stijgt de zeespiegel sterk. Onder invloed van de zeespiegelstijging steeg ook de grondwaterstand in het kustgebied. Hierdoor kon er veengroei plaatsvinden, omdat afgestorven plantenresten bewaard bleven onder het hoge waterniveau. Deze eerste veenvorming die plaatsvond op de Pleistocene zanden, wordt ook wel het basisveen genoemd (zie Figuur 6). Omdat de zeespiegel verder bleef stijgen, werden er vanaf ca. 7500 jaar geleden marine sedimenten afgezet in het gebied. Het ging hierbij voornamelijk om klei- en zandafzettingen, waarbij de laatstgenoemde vooral in de getijdegeulen werden afgezet. De invloed van de zee bleef beperkt tot een relatief klein gebied. Door de blijvende stijgende zeespiegel kon de veenvorming zich echter verder landinwaarts uitbreiden. Doordat de kustlijn zich vanaf circa 5000 jaar geleden begon te sluiten, kon er achter de strandwallen een uitgestrekt veengebied ontstaan dat grote delen van het gebied besloeg. Dit wordt ook wel het Hollandveen genoemd (Figuur 7). Toch bleven er inhammen van de zee in het veengebied bestaan, waaruit periodiek zeeklei op het veen kon worden afgezet (Stouthamer et al., 2015). De invloed van de zee op het gebied werd groter door de toenemende invloed van de mens. Hierdoor werd het veen ontgonnen door de aanleg van afwateringstelsels. Dit leidde tot oxidatie en compactie van het veen, met bodemdaling als gevolg. Mede hierdoor was het mogelijk dat er, vooral vanaf de Middeleeuwen, op grote schaal zee-inbraken plaatsvonden en er bijna overal in het gebied een dikke laag klei werd afgezet. Pas toen men het land begon te bedijken (vanaf circa de 12^e eeuw), werden grote delen van het gebied afgeschermd van de invloeden van de zee en vond er geen nieuwe sedimentatie meer plaats (Meijles, 2015).

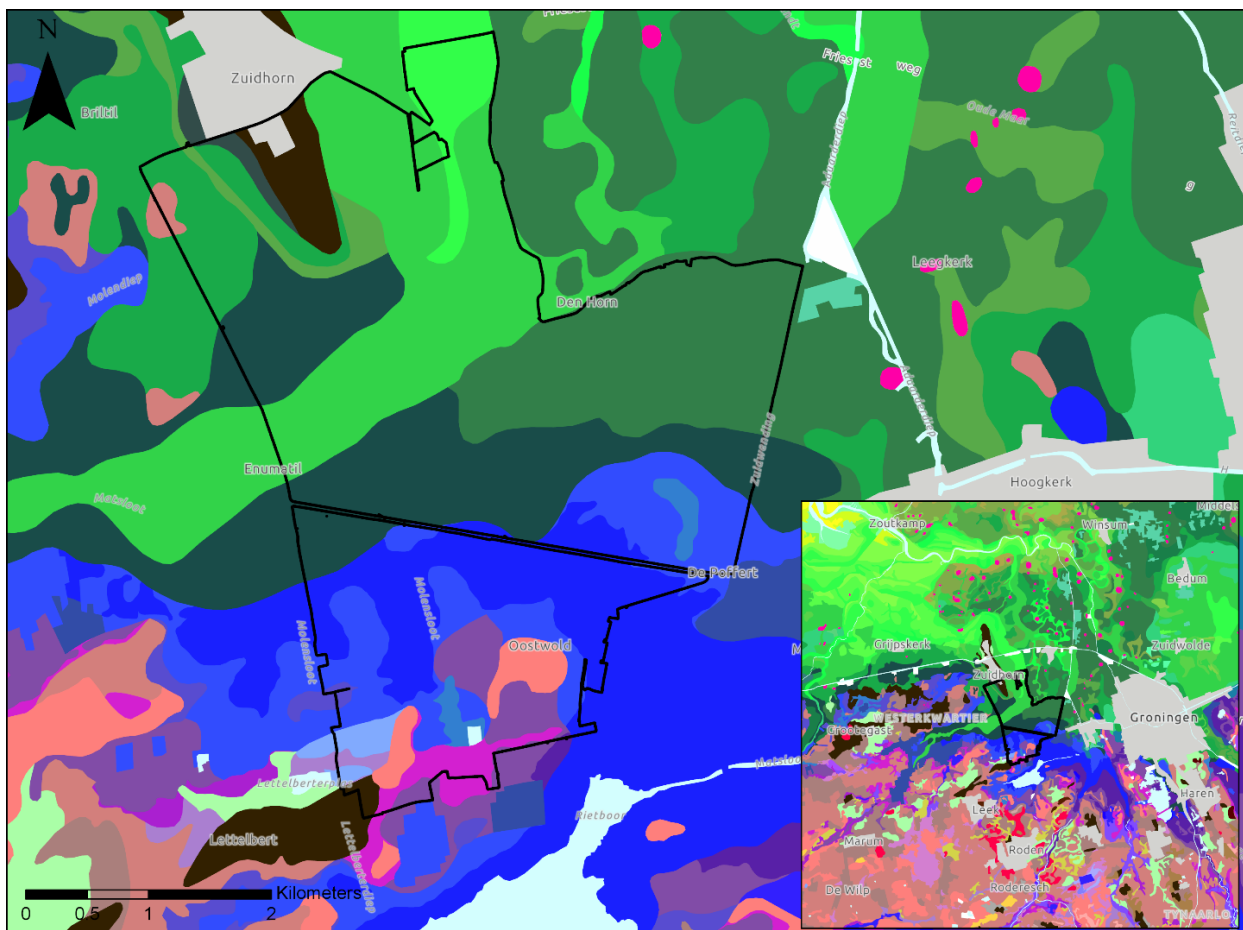
Al met al is de vorming van het Groningse kustlandschap het resultaat van een lange periode waarin verschillende landschapsvormende processen gezorgd hebben voor een grote variëteit in de ondergrond, aan landschapstypes en aan bodemtypes. Deze gevarieerde bodem- en ondergrondsamenstelling is waarneembaar wanneer wordt gekeken naar de huidige bodemkaart van het gebied (Figuur 8). Zichtbaar is dat er in het projectgebied in Groningen verschillende typen zeekleigronden voorkomen, onder andere (knippige) poldervaaggronden. Naast de zeekleigronden komen er veengronden voor, zoals waardveengronden en weideveengronden (Figuur 8). Beide typen hebben een zavel- of kleidek. Naast de zeeklei- en veengronden zijn er in het gebied zwarte enkeerdgronden te vinden op hogere delen. Dit zijn dikke eerdgronden met een esdek, bestaande uit zand en een hoge ligging ten opzichte van het grondwater (bodemdata.nl). De combinatie van een gevarieerde substraatsamenstelling van de ondergrond (zand, klei, veen), het aanwezige reliëf, de hydrologie, landgebruik en de tijd heeft geleid tot het aanwezige mozaïek van verschillende bodems op een relatief korte afstand.



Figuur 6 Overzicht van de opbouw van de ondergrond sinds het Elsterien overgenomen uit Meijles (2015). Afzettingen gevormd ten tijde van het A) Elsterien, B) Saalien, C) Weichselien, D) Holoceen, basisveen, E) Holoceen, zee- en kustafzettingen. Deze ontstaansgeschiedenis heeft gezorgd voor een sterk variërende samenstelling van de ondergrond (F). De rode pijl geeft het casusgebied aan.



Figuur 7 Dwarsdoorsnede door de gemodelleerde ondiepe geologie van het plangebied (gestreept omlijnd) en omgeving. Paneel A laat de Formaties van de ondiepe geologie zien. Paneel B geeft de waarschijnlijkste voorkomende lithoklasse (klei/zand/veen) weer. Paneel C geeft de indeling in geohydrologische eenheden weer. Deze zijn van groot belang voor de grondwaterstroming in het gebied, waarbij de kleiige eenheden slecht water doorlaten en zandige eenheden relatief goed (Bron: Dinoloket.nl).



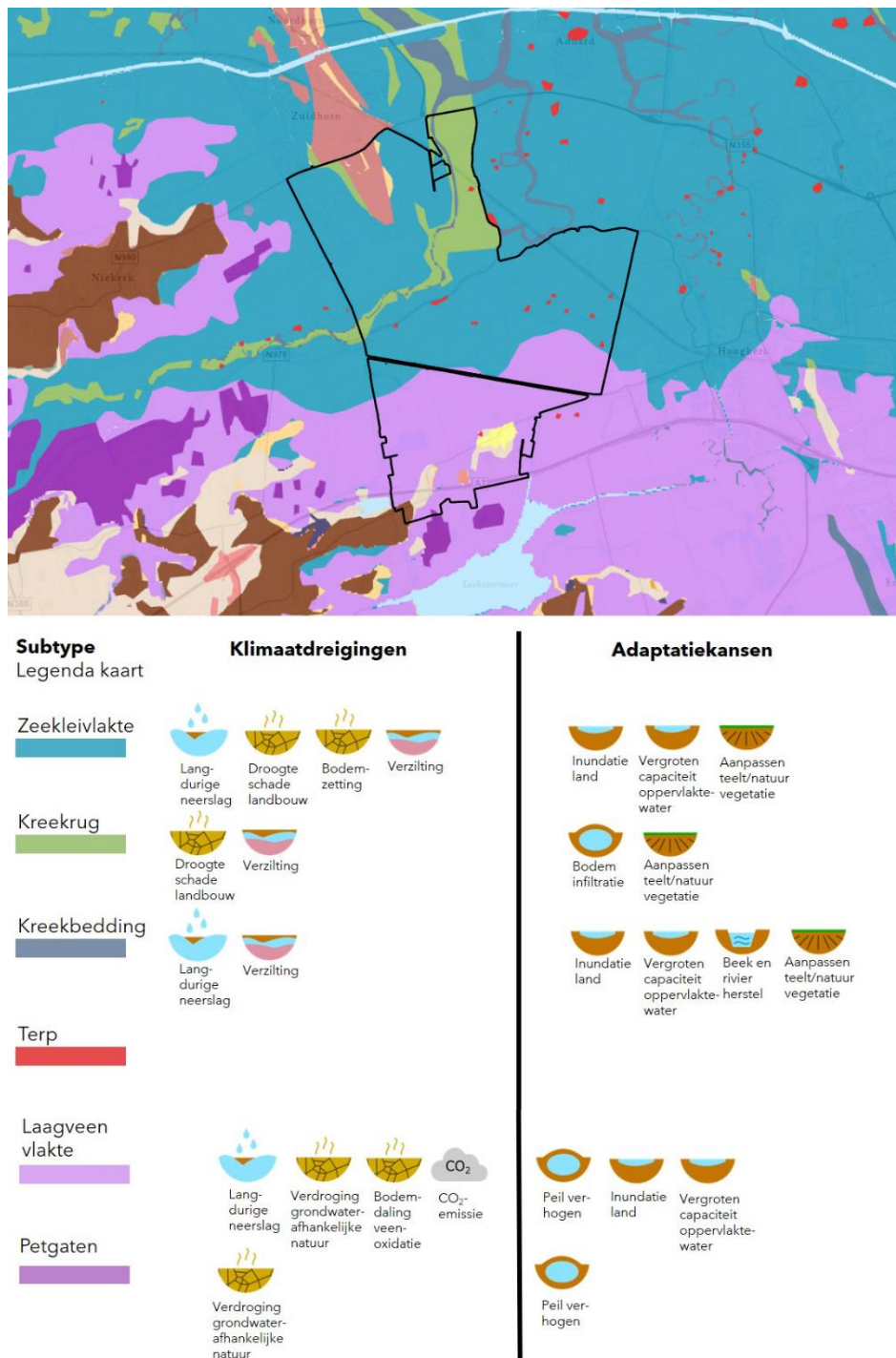
Figuur 8 Bodemkaart van het projectgebied en aangrenzende regio. In de groene kleuren zijn de zeekleigronden in het gebied te zien. De paarse en blauwe kleuren geven veengronden weer en de roze/bruine kleuren de podsolgronden in de (voornamelijk) zandgronden.

3.1.1.2 Landschapstypen

Ondanks dat de eigenschappen van het landschap op het gebied van reliëf, bodem en ondergrond vaak worden beschreven en weergegeven in afzonderlijke producten en kaartbeelden zijn ze, zoals eerder benoemd, onlosmakelijk met elkaar verbonden. Daarom is het ook wenselijk om de informatie over de ontstaansgeschiedenis en bodemvorming, waar mogelijk, samen te brengen in één kaartbeeld met zogenaamde landschapseenheden. Op deze manier kan het gebied beschreven worden in eenheden die soortgelijke eigenschappen hebben wat betreft ontstaansgeschiedenis en (fysische) bodemeigenschappen. Zo is in het projectgebied bijvoorbeeld onderscheid te maken tussen zandige en zavelige kreekruigen in de verder kalkarme, vochtige tot natte zeekleivlakte (Figuur 8). Daarnaast komen er in het zuidelijke gedeelte van het gebied ook laagveenvlaktes voor.

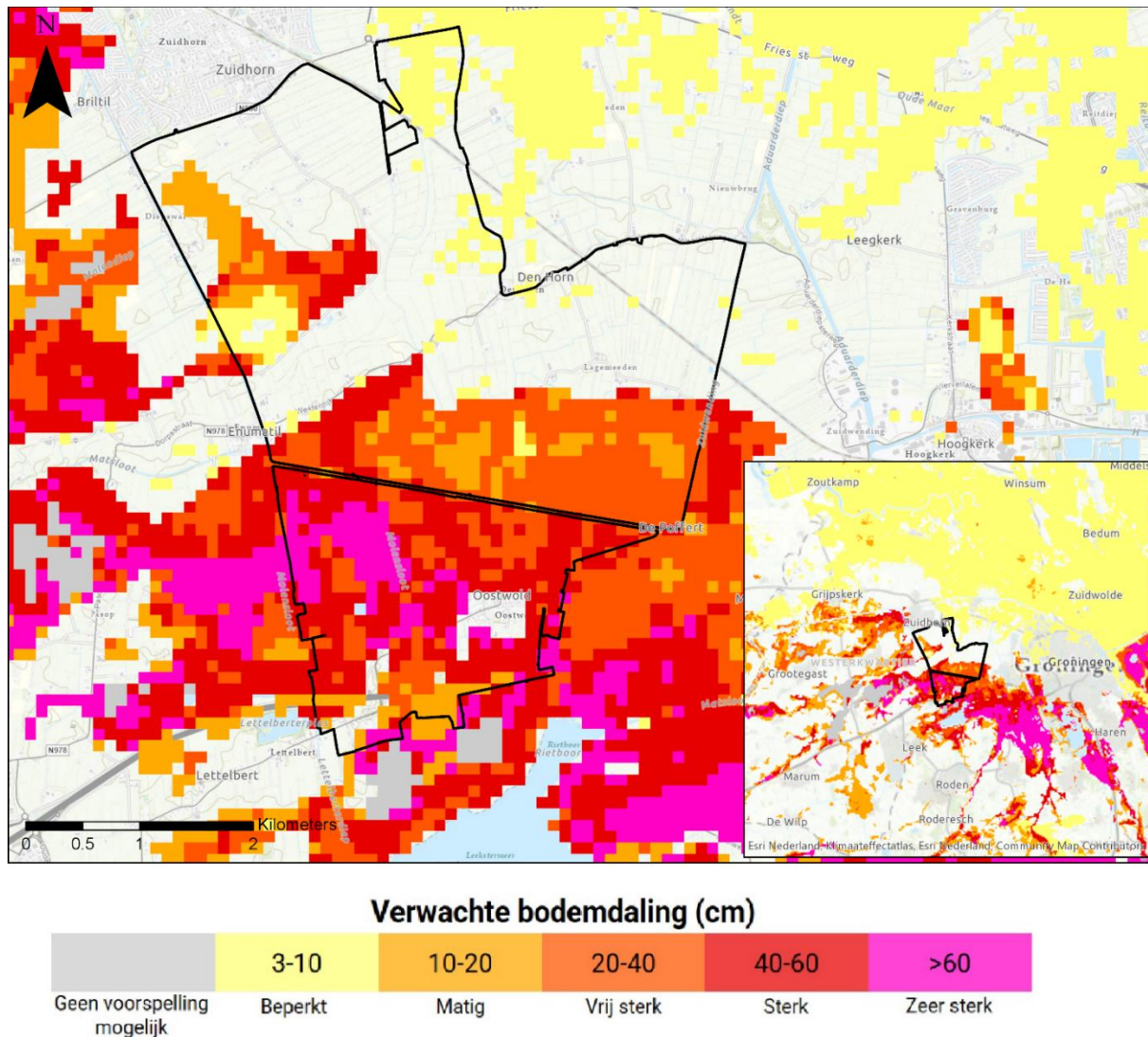
3.1.1.3 Klimaatdreigingen en adaptatiekansen

De verschillende landschapstypen hebben hun eigen gunstige eigenschappen voor landgebruik, maar hebben ook hun klimaatdreigingen onder de huidige en voorspelde klimaatveranderingen (Figuur 9). De vlaktes in het zeekleigebied zijn gevoelig voor droogteschade en bodembewegingen door (seizoensgebonden) krimp en zwel van de kleigronden. Ook zijn deze kleigebieden erg gevoelig voor zowel langdurige als kortstondige en hevige neerslag door de relatieve ondoorlatendheid van de klei en de lage ligging in het gebied. Hierdoor liggen problemen, zoals wateroverlast op het land, op de loer. Daarnaast neemt de zekerheid dat het water op tijd afgevoerd kan worden via het watersysteem ook af. Om met de verwachte nattere winters om te kunnen gaan, kan er gedacht worden aan het aanpassen van de teelten of grassoorten, zodat het effect van deze klimaatdreigingen kan worden ingeperkt. Daarnaast is het mogelijk om bepaalde laaggelegen gebieden aan te wijzen voor waterberging in de natte periodes.



Figuur 9 Overzicht van de verschillende klimaatdreigingen en kansen voor het gebied op basis van de klimaat-effectatlas.nl.

Op locaties waar veen onder de klei voorkomt, ontstaat het gevaar van bodemdaling door oxidatie van het veen tijdens periodes van langdurige droogte (Figuur 10). Door droogte kunnen grondwaterstanden diep uitzakken. Deze dreiging is urgent in de veengebieden, waarbij het veen niet of minder beschermd wordt voor zuurstofindringing door afwezigheid van een kleilaag. Het risico op bodemdaling wordt daarnaast vergroot wanneer een grote drooglegging wordt gehanteerd voor optimaal landgebruik. Ondanks dat er nu nog voldoende wateraanvoer mogelijk is, zal dit in de toekomst waarschijnlijk niet altijd het geval zijn door toenemende zoetwatertekorten, met een toenemend risico op bodemdaling tot gevolg.



Figuur 10 Verwachte bodemdaling in cm in 2100, weer uitgaande van een sterke opwarming (klimaat-effectatlas.nl).

Voor de Klimaat-effectatlas is er een verwachting geschetst van de bodemdaling door veenoxidatie in 2100 onder de gevolgen van klimaatverandering en het continueren van peilindexatie (Figuur 10). Deze kaart laat zien dat de maaiveld-daling met name in het zuidelijke deel van het gebied sterk kan zijn, met verwachte waarden die veelal de 40 cm passeren. Om bodemdaling door oxidatie tegen te gaan, is het van belang om de grondwaterstanden jaarrond zo hoog mogelijk te houden. Dit kan door het verminderen van de drooglegging (peilverhoging). Als gevolg van de verwachte zeespiegelstijging, bodemdaling door oxidatie en toename in het zoetwatergebruik, neemt de kans op indringing van zout of brak grondwater toe. Ook in dit gebied is er kans op verzilting tegen het jaar 2050, wat gevolgen kan hebben voor de beschikbaarheid van zoetwater (klimaat-effectatlas.nl).

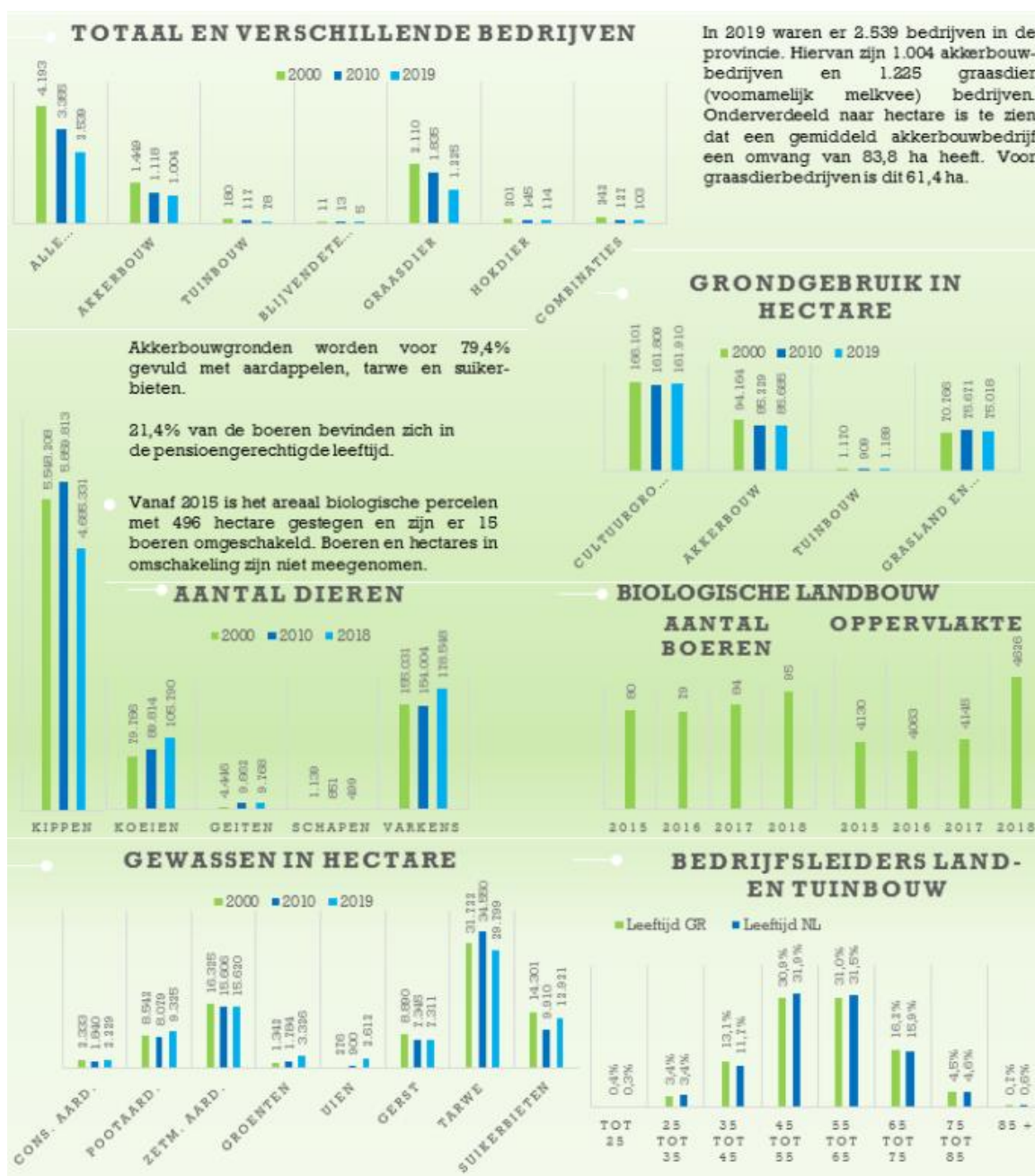
Klimaatverandering vindt plaats op grote schaal. De gevolgen voor landgebruik hangen, zoals genoemd, voor een groot gedeelte samen met de aanwezige landschapseenheden en hun specifieke klimaatdreigingen. Om

hiermee om te gaan, speelt de relatie tussen verschillende schaalniveaus en processen een belangrijke rol bij klimaatadaptatie. Adaptatiemaatregelen in een deel van het bodem- en watersysteem hebben namelijk invloed op aangrenzende gebieden. Het is daarom van belang om in beeld te brengen hoe maatregelen op individueel (bedrijfs)niveau bijdragen aan oplossingen op landschapseenheden op regionaal niveau. Alleen door een synergie te creëren tussen adaptatiemaatregelen op gebieds- en bedrijfsniveau is het mogelijk om de negatieve gevolgen van (toekomstige) klimaatveranderingen (gedeeltelijk) te compenseren.

3.1.2 Bedrijfsanalyse

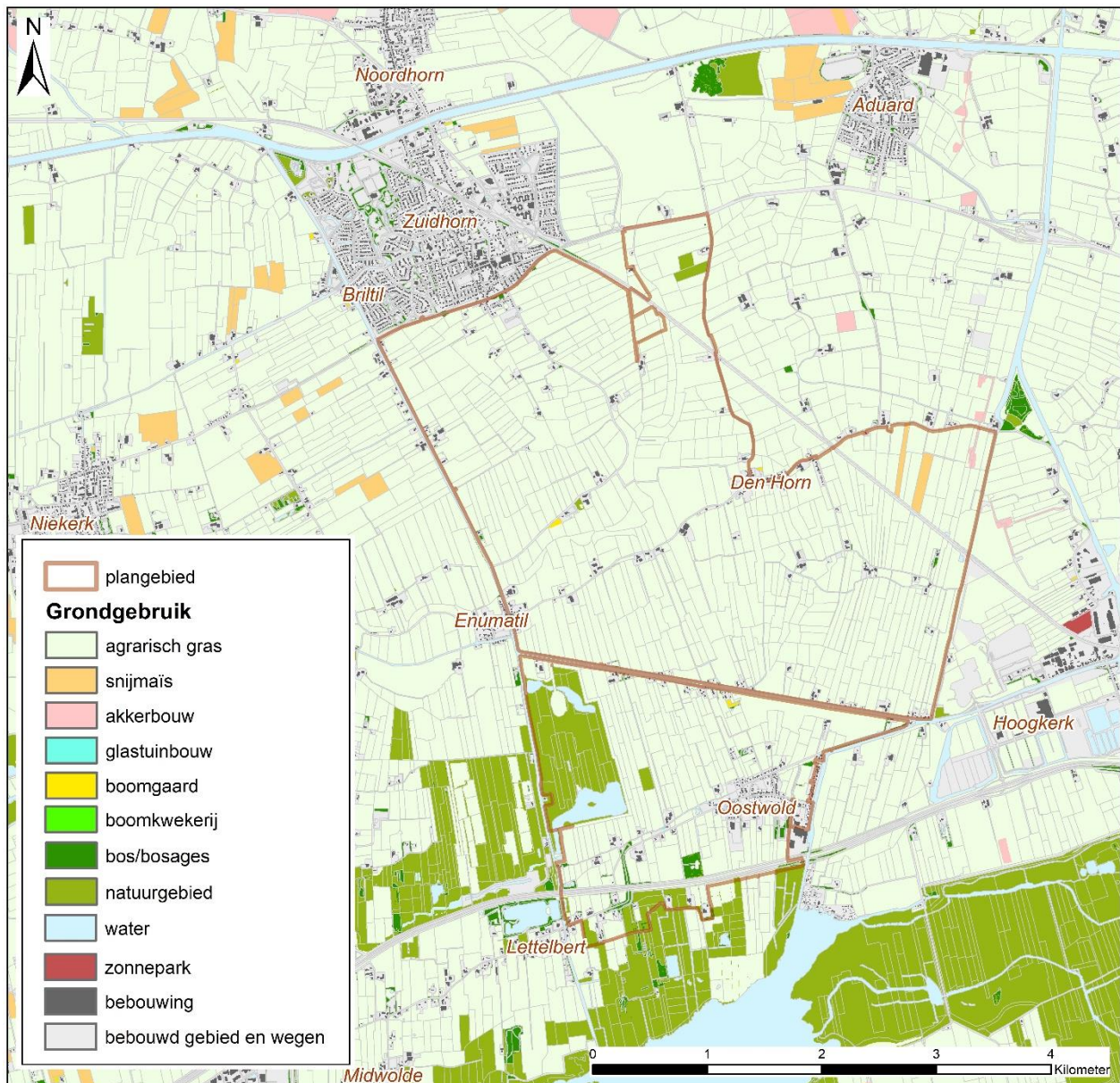
De landbouw in Groningen draagt al lange tijd bij aan de ontwikkeling en welvaart van de provincie, met name de Groningse economie en werkgelegenheid (Provincie Groningen, 2020). Landbouwproducten vanuit de provincie worden voor een groot deel op de bedrijven verwerkt en getransporteerd binnen Nederland en naar het buitenland. In de provincie zijn zo'n 2500 bedrijven gevestigd (Figuur 11). Iets meer dan de helft wordt gebruikt voor de akkerbouw. De rest wordt voornamelijk gebruikt door de melkveehouderij.

Aardappel, graan, suikerbieten, maïs en gras zijn de meest voorkomende teelten in de regio. Ongeveer 70% van het landgebruik in Groningen is agrarisch.



Figuur 11 Landbouwdata provincie Groningen, 2020 (Provincie Groningen, 2020).

In onderstaand Figuur 12 wordt ingezoomd op het specifieke casusgebied waarin input vanuit het bedrijfs- en regioperspectief is opgehaald in een gebiedsstudie. In het casusgebied komt met name het agrarisch grondgebruik met gras voor. Het gebied wordt dus gedomineerd door de melkveehouderij.



Figuur 12 Casusgebied Groningen, inclusief het type grondgebruik.

Op basis van het grondgebruik in het casusgebied, zal de bedrijfsanalyse zich focussen op melkveebedrijven in Groningen met gras en/of maïs in de bedrijfsvoering.

Allereerst is een verkenning van bestaande literatuur uitgevoerd. Kennis uit de literatuur is ingedeeld in verschillende categorieën: toekomstige klimaatsituatie (het wordt natter, droger, warmer, de zeespiegel stijgt en de CO₂-concentratie stijgt), definitie van de klimaatsituatie, grondsoort die voor het bedrijf de grootste hinder ondervindt van de klimaatsituatie, knelpunten en kansen op bedrijfsniveau, consequentie van de knelpunten en kansen op bedrijfsniveau en de te nemen maatregelen om knelpunten in te perken. Om de kennis uit de literatuurstudie te toetsen en aan te vullen, is interne expertkennis en praktijkervaring vanuit Wageningen Livestock Research (WLR) gebruikt.

Voor een agrariër is het met name interessant om de financiële effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau inzichtelijk te krijgen. Om dit inzicht in de effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau

te kunnen geven, is expertkennis en literatuur ingezet en is gebruikgemaakt van bestaande tools, zoals de Klimaateffectatlas. Inzicht in de financiële effecten van klimaatverandering waren met name beschikbaar voor de klimaatsituaties 'het wordt natter', 'het wordt droger' en 'het wordt warmer'.

Per klimaatsituatie worden hieronder de literatuurstudies en effecten op bedrijfsniveau voor de voorgenoemde klimaatsituaties besproken.

3.1.2.1 Het wordt natter

Algemeen beeld

De klimaatsituatie 'het wordt natter' kan worden gedefinieerd als 'hevige regenval (hoosbuien) of lange, aansluitende perioden met regen'. Een nattere winter en hevige regenval in de zomerperiode zijn voornamelijk een knelpunt op veen- en kleigronden. Op klei kan door vernatting structuurbederf van de bodem plaatsvinden, waardoor meer water op het land blijft staan. Op veen kunnen natte omstandigheden zorgen voor wateroverlast door de vaak bestaande hogere grondwaterpeilen. In Tabel 2 zijn de knelpunten en kansen, consequenties, maatregelen en bronnen weergegeven voor de klimaatsituatie 'het wordt natter'.

De grootste knelpunten die ontstaan door 'het wordt natter', zijn natschade aan de graszode en/of verlies van maïssoort, wateroverlast op het land, minder mogelijkheid tot beweiding en ondergrondverdichting. De consequentie is dat extra werkzaamheden moeten worden verricht om schade aan de graszode, maïsveld en bodem op te heffen. Daarnaast bestaat de kans dat extra voer moet worden ingekocht, omdat opbrengstderving voor een voertekort zorgt of omdat vee niet naar buiten kan.

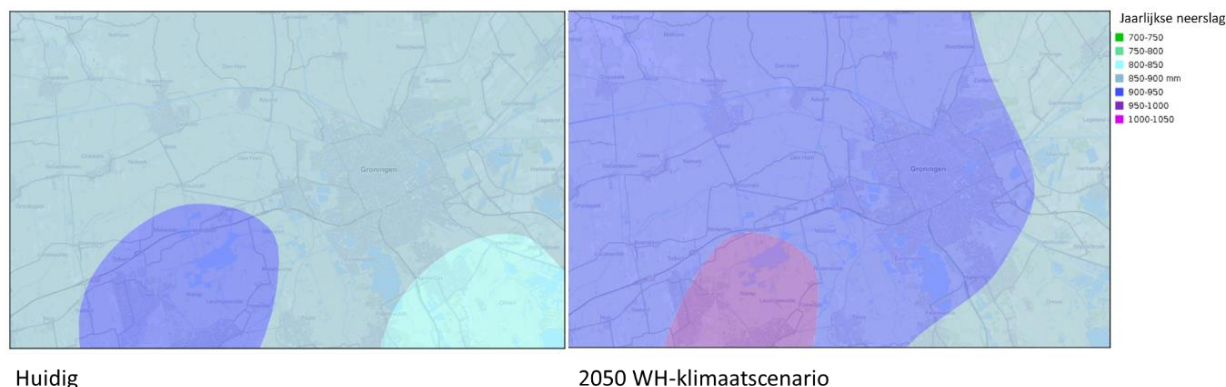
Tabel 2 Knelpunten (rood), kansen (groen), consequenties op bedrijfsniveau, maatregel en schaalniveau waarop de maatregel genomen wordt voor de klimaattrend 'het wordt natter'.

Knelpunten (rood)/ kansen (groen)	Consequentie	Maatregel	Schaalniveau maatregel	Bron
Natschade aan de graszode en/of het verlies van maïssoort door een hoge grondwaterstand in het perceel.	Het herstellen van schade aan de graszode, maïsveld en bodem	Flexibel peilbeheer	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Pouwels et al., 2021
	Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit en productverlies	Klimaatadaptieve drainage; opzetten van het waterpeil in een perceel in tijden van droogte en het omlaag zetten van het peil voor extra waterafvoer	Bedrijfsniveau	Pijlman et al., 2020; STOWA, 2022; De Vries et al., 2018
Overstromingen door het bezuigen van secundaire waterkering door toenemende druk van extreme regenval in Nederland en het buitenland.	Het herstellen van schade aan de graszode, maïsveld, bodem, afastering. Het opruimen van zwerfvuil	Creëren van een waterberging	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Van Hattum et al., 2019; de Vries et al., 2018
Wateroverlast op het land door ontoereikende waterafvoer na het vallen van een piekbui.	Het herstellen van schade aan de graszode, maïsveld en bodem	Verhogen van het aandeel organische stof in de bodem	Bedrijfsniveau	Verstand et al., 2021
	Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit	Creëren van een waterberging	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Van Hattum et al., 2019; de Vries et al., 2018
Minder mogelijkheid tot het beweiden van vee door een te natte en zachte grasmat.	Herstel van de graszode na beweiding of berijding door vertrappingsverliezen, berijdingsverliezen, structuurbederf en vertraagde gewasgroei	Klimaatadaptieve drainage	Bedrijfsniveau	Pijlman et al., 2020; STOWA, 2022; Hoving et al., 2021
	Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit			

Knelpunten (rood)/ kansen (groen)	Consequentie	Maatregel	Schaalniveau maatregel	Bron
Ondergrondverdichting die met name op kleigrond ontstaat door vernatting van de klei. Dit betekent dat de poriën in de bodem verdwijnen of substantieel minder worden. Dit belemmert lucht- en watertransport in de bodem, waardoor plantenwortels niet goed groeien en kunnen rotten. Door deze porie-verdichting kan langtijdig water op het land blijven staan.	Herstel van de bodem door structuurbederf en vertraagde gewasgroei	Gebruik van lichtere machines, bredere banden/lagere bandenspanning, vaste rijpaden, drukwisselsysteem.	Bedrijfsniveau	Bakema et al., 2021
	Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit	Beter bodembeheer en daarmee het verbeteren van het bodemleven door organisch materiaal aan de bodem toe te voegen. Dit kan onder andere door meer hectares maïs om te zetten naar grasland. (Blijvend) grasland draagt bij aan koolstofvastlegging in de bodem.	Bedrijfsniveau	Frijs et al., 2018; Dijkshoorn-Dekker et al., 2020
		Mechanisch opheffen van bodemverdichting; gereduceerde grondbewerking, voorkomen/opheffen slemp	Bedrijfsniveau	Van Balen et al., 2021
Door grote regenbuien of langdurige regenval ontstaat kans op de toename van uit- en afspoeling van nutriënten van het land richting het oppervlaktewater. Dit is nadelig voor zowel de waterkwaliteit als de nutriënten-beschikbaarheid voor de gewassen.	Achteruitgang van de waterkwaliteit. Dit is nadelig voor het behalen van wettelijke waterkwaliteitsdoelen. Consequenties hiervan zijn nog niet direct in zicht. (Unie van Waterschappen)	Afvangen/hergebruiken nutriënten (pilots)	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Ursem et al., 2021
	Daarnaast schaadt het de waterkwaliteit voor gebruik in de bedrijfsvoering, waardoor kostbaar drinkwater moet worden gebruikt. Verder ontstaat een efficiëntieverlies van nutriënten uit de bodem voor de boer. Dit betekent dat een boer vaker of meer nutriënten op het land moet brengen om hetzelfde resultaat te behalen.	Verhogen organischestofgehalte van de bodem	Bedrijfsniveau	
Door natte omstandigheden kunnen ziekten en plagen eerder voor gewasschade zorgen.	Extra gewasbescherming nodig om ziekten en plagen te vermijden	Rassen die resistenter zijn tegen ziekten en plagen	Bedrijfsniveau	Verstand et al., 2022

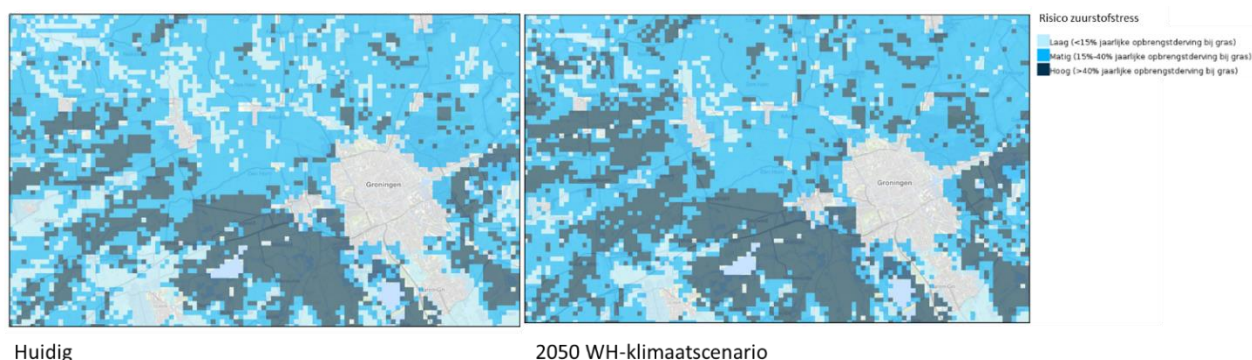
Risico's nader bekeken

Resultaten uit de Klimaateffectatlas voor 'het wordt natter' zijn gebruikt om de toename in neerslag in beeld te brengen. Allereerst is gekeken naar de huidige jaarlijkse neerslag vergeleken met de voorspelde jaarlijkse neerslag in 2050 binnen het W_H-klimaatscenario voor het gebied in provincie Groningen. Figuur 13 illustreert de huidige neerslag (ca. 850-900 mm per jaar) vergeleken met de voorspelling voor 2050. Hier is duidelijk zichtbaar dat de hoeveelheid neerslag per jaar gemiddeld gezien in het casusgebied zal toenemen van 800-850 mm per jaar naar 950-1000 mm per jaar.



Figuur 13 Huidige jaarlijkse neerslag en voorspelde jaarlijkse neerslag in 2050 aan de hand van het WH-klimaatscenario in casusgebied Groningen (Klimaat-effectatlas).

Mede door vernatting kan een zuurstoftekort in de bodem ontstaan, waardoor opbrengstderving kan plaatsvinden. Figuur 14 toont het huidige risico op zuurstofstress vergeleken met het voorspelde risico in 2050. Het risico op zuurstofstress in grasland is in de huidige situatie al vrij hoog (Figuur 14, links). Aan de hand van het klimaatscenario wordt voorspeld dat deze in een aantal gebieden zal verhogen naar een hoog risico op zuurstofstress (<40% opbrengstderving).



Figuur 14 Huidige zuurstofstress en voorspelde zuurstofstress voor 2050 aan de hand van het WH-klimaatscenario in casusgebied Groningen (Klimaat-effectatlas).

Al met al ondervindt het huidige casusgebied momenteel veel last van een hoge jaarlijkse neerslag met het daarbijkomende risico op zuurstofstress in gras. De verwachting is dat de zuurstofstress in 2050 aan de hand van het WH-klimaatscenario zal toenemen, waarna een grotere kans op opbrengstderving ontstaat.

3.1.2.2 Het wordt droger

Algemeen beeld

De klimaatsituatie 'het wordt droger' kan worden gedefinieerd als 'een aaneensluitende periode zonder regenval'. De effecten van droogte zijn merkbaar op elke grondsoort. Verschil in de oorzaak van droogte kan echter verschillen. Op zandgrond zal grondwater sneller uitzakken, waardoor wortels niet meer bij het grondwater kunnen komen. Dit zorgt ervoor dat de plant uitdroogt. Op veengrond kan droogte zorgen voor een verlaging van het grondwaterpeil, waardoor (versnelde) veenoxidatie kan plaatsvinden. Door het zakken van het grondwater zorgt zuurstof in het veen voor oxidatie (ander woord voor verbranding), waardoor de bodem daalt. Op kleigrond kan droogte zorgen voor structuurbederf door scheurvorming. Wanneer na lange tijd droogte regen valt, zal deze ook heel lastig in de grond infiltreren. In Tabel 3 zijn de knelpunten en kansen, consequenties, maatregelen en bronnen weergegeven voor de klimaatsituatie 'het wordt droger'.

Droogte geeft met name een knelpunt op het ontstaan van droogteschade (in het voorjaar met name een knelpunt voor de kieming van maïs), kans op verzilting en bodemdaling. De consequentie is dat

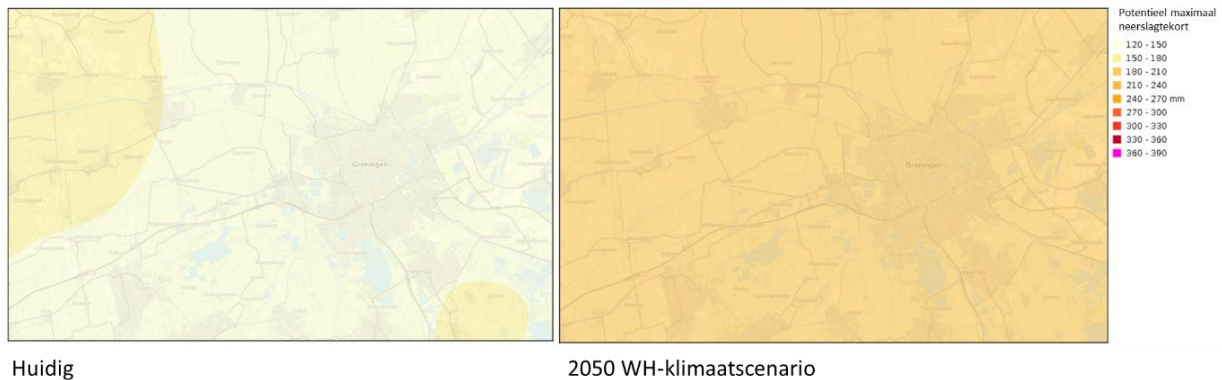
herstelwerkzaamheden moeten plaatsvinden om schade aan de graszode of maïsveld op te heffen, extra brandstofkosten moeten worden gemaakt voor het beregenen van percelen of dat schade aan percelen en gebouwen optreedt door bodemdaling.

Tabel 3 Knelpunten (rood), kansen (groen), consequenties op bedrijfsniveau, maatregel en schaalniveau waarop de maatregel genomen wordt voor de klimaatrend 'het wordt droger'.

Knelpunten(rood)/kansen (groen)	Consequentie	Maatregel	Schaalniveau maatregel	Bron
Als het langdurig droog is, ontstaat een tekort aan zoetwatertoevoer in zowel grond- als oppervlaktewater voor het irrigeren van gewassen. Lange perioden van droogte hebben gewasschade tot gevolg.	Herstelwerkzaamheden aan graszode of maïsveld die door droogte is beschadigd.	Efficiënter beregenen - druppelirrigatie	Bedrijfsniveau	Dagar et al., 2019
		Flexibel peilbeheer	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Pezij et al., 2022
	Extra brandstofkosten voor het draaiend houden van beregeningsinstallaties	Droogtetolerantere gewassen	Bedrijfsniveau	Dagar et al., 2019
Doordat er onvoldoende zoetwatertoevoer in het watersysteem is, wordt de druk van zoutwater groter. Dit zorgt ervoor dat zoutwater via de ondergrond en het oppervlaktewatersysteem langzaam het systeem in komt. Dit heeft als gevolg dat de bodem en het lokale watersysteem verzilten. De verzilting zorgt voor zoutstress in gewassen en verlaagt de waterkwaliteit voor consumptie door vee.	Verlies aan opbrengst door zoutstress aan gewassen	Lokaal vasthouden van water door middel van stuwtjes	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Dagar et al., 2019
	Herstelwerkzaamheden aan graszode of maïs die door verzilting is beschadigd	Klimaatadaptieve drainage	Bedrijfsniveau	STOWA, 2022
		Creëren van een waterberging waar in droge tijden zoetwater uit kan worden geput	Regionaal en/of bedrijfsniveau	Godde et al., 2022; Visscher, 2012
	Daarnaast schaadt verzilting de waterkwaliteit voor gebruik in de bedrijfsvoering, waardoor kostbaar drinkwater moet worden gebruikt.			
Veengrond oxideert zodra de grondwaterstand daalt en het veen droog komt te staan. De zuurstof die bij het veen komt, zorgt voor verbranding van het veen. Met deze verbranding komt CO ₂ vrij. Daarnaast verdwijnt het veen waardoor de bodem daalt – bodemdaling. Bodemdaling zorgt onder andere voor schade aan gebouwen en ongelijk bouwland, waardoor de drooglegging steeds kleiner wordt.	Herstelwerkzaamheden aan opstallen	Klei in veen	Bedrijfsniveau	Pijlman et al., 2020
		Waterinfiltratie systeem (WIS)/pompgestuurde onderwaterdrains	Bedrijfsniveau	Hoving et al., 2021
Er kunnen in extreme droge situaties problemen ontstaan met veedrenking als de drinkwatervoorziening of het oppervlaktewater niet van voldoende kwaliteit is voor vee.	Onvoldoende drinkwater heeft een mindere productie van melk en een verslechterende gezondheid van de koe tot gevolg. Hierdoor zal vaker een veearts ingeschakeld moeten worden of moeten kosten worden gemaakt om kraanwater als veedrenking te gebruiken.			Godde et al., 2021; project Koeien en Kansen
Door droogte zal meer concurrentie ontstaan op de voedselmarkt. Als een agrariër leert omgaan met droogte kunnen de opbrengsten voor het bedrijf oplopen.				De Vries et al., 2018
Bestaande ziekten en plagen gedijen minder goed bij droogte.				Godde et al., 2021; de Vries et al., 2018

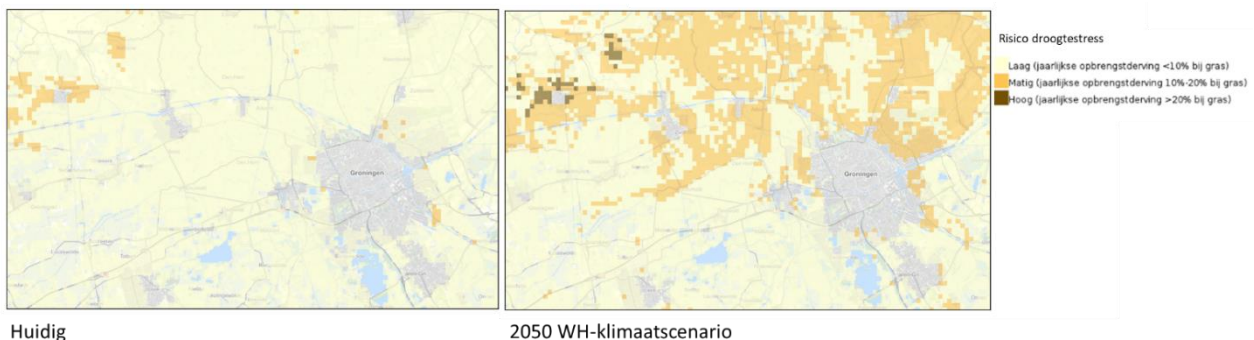
Risico's nader bekeken

Ook voor 'het wordt droger' zijn resultaten uit de Klimaateffectatlas met elkaar vergeleken. Eerst is gekeken naar het huidige potentiële neerslagtekort in de zomer vergeleken met het voorspelde potentiële neerslagtekort in de zomer van 2050 binnen het WH-klimaatsscenario voor de gebiedsstudie in de provincie Groningen. Neerslagtekort ontstaat wanneer de verdamping groter is dan de hoeveelheid neerslag (neerslag – verdamping < 0 mm). Figuur 15 illustreert de huidige potentiële neerslag (ca. 120-150 mm neerslagtekort) vergeleken met de voorspelling voor 2050 (ca. 180-210 mm neerslagtekort). Hier is duidelijk zichtbaar dat de hoeveelheid neerslagtekort per jaar gemiddeld gezien zal toenemen in het casusgebied. Een neerslagtekort zorgt direct voor het ontstaan van droogte in het gebied wanneer bodem en watergangen uitdrogen.



Figuur 15 Huidig potentieel maximaal zomers neerslagtekort en voorspelde zomers neerslagtekort voor 2050 aan de hand van het WH-klimaatsscenario in casusgebied Groningen (Klimaateffectatlas).

Daarnaast is gekeken naar het risico op droogtestress bij gras. Droogtestress in gras kan zorgen voor opbrengstderving op het bedrijf door verdroging van de plant. In Figuur 16 is het huidige risico op droogtestress laag (<10% jaarlijkse opbrengstderving). Wanneer dit vergeleken wordt met de voorspelling voor 2050, is er een toename van het risico op droogtestress van laag naar matig (10-20% jaarlijkse opbrengstderving). Ook hier is duidelijk zichtbaar dat het risico op droogtestress inclusief bijbehorend risico op opbrengstderving per jaar gemiddeld gezien zal toenemen in het casusgebied.



Figuur 16 Huidig en toekomstig risico op droogtestress bij gras aan de hand van het WH-klimaatsscenario in casusgebied Groningen (Klimaateffectatlas).

Van Asseldonk et al. (2020) hebben een onderzoek gedaan naar de effecten van droogte in de jaren 2018 en 2019 voor de melkveehouderij. Uit de resultaten blijkt dat de droge zomers een negatief effect hadden op de maïs- en grasoogst met respectievelijk 10% en 8% opbrengstderving. Ook is gekeken naar het inkomen van een melkveebedrijf. Echter blijkt hieruit dat het inkomen in de droge jaren niet hard is gedaald. Dit werd medebepaald door de hoge melkprijs in de droge jaren. Met een toenemende kans op droogte in de toekomst bestaat de kans dat opbrengstderving zal oplopen. Er is geen garantie dat de melkprijs altijd zal meebewegen, waardoor klimaatverandering wel degelijk voor een inkomensrisico in de melkveehouderij kan zorgen.

3.1.2.3 Het wordt warmer

De klimaatsituatie 'het wordt warmer' betekent dat in de toekomst de temperatuur stijgt in zowel de zomer als de winter. Deze temperatuurstijging zorgt ervoor dat de bodem sneller opwarmt, waardoor deze sneller uitdroogt met watertekort tot gevolg. Verder oxideert veen sneller bij een hogere bodemtemperatuur (Bakema et al., 2022). Daarnaast heeft temperatuurstijging een effect op het gewas. In Tabel 4 zijn de knelpunten en kansen, consequenties, maatregelen en bronnen weergegeven voor de klimaatsituatie 'het wordt warmer'.

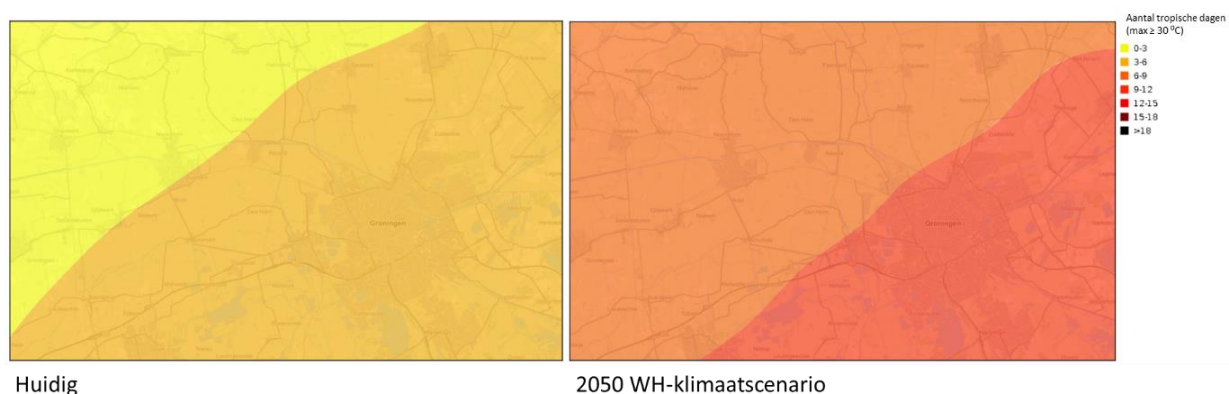
Tabel 4 Knelpunten (rood), kansen (groen), consequenties op bedrijfsniveau, maatregel en schaalniveau waarop de maatregel genomen wordt voor de klimaatrend 'het wordt warmer'.

Knelpunten(rood)/ kansen (groen)	Consequentie	Maatregel	Schaalniveau maatregel	Bron
Toename van de groei/bruto productie van grasland door stijgende temperatuur				De Vries et al., 2018
Langer groeiseizoen als gevolg van hogere temperatuur in het najaar				De Vries et al., 2018
Stimulatie van mineralisatie waardoor nutriënten sneller vrijkomen uit organische stof, mits voldoende vocht aanwezig is.				De Vries et al., 2018
Bij te hoge temperatuur stopt Engels raaigras met de productie van biomassa in de plant. De planten sterven af en gaan in rust. Gras is daarnaast ook minder zuinig met het gebruik van water uit de bodem.	Het herstellen van schade aan de graszode, maïsveld en bodem Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit	Hittetolerante gewassen en/of anticiperende maatregelen in het bouwplan	Bedrijfsniveau	18 De Vries et al., 2018
Maïs profiteert van hogere temperaturen en kunnen (theoretisch) beter omgaan met een reductie van water in de bodem.				De Vries et al., 2018
Een hoge voorjaarstemperatuur bemoeilijkt echter de kieming van maïs.				
Plaggen die eerder niet in Nederland voorkwamen, kunnen door stijgende temperaturen beter overleven. Door temperatuurstijging verschuiven de ziekte en plaagverspreiding. Hierdoor neemt de plaagdruk op gewassen toe.	Opbrengstderving door vraat Herstelwerkzaamheden om beschadigde gewassen te herstellen Extra kosten aan gewasbescherming	Plaagresistente gewassen en/of anticiperende maatregelen in het bouwplan	Bedrijfsniveau	Godde et al., 2021; De Vries et al., 2018
Door hogere temperaturen stijgt de luchtvochtigheid en kunnen schimmels beter groeien. Hierdoor verschuift de groei van schimmels naar eerder in het seizoen. Daarnaast wordt het seizoen geschikt voor schimmels langer.	Opbrengstderving door schimmelgroei Werkzaamheden om beschadigde gewassen te herstellen Extra kosten aan gewasbescherming	Schimmelresistente gewassen en/of anticiperende maatregelen in het bouwplan	Bedrijfsniveau	Godde et al., 2021; De Vries et al., 2018
Andere huidige ziekten gedijen juist minder bij hogere temperaturen.				

Knelpunten(rood)/ kansen (groen)	Consequentie	Maatregel	Schaalniveau maatregel	Bron
Hogere temperaturen in de winter belemmeren de opslag van gewassen na de oogst door een toenemende kans op rot of besmetting van ziekte.	Opbrengstderving door verlies oogst in de opslag	Koeling	Bedrijfsniveau	Godde et al., 2021; van de Wiel et al., 2011
De opkomst van onkruiden vindt door hogere temperaturen eerder in het seizoen plaats. Daarbij groeien de onkruiden sneller bij warmer weer, waardoor zij een belemmering vormen voor de geteelde gewassen.	Opbrengstderving door concurrentie onkruid met gewassen Werkzaamheden om beschadigde gewassen te herstellen Extra kosten aan gewasbescherming Extra werkzaamheden om onkruiden te verwijderen	Groenbemester	Bedrijfsniveau	Verstand et al., 2021; Godde et al., 2021; de Vries et al., 2018
Gewassen kunnen sneller verouderen als droogte en hogere temperaturen samenvallen. Hierdoor verouderen celwanden van de plant sneller, waardoor de plant minder verteerbaar is voor vee.	Extra aankoop van veevoer door verslechterde graszodekwaliteit Werkzaamheden om verouderd gewas te herstellen			Werkgroep Handboek Sniijmaïs, 2019

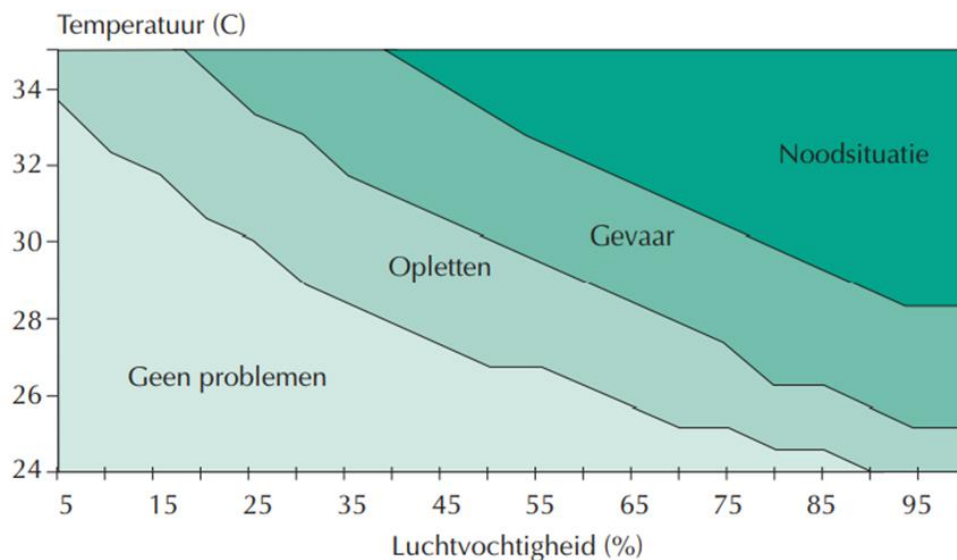
Risico's nader bekeken

Door klimaatverandering zal de gemiddelde temperatuur toenemen. Daarmee zullen zowel de winters als zomers hogere gemiddelde temperaturen bereiken. In Figuur 17 is het huidige aantal tropische dagen vergeleken met de voorspelling voor 2050.



Figuur 17 Huidige en toekomstige aantal tropische dagen in casusgebied Groningen (Klimaat-effectatlas).

Een tropische dag wordt gedefinieerd als een dag met een temperatuur gelijk aan of meer dan 30°C. In het huidige klimaat zijn er gemiddeld tussen de 0 en 6 tropische dagen per jaar. In een toekomstscenario voor 2050 kan het aantal tropische dagen oplopen tot 3 tot 9 dagen. Hogere temperaturen en hitte zijn met name problematisch voor vee. De optimale temperatuur van melkvee ligt tussen de 5 en 20°C (Timmerman et al., 2018). Problemen ontstaan wanneer de temperatuur gedurende langere tijd boven de 25°C blijft. De effecten van hittestress verergeren met een hogere luchtvochtigheid (Figuur 18).



Figuur 18 Hittestress bij melkvee. Afhankelijk van de luchtvochtigheid en temperatuur ontstaat een hoger risico op hittestress (Timmerman et al., 2018).

De exacte indicatoren voor de effecten op bedrijfsniveau voor klimaatsituatie 'het wordt warmer' zijn nog niet inzichtelijk. Echter kan hittestress voor de melkproductie nadelige gevolgen hebben, wat kan resulteren in een negatief bedrijfsresultaat.

Een stijging in de CO₂-concentratie is een factor die zorgt voor klimaatverandering. Het stijgen van deze concentratie heeft met name een positief effect op bedrijfsniveau. Een stijging van CO₂ zorgt onder andere voor een toename van de groei en/of nettoproductie van grasland (Godde et al., 2021; De Vries et al., 2018) en een hogere waterefficiëntie van gewassen (De Vries et al., 2019; Mulder et al., 2018).

3.1.2.4 De zeespiegel stijgt

De klimaatsituatie 'de zeespiegel stijgt' betekent dat de zeespiegelstand in de toekomst zal verhogen. Het grootste knelpunt dat een zeespiegelstijging met zich meebrengt, is een verhoging van zoutwaterdruk, waardoor een vergrote kans op verzilting ontstaat. In het casusgebied kan verzilting in de toekomst een knelpunt gaan vormen. Het behoeft extra werkzaamheden om zoutstress in gewassen te voorkomen. Daarnaast kan verzilting zorgen voor een opbrengstderving van maïsogst, waardoor extra voer moet worden ingekocht (Verstand et al., 2020).

3.1.2.5 Conclusie

Klimaatverandering brengt zowel positieve als negatieve effecten met zich mee op bedrijfsniveau. De positieve aspecten van klimaatverandering zijn het verlengen van het groeiseizoen door hogere temperaturen, productieverhoging door hogere CO₂-concentraties en het minder goed gedijen van bestaande ziekten en plagen op gewassen. Negatieve aspecten van klimaatverandering zijn met name een groeireductie door te droge en/of te natte omstandigheden, verminderde oogstzekerheid, beperking van beweidingsmogelijkheden, groter risico op structuurbederf van de bodem, meer kans op verzilting, fysieke schade aan gewas, meer last van schimmels en plagen en hittestress bij vee. Aan de hand van de literatuurstudie en de financiële effecten op bedrijfsniveau kan worden geconcludeerd dat klimaatverandering met name een negatieve impact heeft op bedrijfsniveau. Echter is de exacte schade die dit met zich meebrengt slechts beperkt gekwantificeerd. Het kwantificeren van de effecten van klimaatverandering op bedrijfsniveau vraagt een integrale aanpak, waarbij bodem, hydrologie, kennis van gewas en economie meegenomen moeten worden. Ook blijkt de effectiviteit van maatregelen redelijk onzeker. Maatregelen zijn mogelijk niet afdoende om het nadeel van klimaatverandering te compenseren, maar kunnen de effecten wel verzachten.

3.1.3 Praktijkanalyse

Op 1 december 2022 is een sessie georganiseerd samen met waterschap Noorderzijlvest, Agrarisch Collectief Groningen West en melkveehouders uit het casusgebied. Het doel van deze sessie was om de urgentie van

klimaatverandering op de agrarische sector te schetsen en om knelpunten, perspectieven en maatregelen uit het gebied op te halen. Tijdens het eerste deel van deze sessie is daarom achtergrondinformatie gegeven over klimaatverandering, klimaatadaptatie en -mitigatie op regionaal en bedrijfsniveau. In het tweede deel van de bijeenkomst is de groep uiteengegaan in deelgroepen om knelpunten en maatregelen in het casusgebied te identificeren. In de deelgroepen werd de focus gelegd op de gebiedskennis, herkenbaarheid van klimaatverandering in het casusgebied, knelpunten en kansen. In Tabel 5 zijn de genoemde problemen, maatregelen en schaalniveaus rond klimaatverandering, waar mogelijk, aan elkaar gelinkt.

Tabel 5 *Klimaatverandering-geïnduceerde problemen en mogelijke maatregelen, met bijbehorend schaalniveau om die problemen te adresseren, in casusgebied Groningen.*

Problemen	Maatregelen	Schaalniveau
Te veel warme dagen zorgen voor hittestress bij vee. Dit leidt tot verminderde melkopbrengst na een hittegolf.	Ventilatoren in de stallen om de koeien verkoeling te bieden.	Bedrijfsniveau
Water wordt te veel afgevoerd, waardoor watertekorten kunnen ontstaan richting de zomer en op plekken met ondiep veen in de grond lokaal sprake is van bodemdaling.	Waterpeilen in het oppervlaktewater verhogen d.m.v. stuwen. In veen is hiermee de mogelijkheid om bodemdaling te verminderen.	Regionaal niveau
Water in de haarvaten krijgen en behouden tijdens droogte	Het plaatsen van stuwen en pompen in kleine sloten om het aangevoerde water uit het IJsselmeer verder het gebied in te krijgen.	Regionaal en bedrijfsniveau
Nat land in het voorjaar	Goede en directe sturingsmogelijkheden van het waterpeil (stuwen omlaag in het voorjaar, zodat het land beweidbaar en berijdbaar wordt). Naast plaatsen van stuwen (die door boer kunnen worden bestuurd) ook duikers omhoogbrengen om verstopping te voorkomen.	Bedrijfsniveau, in afstemming met regio
Geen optimale oppervlaktewaterstanden voor goede bedrijfsvoering door suboptimale communicatie met het waterschap en de peilbeheerder.	Het optimaliseren van de samenwerking met het waterschap in het regelen van deze waterstanden. Dit kan door middel van beter contact en overleg tussen boeren onderling en waterschap (kortere lijntjes) of door het waterbeheer in het beheer van de agrariër te leggen. Gebiedskennis moet in het gehele proces vooropstaan.	Bedrijfsniveau, in afstemming met regio
Sommige sloten vallen droog in een droge zomer.	Het plaatsen van stuwen en pompen.	Regionaal en bedrijfsniveau
Scheurvorming als gevolg van droogte (wel goed voor graslandbeworteling en structuur)	Waterpeilen in het oppervlaktewater verhogen d.m.v. stuwen.	Bedrijfsniveau, in afstemming met regio
In haar algemeenheid; natte percelen	Niet het land op gaan. Daarnaast peilvakken beter laten aansluiten op grondsoort (zodat waterpeil per grondsoort kan worden gestuurd).	Regionaal en bedrijfsniveau
Een bestaand spanningsveld in het waterschap tussen scheepvaart en landbouw (verschillende behoeftes boezem)	Heldere criteria opstellen voor operationeel waterbeheer en daarbij goede communicatie naar de mensen in het gebied.	Regionaal
Droogte 2018: minder productie	Zorgen voor (voldoende) voerreserves	Bedrijfsniveau
Langere, nattere winters	Waterschap moet blijven sturen om water af te voeren in het voorjaar.	Regionaal niveau
Hoog en droog in de zomer	Water conserveren, vasthouden en oppompen	Regionaal en bedrijfsniveau
Onvoldoende detailkennis van de grond	Veldonderzoek, praktijkkennis bij betrokkenen vereist	Bedrijfsniveau
Klimaatmitigatieopgave: CO ₂ -reductie	Hoe dat te doen? Gras legt al CO ₂ vast (blijvend grasland, niet ploegen/scheuren)	Regionaal en bedrijfsniveau
Piekafvoer van water bij extreme neerslag	In het gebied zijn waterbergingen aangewezen om een wateroverschot op te vangen.	Regionaal niveau
In een warm voorjaar/zomer ontstaat overlast van Waternavel in de sloot. Dit zorgt voor belemmerde waterafvoer.		Regionaal en bedrijfsniveau
Door warmere winters blijven ganzen in het land en veroorzaken schade aan het land.		Regionaal en bedrijfsniveau

3.2 Scoring toetsingscriteria per schaalniveau

Vanuit de bovenstaande analyses komen verschillende maatregelen naar voren. Er is een selectie van maatregelen gemaakt die verder geanalyseerd en gescoord worden aan onze toetsingscriteria. Dat zijn de maatregelen die zowel uit de literatuurstudies als de praktijkanalyse naar voren kwamen. Dat zijn de volgende vijf maatregelen, inclusief de klimaattrend waarop de maatregel inspeelt:

1. Met **stuwtjes** waterpeil verhogen – *het wordt droger*;
2. **Waterbergingen** in het gebied om wateroverschot op te vangen – *het wordt natter*;
3. Water vasthouden in percelen d.m.v. **klimaatadaptieve drainage** – *het wordt droger*;
4. Water afvoeren in natte perioden, met **flexibel peilbeheer** – *het wordt natter/het wordt droger*;
5. **Wateraanvoer** (met extra pompen) om water in de haarvaten krijgen – *het wordt droger*.

Het koelen van vee is ook in beide studies naar voren gekomen, maar de maatregelen en problemen worden echter afgebakend op water-gerelateerdheid.

Onderstaande tabel (Tabel 6) schetst het overzicht van de getoetste maatregelen volgens de toetsingscriteria voor de regio en het bedrijf. Bijlage 2 toont in detail de effecten en de redenatie daarachter per sub-criterium. Belangrijke opmerking hier is dat deze scores enkel door experts zijn toegekend, terwijl de methodiek uit hoofdstuk 2 benoemt dat dit ook samen met stakeholders en praktijkkennis ingevuld dient te worden. De tijd en budget in het project lieten dit echter niet toe.

Scores zijn aan de maatregelen toegekend op een -2 tot +2 schaal per toetsingscriterium, waar grofweg +2 een sterke verbetering van de situatie betekent, +1 een geringe verbetering betekent, 0 geen effect betekent, -1 een geringe verslechtering betekent en -2 een sterke verslechtering van de situatie.

Belangrijk om daarbij te realiseren is dat de scores zijn toegekend ten opzichte van een referentie. Deze referentie bestaat uit: wel klimaatverandering, maar geen implementatie van adaptatiemaatregelen. Dus als een maatregel wel ingevoerd wordt, is het effect van de maatregel gescoord ten opzichte van die referentie.

Tabel 6 Overzicht getoetste klimaatadaptieve maatregelen voor regio en bedrijf. +2 (donkergroen) indiceert een sterke verbetering (synergie) en -2 (rood) een sterke verslechtering (knelpunt) van de situatie.

Maatregelen	Regio						Bedrijf					
	Terugdringen water-tekorten	Veerkracht	Investerings- en onderhoudskosten	Opschaalbaarheid	Stuurbaarheid/flexibiliteit	Neven-effecten	Opbrengst-zekerheid	Veerkracht	Investerings- en onderhoudskosten	Aansluiting op bedrijfsvoering	Stuurbaarheid/flexibiliteit	Neven-effecten
1. Stuwtjes	0	0	0	1	0	0	1	1	-1	0	-1	0
2. Waterberging in het gebied	1	2	-1	1	1	2	1	1	0	0	-2	0
3. Klimaatadaptieve drainage	1	2	-1	0	1	2	1	2	-2	1	2	0
4. Flexibel peilbeheer	1	2	-1	1	0	0	1	2	0	0	-2	0
5. Wateraanvoer om water in de haarvaten te krijgen	1	-2	-1	1	0	0	1	-1	0	1	-2	0

In bovenstaande tabel is zichtbaar dat de maatregelen op sommige vlakken veel van elkaar verschillen. Hieronder wordt de uitkomst van de scores op de toetsingscriteria per maatregel kort besproken.

3.2.1 Met stuwtjes waterpeil verhogen

Deze maatregel dient voor een verbeterd watervasthoudend vermogen tijdens droge situaties door middel van het plaatsen van stuwtjes in waterlopen en sloten. De maatregel brengt verschillende effecten met zich mee. Op regioniveau blijkt de maatregel goed schaalbaar te zijn, op bedrijfsniveau draagt het bij aan de opbrengstzekerheid en de veerkracht. Door water langer vast te houden met stuwtjes, kan het infiltreren in de bodem richting het grondwater. Zo kan het grondwater hoger komen te staan, waardoor watertekorten op bedrijfsniveau afnemen. De maatregel brengt echter wel investeringskosten met zich mee. Dit kan worden terugverdiend door afname van droogteschade aan gewassen.

Zowel het waterschap als de boer ziet de voordelen van het plaatsen van stuwtjes. Er zijn echter wat zorgen rond natschade wat door de plaatsing van stuwtjes sneller kan ontstaan zodra niet op tijd met de stuwtjes wordt gestuurd bij regenval. Samenwerking tussen boer en waterschap is essentieel om het waterpeil met stuwtjes zo optimaal mogelijk te sturen. Dit beperkt echter de flexibiliteit van de maatregel.

3.2.2 Waterberging in het gebied

Deze maatregel kan worden ingezet om tijdens natte perioden overtollig water te bergen of vertraagd af te voeren in de natte wintermaanden. Dat kan bijvoorbeeld in een klein omdijkt gebied, waar water ingelaten kan worden en later weer worden uitgepompt.

Met name op regionale criteria lijkt in de toetsing deze maatregel goed uit te pakken. Het bevordert de veerkracht op te droge en te natte situaties, is schaalbaar en heeft positieve neveneffecten op de direct aanliggende regio. Door het grootschalig bergen van water in een gebied kan ervoor worden gezorgd dat watertekorten teruggedrongen worden, omdat omliggende functies dit water kunnen gebruiken in tijden van droogte. Ook wordt water na extreme regenval opgevangen, waardoor omliggende functies worden ontzien van natte situaties. Er is inmiddels al enige ervaring met waterbergingsgebieden. De implementatie van een regionale waterberging dient wel in goede afstemming met de regio te gebeuren.

Op het bedrijfsniveau zijn de sturingsmogelijkheden beperkt, omdat er verschillende partijen betrokken moeten zijn en het waterschap de leiding heeft. De investeringskosten van de maatregel zijn dan ook groot. In samenspraak met de regio dienen hier afspraken over te worden gemaakt, zodat de waterberging op zowel regionaal als bedrijfsniveau voordelen ondervindt.

3.2.3 Klimaatadaptieve drainage

Klimaatadaptieve drainage is een maatregel die water beter in de bodem van een perceel kan vasthouden. Dit systeem is doorgaans online bestuurbaar. Klimaatadaptieve drainage zorgt ervoor dat piekbuien efficiënter afgevoerd kunnen worden, maar ook dat water in tijden van droogte beter in de bodem kan worden vastgehouden. Klimaatadaptieve drainage functioneert als een sturingsmechanisme om naar behoefte water vast te houden of af te voeren.

Uit de toetsing is te destilleren dat klimaatadaptieve drainage op zowel regionale schaal als op bedrijfsniveau positieve en negatieve effecten kent. Met name de veerkracht die de drainage biedt (sturing tijdens zowel natte als droge omstandigheden), zorgt voor dit positieve effect op bedrijfsniveau. Denk bij positieve neveneffecten van klimaatadaptieve drainage op regionaal niveau aan het effect van verminderde externe wateraanvoer in tijden van droogte, mits het water op tijd op bedrijfsniveau wordt vastgehouden. Dit komt met name overige functies in het gebied ten goede, op het moment dat op perceelniveau efficiënter met water wordt omgegaan. Nadelig zijn de investerings- en onderhoudskosten van de drainage voor de individuele bedrijfsvoering.

3.2.4 Flexibel peilbeheer

Door middel van de maatregel flexibel peilbeheer wordt de mogelijkheid geboden om waterberging in oppervlaktewater te optimaliseren. Door een flexibel oppervlaktewaterpeil in te stellen, kunnen watergangen worden benut om water op te slaan in tijden van droogte of af te voeren bij hevige regenval. Daarnaast kan

flexibel peilbeheer worden ingezet om het peilbeheer op verschillende functies in een regio af te kunnen stemmen.

Uit de uitkomsten van de toetsing kan worden opgemaakt dat de maatregel flexibel peilbeheer op regionaal niveau beter lijkt te scoren dan op bedrijfsniveau. Zo biedt de maatregel op regionaal niveau veerkracht tegen droge en natte omstandigheden. Flexibel peilbeheer wordt uitgevoerd op een geheel peilvak en heeft dus effect op een groter gebied. Door oppervlaktewater in het voorjaar op te zetten, kan het door het seizoen heen beter door de landbouw en omliggende functies worden benut. Door oppervlaktewater voor verwachte neerslag omlaag te zetten, kan een teveel aan water in watergangen worden opgevangen. Dit vergt echter wel dat er correct en op tijd gehandeld wordt. Als hier niet aan kan worden voldaan, kan de maatregel juist nadelige gevolgen creëren op gebieds- en bedrijfsniveau.

De kosten op regionaal niveau van flexibel peilbeheer zijn echter wel hoog ingeschat. Dit betreft de maatschappelijke kosten om het flexibel peilbeheer te creëren en te onderhouden. Op bedrijfsniveau geeft de sturingsmogelijkheid van flexibel peilbeheer een negatief effect. Dit komt tot stand doordat flexibel peilbeheer enkel in samenwerking met het waterschap en anders gebiedsstakeholders dient te worden bepaald. Een individuele boer kan daarom beperkte inspraak hebben op de voorkeur voor het flexibel peilbeheer. Echter kan de boer zijn of haar behoefte doorgeven aan het waterschap, waarna het waterschap verantwoordelijk is voor de uiteindelijke sturing in het peilbeheer.

3.2.5 Wateraanvoer

Deze maatregel gaat over het extra aanvoeren van water met pompen tijdens droogte. Om dat te realiseren, moet de infrastructuur van pompen uitgebreid worden. Deze maatregel heeft een sterke link met flexibel peilbeheer, omdat het opzetten van het peil in watergangen ook extra water vergt, wat vaak van buiten de regio aangevoerd moet worden.

De maatregel 'wateraanvoer' scoort zowel op regio- als bedrijfsniveau minder goed op de veerkracht en op bedrijfsniveau ook slecht op sturingsmogelijkheden en flexibiliteit. De veerkracht wordt negatief beïnvloed, omdat de aanvoer van water het systeem juist kwetsbaarder maakt tijdens extreme droogte wanneer er geen water beschikbaar is om aangevoerd te worden. Het gebied en het bedrijf worden te afhankelijk van extern water dat niet altijd beschikbaar zal zijn, onder andere door klimaatverandering, maar ook maatschappelijke keuzes en beleid omtrent watergebruik (zoals de verdringingreeks). De boer heeft minder sturingsmogelijkheden, omdat deze afhankelijk is van de beslissing van anderen (beleid).

4 Discussie: ervaringen en methodiek

4.1 Ervaringen en lessen opgedaan in de gebiedsstudie

In onderstaande paragraaf worden de lessen en successen die van toepassing zijn op de methodiek vanuit de gebiedsstudie besproken.

4.1.1 Theorie en praktijk gebundeld

Het was nuttig om de ontwikkelde methodiek in de praktijk te toetsen en het gesprek daarover met lokale stakeholders aan te gaan, zodat de theorie ook daadwerkelijk getoetst is in de praktijk. De literatuurstudie met de daaruit voortkomende kansrijke klimaatadaptatiemaatregelen voor het gebied vormde daarin een goede basis. Door een dialoog te voeren met lokale én regionale stakeholders kon informatie voor het scoren van de toetsingscriteria voor de betreffende maatregelen worden opgehaald en werd duidelijk welke maatregelen ook vanuit de praktijk als kansrijk werden gezien. De oogst uit de dialoogsessie én de literatuurstudie tezamen was waardevol voor de benoeming van te toetsen maatregelen op de criteria.

4.1.2 Ondersteunend aan de dialoog

De uiteindelijke invulling van de scores in de Exceltabel is uitgevoerd door WUR-experts. Al aan de start van het proces werd duidelijk dat de stakeholders in het gebied, agrariërs en waterbeheerders, niet direct op het invullen van een grote Excelsheet met cijfers zaten te wachten, maar graag concrete handvatten en handelingsperspectieven willen om de juiste klimaatadaptieve acties te nemen. De volledige methodiek en Excelsheet bieden daar inzicht in en kunnen dienen als achtergronddocument om de effecten van maatregelen te onderbouwen en eventuele interventies voor het wegnemen van knelpunten in beeld te brengen.

Ook kunnen de toetsingscriteria dienen als gesprekshandleiding om het juiste gesprek te voeren met gebiedsstakeholders en om te komen tot een totaalbeeld van de effecten van maatregelen. De methodiek helpt in het creëren van begrip over en weer en in het komen tot een gemeenschappelijk beeld van de maatregelen en de effecten die de maatregelen met zich mee kunnen brengen in het betreffende gebied. Daarvoor is wel een meer gebruiksvriendelijke versie en overzichtelijke presentatie van de resultaten wenselijk. Door de vele (sub)criteria is het nu nog lastig de essentie uit de analyse te halen.

Belangrijk om te beseffen is dat de resultaten die uit de methodiek rollen niet als eindbeeld moeten worden beschouwd, daarvoor is de invoer té grof. De uitkomsten bieden wel aanknopingspunten voor nader onderzoek (kwantificering van effecten via modellen of metingen, ruimtelijke plaatsing van maatregelen) en gesprek over de toepasbaarheid en effecten van maatregelen. Het is daarmee een nuttige verkenning van mogelijkheden en biedt inzicht in voor- en nadelen.

4.1.3 Impact van maatregelen

De methodiek brengt voornamelijk de effecten van maatregelen in beeld op regionale en bedrijfsschaal. De gevolgen van het implementeren van de maatregel (zoals mate van schade en hersteltijd) komen minder prominent naar voren. Dit inzicht is wel belangrijk bij het maken van afwegingen. Het toevoegen van deze informatie aan de methodiek kan van meerwaarde zijn.

Het uitwerken van een andere gebiedsstudie kan relevant zijn, om zo de mate van onderscheidend vermogen van de effecten van maatregelen in een bepaald gebied in beeld te krijgen. Dan wordt duidelijk of de effecten erg generiek zijn, of inderdaad gebiedsafhankelijk zijn door de lokale omstandigheden en landschapskarakteristieken.

Een voorbeeld van een klimaatadaptieve maatregel is reeds toegepast in polder De Ronde Hoep, gemeente Ouder-Amstel (Waternet, 2020). Deze polder kan in situaties met extreme weersomstandigheden worden ingezet als noodoverloopgebied voor de opvang van oppervlaktewater. De afweging die voor de wateropslag in dit gebied is gemaakt, is met name gebaseerd op een risicoanalyse in vergelijking met ander omliggend gebied. In De Ronde Hoep wonen en werken zo'n 400 mensen. Als het water hier opgevangen kan worden, wordt ervoor gezorgd dat een ramp op een andere locatie met een veelvoud van het aantal inwoners van De Ronde Hoep wordt voorkomen. De tool die binnen dit project is ontwikkeld, zou in een vergelijkbare situatie als basis voor een afweging van maatregelen kunnen dienen, net zoals in casusgebied Groningen.

4.2 Voorwaarden en mogelijke bijdrages methodiek aan klimaatadaptatie

De ontwikkelde methodiek vraagt een uitgebreide analyse om tot een evenwichtig beeld te komen van de synergieën en knelpunten van klimaatadaptatie. Daarvoor is betrokkenheid, kennis en input van de regio en boerenbedrijven aldaar in kwestie noodzakelijk. Opgemerkt is dat er een bepaalde homogeniteit in de boerenbedrijven in het geselecteerde gebied moet zitten om tot een logische en gedragen set aan opgaven en maatregelen te komen. Bij een te gevarieerde groep (verschillende sectoren en bedrijfsvoeringen), kan er gekozen worden om het schaalniveau te verkleinen en zo in sub-gebieden aan de slag te gaan.

Literatuuronderzoek zal zich moeten focussen op de lokale praktijk. Denk hier bijvoorbeeld aan huidige problemen in het watersysteem, huidig landgebruik, aanwezigheid van verschillende sectoren etc. Op deze manier bereid je een dialoog met stakeholders op een efficiënte manier voor. Maar, het in ogenschouw nemen van het interregionale perspectief is ook relevant. Denk hierbij aan de afhankelijkheid van extern zoetwater, zoals IJsselmeerwater dat aangevoerd wordt naar verschillende gebieden voor doorspoeling en zoetwatervoorziening.

De scoring van de effecten van maatregelen wordt zo objectief en feitelijk mogelijk gedaan. Niet altijd zijn echter kengetallen in de regionale context beschikbaar, waardoor inschattingen en expertbeoordelingen onontkoombaar zijn. Lokale gebiedskennis is daarbij essentieel.

De scores van maatregelen in de overzichtstabel zijn niet uitwisselbaar; een synergie (groen vakje) kan niet een knelpunt (rood vakje) compenseren. Wel biedt de tabel inzicht in de onderdelen waar men op moet letten, als in 'let op, hier ontstaat een knelpunt'. Dat inzicht levert belangrijke input voor een gebiedsproces, waarin nagedacht kan worden over de selectie van uiteindelijk te implementeren maatregelen en een (her)verdeling van kosten en baten tussen stakeholders. Op die manier kan bijvoorbeeld het opslaan van water op agrarische grond, ten bate van regionale opgaven, een bouwsteen vormen voor het verdienmodel van een boer. Wat ook in zo'n gebiedsproces kan worden besloten, is dat sommige criteria belangrijker worden gevonden dan anderen. Een prioritering in criteria hebben wijzelf bewust niet gemaakt, want dat is niet het doel van de methodiek. In vervolgotrajecten kan met stakeholders samen een prioritering in criteria gemaakt worden.

Het zou interessant kunnen zijn om meer focus aan te brengen op stakeholderrelaties in een casusgebied om in betere samenwerking tot passende klimaatadaptieve maatregelen te komen. Een methodiek om stakeholderrelaties te achterhalen en te verbeteren, vergt vervolgonderzoek.

5 Conclusie

De centrale vraag in ons project was: *Welke knelpunten en synergieën treden op bij het uitvoeren van klimaatadaptatiemaatregelen op de twee schaalniveaus, regio en bedrijf?* Om die vraag te beantwoorden, is in deze studie een methodiek ontwikkeld die vervolgens is toegepast in een gebiedsstudie in het westen van de provincie Groningen. Op basis daarvan worden hieronder de conclusies op deze hoofdvraag gegeven. Tevens wordt ingegaan op de toepasbaarheid van de methodiek in andere gebieden en situaties.

Methodiek en toepasbaarheid

De ontwikkelde methodiek is goed geschikt om een verkenning te maken van synergieën en knelpunten van klimaatadaptatie, omdat er op verschillende criteria op de twee schaalniveaus de effecten van maatregelen in beeld worden gebracht. De inzichten daarin zijn waardevol voor stakeholders op beide schaalniveaus in het gebied en de uitkomsten daarvan kunnen ondersteunend zijn aan de dialoog die in gebieden tussen stakeholders gevoerd wordt over klimaatadaptatie. Het toepassen van de methodiek in een ander gebied dan de gebiedsstudie in Groningen kan waardevol zijn, omdat dan ook andere omstandigheden de uniekheid van de resultaten inzichtelijk kunnen maken.

De synergieën en knelpunten die geïdentificeerd zijn, zijn redelijk grof geformuleerd. Het is aan te bevelen om de effecten verder te kwantificeren, maar ook een ruimtelijke verkenning van de geschikte locaties van maatregelen is een logische vervolgstap.

Gebiedsstudie

Door het uitvoeren van een gebiedsstudie is de methodiek getest in de praktijk door in gesprek te gaan met verschillende stakeholders uit het gebied. Op basis van de gebiedsanalyse en bedrijfsanalyse is het gesprek met de stakeholders gevoerd (praktijkanalyse). Dat bood inzicht in de urgentste klimaatrisico's: hittestress bij vee door hetere zomers, beperkt vasthouden van water in het gebied voor in tijden van droogte, scheurvorming van grasland door droogte en vernatting van percelen in de winter. De maatregelen die als reactie daarop zijn vastgesteld, zijn: met stuwtjes waterpeil verhogen, waterbergingen in het gebied om wateroverschot op te vangen, water vasthouden in percelen d.m.v. klimaatadaptieve drainage, water afvoeren in natte perioden met flexibel peilbeheer en wateraanvoer (met extra pompen) om water in de haarvaten krijgen.

Het scoren van de maatregelen op de toetsingscriteria toonde dat het plaatsen van stuwtjes om het waterpeil in het gebied plaatselijk te verhogen om droogte te voorkomen, zorgde voor de minste knelpunten bij toepassing. Echter zorgde deze maatregel ook beperkt tot synergieën. De overige maatregelen zorgden op meerdere criteria voor grotere effecten op knelpunt- en synergievorming, zowel in positieve als negatieve zin. Veel van de maatregelen leiden tot een toename in de kosten. De 'winsten' van de maatregelen, zoals het terugdringen van watertekorten of een toename van de veerkracht op beide schaalniveaus, zouden deze kosten kunnen compenseren. Ook is de vraag of kosten zonder adaptatie toe te passen niet hoger zullen uitvallen, door schades aan gewassen en hogere kosten aan het watersysteem.

Er treden zowel synergieën als knelpunten op tussen de schaalniveaus bij verschillende klimaatadaptatiemaatregelen. Er kan daarom geconcludeerd worden dat er niet één specifieke maatregel de voorkeur heeft. In vervolgstappen in het gebied zullen deze maatregelen en effecten afgewogen moeten worden.

Literatuur

- Bakema, G., van den Akker, J. H., & van Egmond, F. (2021). Voorkomen en opheffen van bodemverdichting: Literatuuronderzoek en casestudie Flevoland (No. 3069). Wageningen Environmental Research.
- Bakema, G., Bloem, J., Heinen, M., Knotters, M., & van Rooijen, N. (2022). De invloed van klimaatverandering op de bodemtemperatuur: Inventarisatie van de ontwikkeling van de bodemtemperatuur en de invloed op de biotische en abiotische processen in natuurgebieden.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2013). Invloed klimaatverandering op koude- en warmteminnende diersoorten, 1990-2011 (indicator 1429, versie 06, 12 juni 2013). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University & Research, Wageningen.
- Dagar, J. C., Yadav, R. K., & Sharma, P. C. (Eds.). (2019). Research developments in saline agriculture. Springer.
- De Rooij, B., Woolderink, H., Breman, B., Buddin, A., De Graaf, M., van Rooij, S. (2023). Longread 'Water en bodem struend' vraagt om een bredere blik.
- de Vries, M., Hoving, I., van Middelkoop, J., ten Napel, J., van der Weide, R., Verhagen, J., & Vellinga, T. (2018). *Klimaatsslimme melkveehouderij: een routekaart voor implementatie van mitigatie-en adaptatiemaatregelen* (No. 1131). Wageningen Livestock Research.
- Dijkshoorn-Dekker, M., Polman, N., Beldman, A., Doorneweerd, G., Janssens, B., Dekking, A., & de Wolf, P. (2020). Natuurinclusieve bedrijfsvoering: Praktische maatregelen en cijfers voor akkerbouw en melkveehouderij (No. 2020-106). Wageningen Economic Research.
- Frijns, J., Witte, F., & van Loon, A. (2018). BTO-rapport Drinkwateraspecten van een gezonde bodem.
- Godde, C. M., Mason-D'Croz, D., Mayberry, D. E., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2021). Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global food security*, 28, 100488.
- Harbers, M. & Heijnen, V.L.W.A. (Ministerie van I&W) (2022). Kamerbrief Water en Bodem sturend.
- Hoving, I. E., van Riel, J. W., Massop, H. T. L., Hendrik, R. F. A., van den Akker, J. J. H., & van Houwelingen, K. (2021). Precisiewatermanagement op veenweidegrond met pompgestuurde onderwaterdrains: rapportage onderzoeksperiode 2016-2020 (No. 1293). Wageningen Livestock Research.
- KANO (2022). KlimaatAdaptatie Netwerk Open teelten. Via de website; <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lnv/soorten-onderzoek/kennisonline/klimaatadaptatie-netwerk-open-teelten-kano.htm>.
- Kennisportaal Klimaatadaptatie (2018). Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie 2018. Via de website: <https://klimaatadaptatienederland.nl/overheden/deltaplan-ra/>.
- Klimaatadaptatie Open Teelten (2023). PPS Klimaatadaptatie Open Teelten. Via de website; <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/plant-research/Open-teelten/show-openteelten/Klimaatadaptatie-Open-Teelten-1.htm>.
- KNMI (2014). KNMI'14-klimaatsscenario's. Via de website: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-14-klimaatsscenario-s>.
- KIA 2020. Kennis en Innovatie Agenda, MMIP C2. Klimaatadaptieve land- en tuinbouwproductiesystemen.
- KIA 2021. Kenis en Innovatie Agenda, MMIP C1 Klimaatbestendig landelijk gebied: voorkomen van wateroverlast en watertekort.
- Meijles, E. (2015). De ondergrond van Groningen: een geologische geschiedenis. NAM.
- Mulder, M., Hack-ten Broeke, M., Bartholomeus, R., van Dam, J., Heinen, M., van Bakel, J., ... & van Walsum, P. (2018). Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie (No. 2018-48). Stowa.
- Pezij, M., Klopstra, D., de Vries, L., van den Eertwegh, G., Delsman, J., Rozemeijer, J. (2022). Zoetwatervoorziening Waterschap Zuiderzeeland – Eindrapport.
- Pijlman, J., Roelen, S., & van Eekeren, N. (2020). Klimaatmaatregelen in het veenweidegebied in relatie tot biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer, 36.

- Pouwels, J., America, I., Delsman, J., Mens, M. (2021). Stresstest voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II – Het effect van nieuwe inzichten en onzekerheden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Deltares rapport 1206829-002.
- Stouthamer, E., Cohen, K. M., & Hoek, W. Z. (2015). *De vorming van het land: geologie en geomorfologie* (Vol. 1). Perspectief uitgevers.
- STOWA. <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/regelbare-drainage>, bezocht in november 2022.
- Stuyt, L.C.P.M. (ed.), (2013). Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer. Bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland. Alterra-rapport 2370/STOWA 2013-18.
- Timmerman, M., Van Reenen, K., Holster, H., & Evers, A. (2018). *Verkennde studie naar hittestress bij melkvee tijdens weidegang in gematigde klimaatstreken* (No. 1117). Wageningen UR Livestock Research.
- Ursem, M., van der Kamp, M., Hendriks, W., & Schep, S (2021). Klimaatverandering en de uit- en afspoeling van nutriënten. H2O-Online.
- Van Asseldonk, M., Stokkers, R., Jager, J., & van der Meer, R. (2020). *Economische effecten van droogte in 2018 en 2019: een regionale analyse akkerbouw en melkveehouderij* (No. 2021-014). Wageningen Economic Research.
- Van Balen, D., Verstegen, H., Hogendoorn, A., Dekkers, M. F., & van den Berg, W. (2021). Duurzaam opheffen ondergrondverdichting: Tussenrapportage 2020: Werkpakket 3 PPS Klimaatadaptatie (No. WPR-875). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.
- Van de Wiel, C. C. M., L. Van den Brink, C. B. Bus, M. M. Riemens, L. A. P. Lotz, and M. J. M. Smulders. 2011. Crop volunteers and climate change. Effects of future climate change on the occurrence of maize, sugar beet and potato volunteers in the Netherlands. PPO-PRI, Wageningen.
- Van Hattum, T., Hack, M., Veraart, J., Verhagen, J., & Schaap, B. (2019). Programmeringsstudie klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied: Programmeringsstudie voor de kennis-en innovatie agenda Landbouw, Water, Voedsel. Wageningen Environmental Research.
- Verstand, D., Bijker, W., & Simonse, D. (2021). Klimaatrisico's en kansen in de open teelten (No. WPR-902). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.
- Verstand, D., Schaap, B., Schoorlemmer, H., de Wolf, P., van Balen, D., & Verhagen, J. (2020). Klimaatadaptatie in de open teelten: Inventarisatie van klimaatrends, risico's en adaptatiemaatregelen voor boerenbedrijven in de open teelten (No. WPR 824). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Businessunits Open Teelten en Agrosysteemkunde.
- Verstand, D., Bijker, W., van der Burgt, E., van den Brink, L., Timmer, R., & Groten, J. (2022). De klimaatbestendigheid van rassen en gewassen in de open teelten: Een verkenning naar de mogelijkheden om via teeltmaatregelen, rassenkeuze en de inzet van alternatieve gewassen een klimaatadaptieve landbouw vorm te geven (No. WPR-909). Wageningen Plant Research.
- Visscher, J. (2012). Verzilting in de veehouderij: ervaringen op melkveebedrijven (No. 639). Wageningen UR Livestock Research.
- Vos, P., M. van der Meulen, H. Weerts en J. Bazelmans 2018: Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu, Amsterdam (Prometheus).
- Waternet (2020). Noodoverloopgebied De Ronde Hoep. Bezocht augustus 2023 via: <https://www.waternet.nl/werkzaamheden/calamiteitenberging-de-ronde-hoep/>.
- Werkgroep Handboek snijmaïs (2019). Handboek snijmaïs. Wageningen: Wageningen Livestock Research, Wageningen UR Open Teelten.
- Provincie Groningen (2020). Programma Duurzame Landbouw 2020 – 2024.
- Bodemdata (2022). Bezocht januari 2022 via de website: www.bodemdata.nl.
- Feiten en cijfers (2022). Bezocht januari 2022 via de website: <http://feitenencijfers.namplatform.nl/downloadfile/c08d872c-6df1-40f1-8a86-d2f2325cf9d0?open=true>.
- Klimaat-effectatlas (2022). Bezocht januari 2022 via de website: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/basiskaart-natuurlijk-systeem-nederland>.
- Project Koeien en Kansen (z.d.). Bezocht in april 2023, <https://www.koeienenkansen.nl/nl/koeienkansen-1.htm>.

Bijlage 1 Criteria methodiek

Regionaal niveau

1. Terugdringen watertekorten				
Score	1a. Terugdringen watertekorten in de landbouw	1b. Terugdringen watertekorten in de terrestrische en aquatische natuur	1c. Terugdringen watertekorten in de industriële sector	1d. Terugdringen watertekorten in de drinkwatersector
-2	Voor een groot landbouwareaal is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten.	Voor een groot areaal natuur is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten.	Voor een groot aantal industriële bedrijven is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten.	Voor een groot aantal drinkwaterbronnen is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten.
-1	Voor slechts een beperkt landbouwareaal is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten dan wel voor een groot landbouwareaal nemen de watertekorten beperkt toe.	Voor slechts een beperkt areaal natuur is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten dan wel voor een groot areaal natuur nemen de watertekorten beperkt toe.	Voor slechts een beperkt aantal industriële bedrijven is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten dan wel voor een groot aantal industriële bedrijven nemen de watertekorten beperkt toe.	Voor slechts een beperkt aantal drinkwaterbronnen is sprake van een aanzienlijke toename van de watertekorten dan wel voor een groot aantal drinkwaterbronnen nemen de watertekorten beperkt toe.
0	Geen noemenswaardige af- of toename van watertekorten voor het landbouwareaal.	Geen noemenswaardige af- of toename van watertekorten voor het areaal natuur.	Geen noemenswaardige af- of toename van watertekorten voor de industriële sector.	Geen noemenswaardige af- of toename van watertekorten voor de drinkwaterbronnen.
1	Voor een groot areaal natuur zijn de watertekorten beperkt minder dan wel voor een beperkt areaal natuur zijn de watertekorten fors minder.	Voor een groot areaal natuur zijn de watertekorten beperkt minder dan wel voor een beperkt areaal natuur zijn de watertekorten fors minder.	Voor een groot aantal industriële bedrijven zijn de watertekorten beperkt minder dan wel voor een beperkt aantal industriële bedrijven zijn de watertekorten fors minder.	Voor een groot aantal drinkwaterbronnen zijn de watertekorten beperkt minder dan wel voor een beperkt aantal drinkwaterbronnen zijn de watertekorten fors minder.
2	Voor een groot areaal natuur zijn de watertekorten fors minder of opgelost.	Voor een groot areaal natuur zijn de watertekorten fors minder of opgelost.	Voor een groot aantal industriële bedrijven zijn de watertekorten fors minder of opgelost.	Voor een groot aantal drinkwaterbronnen zijn de watertekorten fors minder of opgelost.

2. Veerkracht		
Score	2a. Terugdringen watertekorten tijdens en na extremen	2b. Terugdringen wateroverlast tijdens en na extremen
-2	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme droogtes neemt flink toe.	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme piekbuien neemt flink toe.
-1	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme droogtes neemt in beperkte mate toe.	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme piekbuien neemt in beperkte mate toe.
0	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme droogtes wijzigt niet.	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme piekbuien wijzigt niet.
1	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme droogtes neemt in beperkte mate af.	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme piekbuien neemt in beperkte mate af.
2	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme droogtes neemt flink af.	De kwetsbaarheid van het watersysteem voor extreme piekbuien neemt flink af.

3. Investerings- en onderhoudskosten				
Score	3a. Benodigde voorbereidings- en implementatiekosten door regionale partners	3b. Totale kosten door particulieren voor implementatie maatregel op gewenste schaal	3c. Benodigde kosten voor instandhouding van de maatregel door regionale partners	3d. Benodigde kosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren
-2	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de betrokken overheden zijn aanzienlijk hoger dan de gangbare investeringen.	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door particulieren zijn aanzienlijk hoger dan de gangbare investeringen.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door de betrokken overheden zijn aanzienlijk hoger dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren zijn aanzienlijk hoger dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.
-1	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de betrokken overheden zijn beperkt hoger dan de gangbare investeringen.	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door particulieren zijn beperkt hoger dan de gangbare investeringen.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door de betrokken overheden zijn beperkt hoger dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren zijn beperkt hoger dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.
0	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de betrokken overheden zijn in lijn met de gangbare investeringen.	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de particulieren zijn in lijn met de gangbare investeringen.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door de betrokken overheden zijn in lijn met de gangbare beheer- en onderhoudskosten.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren zijn in lijn met de gangbare beheer- en onderhoudskosten.
1	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de betrokken overheden zijn beperkt lager dan de gangbare investeringen.	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de particulieren zijn beperkt lager dan de gangbare investeringen.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door de betrokken overheden zijn beperkt lager dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren zijn beperkt lager dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.
2	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de betrokken overheden de betrokken overheden zijn aanzienlijk lager dan de gangbare investeringen.	De benodigde investeringskosten voor de maatregel door de particulieren de betrokken overheden zijn aanzienlijk lager dan de gangbare investeringen.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door de betrokken overheden zijn aanzienlijk lager dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.	De benodigde beheer- en onderhoudskosten voor instandhouding van de maatregel door particulieren zijn aanzienlijk lager dan de gangbare beheer- en onderhoudskosten.

4. Opschaalbaarheid				
Score	4a. Inpasbaarheid van de maatregel in bestaand beleid	4b. Vertrouwen in de maatregel door relevante actoren	4c. Rijpheid van de maatregel op technologisch vlak	4d. Inpasbaarheid van de maatregel in de bedrijfsvoering
-2	De maatregel behoeft flinke aanpassing van het bestaande beleid.	De maatregel kan rekenen op veel wantrouwen van een grote groep relevante actoren.	De maatregel maakt gebruik van technieken die nog ontwikkeling behoeven.	De maatregel leidt tot grote aanpassingen in de bedrijfsvoering voor een groot aantal actoren.
-1	De maatregel behoeft beperkte aanpassing van het bestaande beleid.	De maatregel kan rekenen op enige mate van wantrouwen van een grote groep relevante actoren. Een kleine groep actoren heeft groot wantrouwen.	De maatregel maakt gebruik van nieuwe, innovatieve technieken die succesvol zijn toegepast in pilotstudies.	De maatregel leidt tot beperkte aanpassingen in de bedrijfsvoering voor groot aantal actoren en/of tot grote aanpassingen voor een beperkte groep actoren.
0	De maatregel heeft geen noemenswaardig effect op het bestaande beleid.	De maatregel kan rekenen op een beperkte mate van vertrouwen of wantrouwen van alle relevante actoren. Geen enkele groep actoren heeft groot wantrouwen.	De maatregel maakt gebruik van al bestaande en bewezen technieken die nog niet in de betreffende regio worden toegepast.	De maatregel heeft geen noemenswaardig effect op de bedrijfsvoering.
1	Het bestaande beleid en de regelgeving wordt eenvoudiger voor een beperkte groep actoren door invoering van de maatregel.	De maatregel kan rekenen op een beperkte mate van vertrouwen van een grote groep relevante actoren. Geen enkele groep actoren heeft groot wantrouwen.	De maatregel maakt gebruik van al bestaande en bewezen technieken die slechts beperkt in de betreffende regio worden toegepast.	De maatregel leidt tot meer mogelijkheden voor bedrijfsontwikkeling voor een beperkte groep actoren.
2	Het bestaande beleid en de regelgeving wordt eenvoudiger voor een grote groep actoren door invoering van de maatregel.	De maatregel kan rekenen op veel vertrouwen van een grote groep relevante actoren. Geen enkele groep actoren heeft groot wantrouwen.	De maatregel maakt gebruik van al bestaande en bewezen technieken die in de betreffende regio op grote schaal worden toegepast.	De maatregel leidt tot meer mogelijkheden voor bedrijfsontwikkeling voor een grote groep actoren.

5. Stuurbaarheid/ flexibiliteit			
Score	5a. Flexibiliteit en stuurbaarheid in de samenwerking tussen betrokkenen	5b. Flexibiliteit en stuurbaarheid in uitvoering verschillende fasen	5c. Flexibiliteit in aanpassing van de maatregel onder veranderende omstandigheden
-2	De maatregel is afhankelijk van de medewerking van een grote groep actoren.	De uitvoering van de maatregel vereist een strikte volgorde van fasen en is sterk afhankelijk van de voortgang van andere trajecten.	De effectiviteit van de maatregel is sterk afhankelijk van de socio-economische en klimatologische trends en is niet aan te passen aan veranderende omstandigheden.
-1	De maatregel is afhankelijk van de medewerking van een beperkte groep actoren.	De uitvoering van de maatregel vereist een strikte volgorde van fasen en is in beperkte mate afhankelijk van de voortgang van andere trajecten.	De effectiviteit van de maatregel is sterk afhankelijk van de socio-economische en klimatologische trends en is beperkt aan te passen aan veranderende omstandigheden.
0	De maatregel is niet afhankelijk van de medewerking van specifieke actoren, maar heeft ook niet de mogelijkheid tot toetreding van nieuwe actoren.	Bij de uitvoering van de maatregel zijn fasen beperkt tot niet flexibel en is geen afhankelijkheid van de voortgang van andere trajecten.	De effectiviteit van de maatregel is sterk afhankelijk van de socio-economische en klimatologische trends en is goed aan te passen aan veranderende omstandigheden.
1	De maatregel is niet afhankelijk van de medewerking van specifieke actoren en de toetreding van nieuwe actoren is beperkt mogelijk.	Bij de uitvoering van de maatregel zijn fasen flexibel en is beperkt in te spelen op (onverwachte) meekoppelkansen.	De effectiviteit van de maatregel is beperkt afhankelijk van de socio-economische en klimatologische trends en is goed aan te passen aan veranderende omstandigheden.
2	De maatregel is niet afhankelijk van de medewerking van specifieke actoren en de toetreding van nieuwe actoren is goed mogelijk.	Bij de uitvoering van de maatregel zijn fasen flexibel en is goed in te spelen op (onverwachte) meekoppelkansen.	De effectiviteit van de maatregel is niet afhankelijk van de socio-economische en klimatologische trends.

6. Neveneffecten			
Score	6a. Effecten op milieu (bodem, water, lucht, biodiversiteit)	6b. Effecten op maatschappij (economie, werkvoorziening, voedselzekerheid, waterbeschikbaarheid, ruimte)	6c. Aantal mensen dat een voor- en/of nadeel heeft bij uitvoering van de maatregel (met uitzondering van primaire effect)
-2	De maatregel leidt tot een flink negatief effect op het milieu.	De maatregel leidt tot een flink negatief effect op de maatschappij.	De maatregel leidt tot een nadeel voor een groot aantal betrokken mensen.
-1	De maatregel leidt tot een beperkt negatief effect op het milieu.	De maatregel leidt tot een beperkt negatief effect op de maatschappij.	De maatregel leidt tot een nadeel voor een beperkt aantal betrokken mensen.
0	De maatregel heeft geen noemenswaardige effecten op het milieu.	De maatregel heeft geen noemenswaardige effecten op de maatschappij.	De maatregel heeft geen noemenswaardig effect op betrokken mensen.
1	De maatregel leidt tot een beperkt positief effect op het milieu.	De maatregel leidt tot een beperkt positief effect op de maatschappij.	De maatregel leidt tot een voordeel voor een beperkt aantal betrokken mensen.
2	De maatregel leidt tot een flink positief effect op het milieu.	De maatregel leidt tot een flink positief effect op de maatschappij.	De maatregel leidt tot een voordeel voor een groot aantal betrokken mensen.

Bedrijfsniveau

1. Opbrengststabiliteit		
Score	1a. Opbrengstzekerheid in kg	1b. Opbrengstzekerheid in euro's
-2	De opbrengstzekerheid in kg/ha neemt aanzienlijk af na implementatie van de maatregel.	De opbrengstzekerheid in euro/ha neemt aanzienlijk af na implementatie van de maatregel.
-1	De opbrengstzekerheid in kg/ha neemt beperkt af na implementatie van de maatregel.	De opbrengstzekerheid in euro/ha neemt beperkt af na implementatie van de maatregel.
0	De opbrengstzekerheid in kg/ha blijft gelijk na implementatie van de maatregel.	De opbrengstzekerheid in euro/ha blijft gelijk na implementatie van de maatregel.
1	De opbrengstzekerheid in kg/ha neemt beperkt toe na implementatie van de maatregel.	De opbrengstzekerheid in euro/ha neemt beperkt toe na implementatie van de maatregel.
2	De opbrengstzekerheid in kg/ha neemt aanzienlijk toe na implementatie van de maatregel.	De opbrengstzekerheid in euro/ha neemt aanzienlijk toe na implementatie van de maatregel.

2. Veerkracht		
Score	2a. Veerkracht onder extreme natte omstandigheden	2b. Veerkracht onder extreme droge omstandigheden
-2	De veerkracht wordt aanzienlijk verminderd na het toepassen van de maatregel.	De veerkracht wordt aanzienlijk verminderd na het toepassen van de maatregel.
-1	De veerkracht wordt beperkt verminderd na het toepassen van de maatregel.	De veerkracht wordt beperkt verminderd na het toepassen van de maatregel.
0	De veerkracht wordt niet beïnvloed door het toepassen van de maatregel.	De veerkracht wordt niet beïnvloed door het toepassen van de maatregel.
1	De veerkracht wordt beperkt vergroot na het toepassen van de maatregel.	De veerkracht wordt beperkt vergroot na het toepassen van de maatregel.
2	De veerkracht wordt aanzienlijk vergroot na het toepassen van de maatregel.	De veerkracht wordt aanzienlijk vergroot na het toepassen van de maatregel.

3. Investerings- en onderhoudskosten		
Score	3a. Investeringskosten	3b. Onderhoudskosten
-2	Aanzienlijk meer kosten t.o.v. gangbare investeringen	De onderhoudskosten stijgen aanzienlijk na implementatie van de maatregel.
-1	Meer kosten t.o.v. gangbare investeringen	De onderhoudskosten stijgen beperkt na implementatie van de maatregel.
0	In lijn met gangbare kosten	De implementatie van de maatregel heeft geen effect op de onderhoudskosten.
1	Minder kosten t.o.v. gangbare investeringen	De onderhoudskosten dalen beperkt na implementatie van de maatregel.
2	Aanzienlijk minder kosten t.o.v. gangbare investeringen	De onderhoudskosten dalen aanzienlijk na implementatie van de maatregel.

4. Aansluiting op bedrijfsvoering		
Score	4a. In hoeverre beïnvloedt de maatregel de benodigde bewerkingen op het boerenbedrijf, zoals grondbewerkingen en teeltmanagement? Opbrengstzekerheid in kg	4b. In hoeverre beïnvloedt de maatregel teelbare gewassen op het boerenbedrijf
-2	De maatregel zorgt ervoor dat er meer en/of andere bewerkingen nodig zijn.	De maatregel veroorzaakt dat er meerdere gewassen niet meer geteeld kunnen worden (ander type bedrijf).
-1	De maatregel zorgt ervoor dat er beperkt meer en/of andere bewerkingen nodig zijn.	De maatregel veroorzaakt dat er enkele gewassen niet meer geteeld kunnen worden.
0	De maatregel beïnvloedt de bewerking of teeltmanagement niet.	De maatregel heeft geen effect op de te verbouwen gewassen op het bedrijf.
1	De maatregel zorgt ervoor dat een enkele bewerking of teeltmanagementhandelingen niet meer nodig is/zijn.	De maatregel vergroot de mogelijkheden om enkele andere gewassen te telen, zonder dat andere gewassen niet meer geteeld kunnen worden.
2	De maatregel zorgt ervoor dat meerdere bewerkingen of teeltmanagementhandelingen niet meer nodig zijn.	De maatregel vergroot de mogelijkheden om meerdere andere gewassen te telen, zonder dat oorspronkelijke gewassen niet meer geteeld kunnen worden.

5. Stuurbaarheid/flexibiliteit		
Score	5a. In hoeverre is de boer afhankelijkheid van andere partijen voor implementatie van de maatregel? Kan hij zelf bepalen of de maatregel toegepast wordt?	5b. In hoeverre kan de boer de maatregel zelf aanpassen (sturen) onder veranderende omstandigheden om de effectiviteit te beïnvloeden.
-2	De boer is van veel partijen afhankelijk voor de implementatie van de maatregel.	De boer heeft geen enkele manier om de maatregel aan te passen.
-1	De boer is van een beperkt aantal partijen afhankelijk voor de implementatie van de maatregel.	De boer kan de maatregel grotendeels niet zelf aanpassen.
0	Om het even. De boer is grotendeels niet afhankelijk van anderen, maar kan ook niet volledig vrij handelen.	De boer, maar ook andere partijen, heeft de mogelijkheid om de maatregel aan te passen.
1	De boer kan redelijk zelf bepalen of de maatregel geïmplementeerd wordt.	De boer kan beperkt beschikken over de maatregel.
2	De boer kan volledig zelf bepalen of de maatregel geïmplementeerd wordt.	De boer kan volledig zelf beschikken over de maatregel.

6. Neveneffecten		
Score	6a. In hoeverre heeft de maatregel een effect op het voorkomen of verminderen van ziekten en plagen?	6b. In hoeverre beïnvloedt de maatregel de benodigde bemesting van de gewassen?
-2	De boer is van veel partijen afhankelijk voor de implementatie van de maatregel.	De boer heeft geen enkele manier om de maatregel aan te passen.
-1	De boer is van een beperkt aantal partijen afhankelijk voor de implementatie van de maatregel.	De boer kan de maatregel grotendeels niet zelf aanpassen.
0	Om het even. De boer is grotendeels niet afhankelijk van anderen, maar kan ook niet volledig vrij handelen.	De boer, maar ook andere partijen, heeft de mogelijkheid om de maatregel aan te passen.
1	De boer kan redelijk zelf bepalen of de maatregel geïmplementeerd wordt.	De boer kan beperkt beschikken over de maatregel.
2	De boer kan volledig zelf bepalen of de maatregel geïmplementeerd wordt.	De boer kan volledig zelf beschikken over de maatregel.

Bijlage 2 Scores gebiedsstudie – resultaten methodiek

Regionaal niveau

1. Terugdringen watertekorten

Maatregel	Criteria							
	1a. Terugdringen watertekorten in de landbouw		1b. Terugdringen watertekorten terrestrische en aquatische natuur		1c. Terugdringen watertekorten in de industriële sector		1d. Terugdringen watertekorten in de drinkwatersector	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdjes	1	Doordat water langer vast wordt gehouden met de stuwtdjes, kan het infiltreren in de bodem en het grondwater. Zo kan het grondwater hoger komen te staan, waardoor watertekorten afnemen.	0	Stuwtdjes zorgen niet direct voor een effect. De implementatieschaal van deze stuwtdjes is vooral op agrarische percelen.	0	Niet direct een effect. De implementatieschaal van deze stuwtdjes is vooral op agrarische percelen.	0	Niet direct een effect. De implementatieschaal van deze stuwtdjes is vooral op agrarische percelen.
2. Waterberging in het gebied	1	Door (regen)water tijdens natte perioden in het gebied op te vangen en vast te houden om te kunnen gebruiken in drogere perioden, zijn de functies die van dit water gebruik kunnen maken minder kwetsbaar voor droogte. Er is echter een spanningsveld tussen waterberging en het creëren van voldoende buffer (langzaam leeg laten lopen).	1	Voornameijk landbouwgebied, maar laaggelegen natuurgebieden kunnen ook gebruikmaken van het geborgen water tijdens droogte. Omdat droogval van sloten/beken niet aan de hand is, zal aquatische natuur nu niet te kampen hebben met watertekorten.	0	Industrie heeft vaak specifieke eisen aan kwaliteit en kwantiteit. Dit water zal daar waarschijnlijk niet aan voldoen.	0	Drinkwater heeft specifieke eisen aan kwaliteit en kwantiteit. Dit water zal daar waarschijnlijk niet aan voldoen.
3. Klimaatadaptieve drainage	1	Door slimmer gebruik te maken van beschikbaar water (infiltreren wanneer droog) kan watertekort in de landbouw deels worden tegengegaan, mits in het omringende gebied voldoende zoetwater aanwezig is.	1	Door water af te voeren in natte perioden kan dit water elders worden ingezet voor bijvoorbeeld infiltratie in natuur.	1	Door water af te voeren in natte perioden kan dit water elders worden ingezet voor bijvoorbeeld gebruik in de industriële sector.	1	Door water af te voeren in natte perioden kan dit water elders worden ingezet voor bijvoorbeeld infiltratie en daarmee indirect voor de drinkwatersector.
4. Flexibel peilbeheer	2	Flexibel peilbeheer wordt uitgevoerd op een geheel peilvak en heeft dus effect op een groter gebied. Door oppervlaktewater op te zetten in het voorjaar, kan het door het seizoen heen beter door de landbouw worden benut.	2	Opzet van het waterpeil heeft effect op een groter gebied en kan dus ook natuur ten goede komen.	1		0	Aanname; geen drinkwaterwinning uit oppervlaktewater in Groningen casusgebied.
5. Water aanvoeren	1	De reden om water in te laten en aan te voeren, is om de waterstand op peil te houden tijdens droogte, om zo aan de watervraag te voldoen.	1	Voor natuur geldt ook dat aanvoer van water in droogte essentieel kan zijn voor instandhouding. Dit onder de aanname dat de kwaliteit van het aangevoerde water 'in orde' is (aansluit bij natuurdoelen).	0	We zien weinig conflicterende of positieve effecten na invoering van deze maatregel	0	De verdringsreeks zorgt ervoor dat drinkwatervoorzieningen de voorkeur krijgen boven het inlaten van water ten behoeve van landbouw. Daardoor zal deze maatregel niet ingevoerd worden als de drinkwatervoorziening daardoor negatieve effecten zal ervaren.

2. Veerkracht

Maatregel	Criteria			
	2a. Terugdringen watertekorten tijdens en na extremen		2b. Terugdringen wateroverlast tijdens en na extremen	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwttjes	1	Als op grote schaal in de haarvaten water wordt vastgehouden, draagt dat bij aan het verminderen van de kwetsbaarheid tegen droogte.	-1	Bij onverwachte extreme neerslag kan het zo zijn dat de stuwttjes nog omhoog staan en er dus wateroverlast kan optreden.
2. Waterberging in het gebied	2	Het grootschalig bergen van water in het gebied kan ervoor zorgen dat watertekorten teruggedrongen worden, omdat het geborgen water gebruikt kan worden.	2	De waterbergingsgebieden zijn primair gericht op het terugdringen van wateroverlast bij piekbuien.
3. Klimaatadaptieve drainage	2	Tijdens zowel droogte als hevige/langdurige regenval kan m.b.v. klimaatadaptieve drainage zowel water in het land worden geïnfiltreerd als van het land worden gedraineerd. Hierdoor neemt de kwetsbaarheid van het watersysteem voor droogte af.	2	Tijdens zowel droogte als hevige/langdurige regenval kan m.b.v. klimaatadaptieve drainage zowel water in het land worden geïnfiltreerd als van het land worden gedraineerd. Zowel agrariër als waterbeheerder kan de drainage bedienen, waardoor op tijd kan worden ingegrepen tijdens extremen (https://edepot.wur.nl/338975).
4. Flexibel peilbeheer	1	Door in natte tijden water in de oppervlaktewateren te behouden met een hoger waterpeil, geeft dit een kleine extra buffer in tijden van droogte.	2	Door het oppervlaktewaterpeil voor verwachte extreme neerslag omlaag te zetten, kan wateroverlast in oppervlaktewateren worden opgevangen. Dat vraagt wel dat er correct en op tijd gehandeld wordt. Als niet op tijd wordt gehandeld, kan het juist nadelige gevolgen hebben.
5. Water aanvoeren	-2	Bij deze maatregel blijft het gebied afhankelijk van de waterbeschikbaarheid elders. Het landgebruik is ingericht op de aanvoer van het water. Als dit niet meer mogelijk blijkt, is het gebied dus extra kwetsbaar.	-1	Het veelvuldig aanvoeren van water kan ervoor zorgen dat het watersysteem 'vol' zit als er een extreme piekbui valt die voor wateroverlast zal zorgen. Bovendien is het met de uitbreiding van het doorpompsysteem veel moeilijker om snel bij te sturen.

3. Investerings- en onderhoudskosten

Maatregel	Criteria							
	3a. Benodigde voorbereidings- en implementatiekosten door regionale partners		3b. Totale kosten voor particulieren voor implementatie van de maatregel op de gewenste schaal		3c. Benodigde kosten voor regionale partners voor instandhouding van de maatregel		3d. Benodigde kosten voor particulieren voor instandhouding van de maatregel	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwttjes	0	Plaatsen van de stuw kan worden betaald door het waterschap. https://waterwijsboeren.nl/nieuws/stuwttje-om-water-beter-vasthouden-waterschap-denkt-met-deelnemers-wwb-mee/ maar waarschijnlijk doen ze dat zodat ze elders minder hoeven te investeren.	1	Iets hoger dan regulier, maar dat kan worden terugverdiend door de afname van droogteschade aan gewassen https://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/stuwttjes_om_water_vast_te_houden.pdf	0	Waarschijnlijk beperkt, omdat er ook elders minder kosten hoeven te worden gemaakt (extra gemaal bijvoorbeeld).	0	Heel beperkt hoger, maar ook vaak jaarlijkse baten.

Maatregel	Criteria							
	3a. Benodigde voorbereidings- en implementatiekosten door regionale partners		3b. Totale kosten voor particulieren voor implementatie van de maatregel op de gewenste schaal		3c. Benodigde kosten voor regionale partners voor instandhouding van de maatregel		3d. Benodigde kosten voor particulieren voor instandhouding van de maatregel	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
2. Waterberging in het gebied	-2	Afwaardering van grond is voornaamste investering. Onbekend hoeveel het waterschap nu kwijt is aan schadecompensatie, maar zal nu lager liggen. De investering is daarnaast afhankelijk van gebruik van het waterbergingsgebied (agrarisch, extensief of natuur).	0	Aanname is dat compensatie door afwaardering dusdanig geschiedt dat grondeigenaren niet op kosten worden gejaagd.	-1	Onderhoudskosten beperkt tot schoonhouden van het bergingsgebied. De kosten gemoeid tijdens/na extreme regenbuien zullen weer minder zijn.	0	
3. Klimaat-adaptieve drainage	-1	Een samengesteld regelbaar drainage (SRD) systeem gaat zo'n 15 tot 20 jaar lang mee (Alterra, 2018). De vaste kosten van een SRD-systeem zijn geschat op € 3400-€ 4600 per ha.	-2	€ 3400-€ 4600 per ha kan flink in investering oplopen als een (deel van een) regio wordt vol gelegd met KA-drainage.	-1	Onderhoudskosten liggen tussen de € 680-€ 920 (Van der Brugt, Verstand, 2021).	-1	Onderhoudskosten liggen tussen de € 680-€ 920 (Van der Brugt; Verstand, 2021).
4. Flexibel peilbeheer	-1	De grootste kosten zullen bij het waterschap komen te liggen. Personeel moet altijd paraat staan om het waterpeil te handhaven, maar wellicht moet ingezet worden op nauwkeuriger peilbeheer per peilvak/regio. Dit kan extra kosten met zich meebrengen (extra pomp/stuw/monitoring/onderhoud)	0	Het vergt een particulier enkel de investering om actief te communiceren met het waterschap om het waterpeil zo effectief mogelijk in te stellen.	-1	Onderhoudskosten van pompen/stuwen en personeel	0	Het vergt een particulier enkel de investering om actief te communiceren met het waterschap om het waterpeil zo effectief mogelijk in te stellen.
5. Water aanvoeren	-2	'De financiële kosten van waterinlaat voor de waterbeheerder zijn aanzienlijk, omdat de infrastructuur uitgebreid moet worden en ingericht moet worden op het water aanvoeren, naast het afvoeren van water. De totale kosten hangen af van de omvangrijkheid van de pompen en de benodigde infrastructuur. Kosten liggen bij het beheer, onderhoud en bediening van inlaatconstructies': https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/effectiviteit-van-waterinlaat .	0	Kosten zijn in principe voor het waterschap, maar zouden doorberekend kunnen worden aan particulieren. Het aangevoerde water levert de particulier ook wat op.	-2	'De financiële kosten van waterinlaat voor de waterbeheerder zijn aanzienlijk, doordat er nieuwe infrastructuur is aangelegd. Kosten liggen bij het beheer, onderhoud en bediening van inlaatconstructies (https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/effectiviteit-van-waterinlaat).	0	Taak van waterschap

4. Opschaalbaarheid

Maatregel	Criteria							
	4a. Inpasbaarheid van de maatregel in bestaand beleid		4b. Vertrouwen in de maatregel door relevante sectoren		4c. Rijpheid van de maatregel op technologisch vlak		4d. Inpasbaarheid van de maatregel in het huidige teeltsysteem in de regio	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdjes	0	Lijkt erop dat als boer en waterschap overleggen het goed te doen is binnen bestaand beleid.	1	Veel zien er de voordelen van in. Er zijn wat zorgen over natschade en natte situaties.	2	Wordt al toegepast en is eenvoudig.	0	Er verandert verder niet veel, enkel dat er voldoende rekening met natte omstandigheden dient te worden gehouden.
2. Waterberging in het gebied	0	Er zijn al waterbergingsgebieden in het gebied. De aanleg van nieuwe staan in WBP gemeld met gealloceerd budget.	1	Er is al enige ervaring met waterbergingsgebieden. Zolang de implementatie op goede manier gebeurt (financiële dekking), zal er geen groot wantrouwen zijn.	2	Wordt al toegepast.	-1	Alleen de ondernemers die direct grond hebben in de waterbergingsgebieden zullen veel moeten aanpassen. Rest heeft niet zozeer meer mogelijkheden voor bedrijfsontwikkeling, maar wel minder kwetsbaar.
3. Klimaatadaptieve drainage	0	Bestaand beleid gaat al uit van een klimaatadaptieve invulling van grond. Daarnaast wordt al veel met drainagevormen gewerkt.	-1	Overheden wantrouwen het gebruik van plastic in de bodem (Bigalke et al., 2022) en het watergebruik in de zomer (waar komt het water voor alle drainage vandaan?). Boeren kunnen drainage wantrouwen, omdat het algehele vertrouwen in de overheid afneemt (IO Research, 2021).	1	Er wordt veel geëxperimenteerd met drainagesystemen. Toch is er ook nog onzekerheid over de werking in bepaalde regio's.	1	Een bedrijf is klimaatadaptief na investering in KA-drainage, waardoor het bedrijf zich makkelijker kan ontwikkelen (mits eerder bewezen voor dit type bedrijf, regio, grondsoort etc.).
4. Flexibel peilbeheer	0	Het vergt met name afstemming tussen particulier, stakeholder en waterschap om tot een efficiënt peilbeheer te komen.	1	In theorie zijn stakeholders hier enthousiast over. De uitvoering kan echter wel discussie opleveren.	1	Wordt al mee geëxperimenteerd.	0	Het vergt een ondernemer enkel actieve afstemming met het waterschap.
5. Water aanvoeren	0	Is al bestaande praktijk bij waterschappen.	0	Boeren hebben wel vertrouwen in deze maatregel, natuur wellicht minder doordat gebiedsvreemd water een andere kwaliteit kan hebben en zo schadelijk kan zijn voor de natuur	2	Grootschalig toegepast door waterschappen tijdens droogte.	1	Agrariërs zullen blij zijn met extra aanvoer van water tijdens droogte.

5. Flexibiliteit

Maatregel	Criteria					
	5a. In hoeverre is de samenwerking tussen betrokkenen flexibel?		5b. In hoeverre zijn de verschillende fasen van implementatie van de maatregel los van elkaar uit te voeren?		5c. In hoeverre is de maatregel aan te passen aan veranderende omstandigheden/trends?	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtjes	-1	Waterschap heeft boer nodig en visa versa.	1	De uitvoering is redelijk eenvoudig. Soms een zoektocht naar de juiste locatie voor implementatie https://waterwijsboeren.nl/nieuws/stuwtje-om-water-beter-vasthouden-waterschap-denkt-met-deelnemers-wwb-mee/ .	1	Maatregel is zeker aan te passen, omdat de stuw dicht of opengezet kan worden (maar wie bepaalt?).
2. Waterberging in het gebied	2	Na implementatie van de maatregel is deelname hieraan (gebruikmaken van het water) erg flexibel. Wel is de voorwaarde dat het water ook eenvoudig bij de gebruiker/deelnemer kan komen (benedenstrooms).	-2	Strikte volgorde nodig. Eerst overeenstemming met aankoop/afwaardering, daarna pas implementatie.	2	Aanpassing van de berging (sturing, uitbreiding, beperking) gemakkelijk door te voeren.
3. Klimaatadaptieve drainage	2	KA-drainage kan zowel op eigen initiatief als in samenwerking met stakeholders worden toegepast, afhankelijk van de grootte van investering.	1	Redelijk goed te implementeren, kan op verschillende opgaven een positief effect hebben.	-1	Het vergt een grote investering om KA-drainage bv. op een andere manier in het land te leggen n.a.v. klimatologische trends.
4. Flexibel peilbeheer	-2	Hoe groter het peilvak, hoe complexer de samenwerking met stakeholder wordt.	1	Er is afstemming tussen partijen nodig, maar deze zijn wel flexibel in te richten. Bij op tijd ingrijpen kan beperkt worden ingespeeld op meekoppelkansen (water vasthouden, water afvoeren).	2	Afhankelijk van het klimaat kan flexibel peilbeheer in meer of mindere mate worden toegepast.
5. Water aanvoeren	1	Waterschap maakt besluit, alleen de boeren die binnen reikwijdte van aanvoersysteem zitten, kunnen aansluiten.	-1	Het water moet beschikbaar zijn en de kwaliteit moet beoordeeld worden. Verdringingsreeks moet in de gaten gehouden worden.	-1	De maatregel is gericht op het in standhouden van huidige praktijken. Maar de beschikbaarheid en bereidheid om water aan te voeren is een bestuurlijke (socio-economisch) keuze en daarnaast beïnvloedt het klimaat de beschikbaarheid van water.

6. Neveneffecten

Maatregel	Criteria					
	6a. Effecten op milieu		6b. Effecten op maatschappij		6c. Aantal mensen dat voor- en/of nadeel heeft bij de uitvoering van de maatregel	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdjes	-1	Minder doorstroom, migratie van waterleven minder mogelijk, ophoping nutriënten en algen.	0	Geen effect verwacht	1	Waterschappers en boeren
2. Waterberging in het gebied	2	Afhankelijk van de grootte van de berging en de inrichting. Toename biodiversiteit ter plekke verwacht en ook de waterkwaliteit kan (afhankelijk van inrichting) worden verbeterd.	1	Voedselzekerheid en waterbeschikbaarheid zullen toenemen. Kwetsbaarheid en wateroverlast nemen af. Verder weinig impact verwacht.	2	Diverse functies in groter gebied profiteren van deze maatregel.
3. Klimaatadaptieve drainage	1	KA-drainage kan de watervoorziening op agrarische grond verbeteren en voor een verbeterde bodemstructuur zorgen. Aan de andere kant wordt plastic in de bodem aangebracht en kan de vraag naar water in de zomer andere functies tenietdoen.	2	Het plaatsen van de drainage zal werkvoorziening bieden, waterbeschikbaarheid beter benutten, geen extra ruimte in beslag nemen en zorgen voor een beter voedselzekerheid.	On-bekend	
4. Flexibel peilbeheer	0	Geen effect verwacht	0	Geen effect verwacht	1	Waterschap, boer en omliggende stakeholders in het peilgebied.
5. Water aanvoeren	-1	Het plaatsen van nieuwe pompsystemen kan negatief uitpakken. Denk aan vismigratie die beperkt wordt en aan toename energiegebruik.	0	Doordat sectoren tijdens droogte kunnen blijven produceren, heeft het een positief effect op de maatschappij. Echter op langere termijn wordt het systeem kwetsbaarder door de afhankelijkheid van water elders.	1	Boeren hebben profijt. Natuur niet altijd.

Bedrijfsniveau

1. Opbrengststabiliteit

Maatregel	Criteria			
	1a. Opbrengstzekerheid in kg productie		1b. Opbrengstzekerheid in euro's (prijs*kg)	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwttjes	1	Doordat water met stuwttjes wordt vastgehouden, blijft het tijdens droge zomers langer beschikbaar, waardoor de opbrengststabiliteit toeneemt. Er kan eventueel natschade optreden bij natte perioden of extreme neerslag in het groeiseizoen.	1	Doordat water met stuwttjes wordt vastgehouden, blijft het tijdens droge zomers langer beschikbaar, waardoor de opbrengststabiliteit toeneemt. Tevens hoeft er minder voer aangekocht te worden, waardoor er kostenbesparing optreedt.
2. Waterberging in het gebied	1	Waterberging in de winter kan per definitie plaatsvinden. Niet alleen bij extreme buien. Dus ook onder normale weersomstandigheden kan de waterbeschikbaarheid vergroot worden in drogere perioden.	1	Vergelijkbaar met stuwttjes
3. Klimaatadaptieve drainage	0	Door klimaatextremen kan opbrengstderiving optreden. Door implementatie van KA-drainage worden de effecten van klimaatverandering beperkt, waardoor de opbrengst in de toekomst gelijk blijft. Het directe effect per gewas/grondsoort/regio is onbekend.	1	Omdat er beter ingespeeld kan worden op extremen (te nat en te droog), kan de opbrengstzekerheid in euro's iets toenemen ten opzichte van bedrijven die geen KA-drainage hebben
4. Flexibel peilbeheer	1	Extreme buien kunnen beter worden opgevangen. Maar ook kan water worden geborgen voor tijden van droogte.	1	Doordat water flexibel omhoog of omlaag kan worden gezet, blijft het tijdens droge zomers langer beschikbaar, maar kan extreme regenval worden afgevoerd. Hierdoor neemt de opbrengststabiliteit toe.
5. Water aanvoeren	1	Voorkomt droogteschade	1	Tijdens droogte zijn prijzen vaak hoger, waardoor het inkomen kan toenemen bij gelijkblijvende productie als resultaat van de maatregel.

2. Veerkracht

Maatregel	Criteria			
	2a. Terugdringen watertekorten tijdens en na extremen		2b. Terugdringen wateroverlast tijdens en na extremen	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwttjes	-1	Als het te lang te nat of er extreme neerslag is tijdens het groeiseizoen en de stuwttjes houden al het water vast, kan het bedrijf iets kwetsbaarder worden.	2	Door water vast te houden, kan er beter met droge omstandigheden worden omgegaan.
2. Waterberging in het gebied	1	Lagere delen van het gebied wordt ruimte voor water gecreëerd, waardoor andere gebieden ontlast worden.	1	Niet iedereen zal profiteren van de maatregel, maar wel een groter gebied (meerdere functies).
3. Klimaatadaptieve drainage	2	Zowel watertoevoer als afvoer mogelijk	2	Zowel watertoevoer als afvoer mogelijk
4. Flexibel peilbeheer	1	Mits op tijd wordt geanticipeerd op de neerslag.	2	Door water vast te houden, kan er beter met droge omstandigheden worden omgegaan.
5. Water aanvoeren	-1	De maatregel houdt onder normale omstandigheden gewasproductie in stand, maar zorgt ook voor afhankelijkheden van gebiedsvreemd water dat in de toekomst niet altijd beschikbaar zal zijn, en draagt wellicht bij aan risico's van piekbuien door een voller watersysteem.	-1	De maatregel houdt onder normale omstandigheden gewasproductie in stand, maar zorgt ook voor afhankelijkheden van gebiedsvreemd water dat in de toekomst niet altijd beschikbaar zal zijn.

3. Investerings- en onderhoudskosten

Maatregel	Criteria			
	3a. Brengt de realisatie van de maatregel kosten met zich mee?		3b. Hoe veranderen de onderhoudskosten op het bedrijf na implementatie van de maatregel?	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdes	-1	€ 5000 investeringskosten -> https://agrarschwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/stuwtdes_om_water_vast_te_houden.pdf	0	Onderhoud is beperkt tot € 50 per jaar: https://agrarschwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/stuwtdes_om_water_vast_te_houden.pdf
2. Waterberging in het gebied	0	Aanname dat afwaardering en/of uitkoop op goede manier gebeurt.	0	Geen effect op bedrijfsniveau
3. Klimaatadaptieve drainage	-2	Zie eerder aangekaarte investeringskosten.	-1	"In dit rapport zijn deze kosten geschat op 20 procent van de totale aanschafkosten, maar volgens gebruikers van het systeem zoals vermeld in het rapport <i>Regelbare drainage</i> van Alterra (2018) vraagt het systeem minder onderhoud dan conventionele drainage."
4. Flexibel peilbeheer	0	Enkel afstemming met het waterschap nodig.	0	Enkel afstemming met het waterschap nodig.
5. Water aanvoeren	0	Waterschap draagt de kosten.	0	Waterschap draagt de kosten

4. Aansluiting op bedrijfsvoering

Maatregel	Criteria			
	4a. In hoeverre beïnvloedt de maatregel de benodigde bewerkingen op het boerenbedrijf, zoals grondbewerking en teeltmanagement?		4b. In hoeverre beïnvloedt de maatregel teelbare gewassen op het bedrijf?	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdes	0	Beperkt effect, kan zijn dat er in het voorjaar iets nattere omstandigheden zijn, waardoor men later het land op kan.	0	Geen effect op de gewassen die geteeld kunnen worden.
2. Waterberging in het gebied	0		0	Afhankelijk van locatie zal er beperkt meer/minder mogelijk zijn. Heft elkaar op?
3. Klimaatadaptieve drainage	0	Rekening houden met ploegen/maaien, maar ook minder handelingen nodig om water van land te krijgen of om te beregenen.	1	De klimaatadaptieve manier van draineren zorgt voor een flexibel/constanter bodemvochtpercentage, waardoor meerdere gewassen geteeld kunnen worden.
4. Flexibel peilbeheer	0		0	
5. Water aanvoeren	1	Minder beregening nodig (?)	0	Maatregel houdt vooral bestaande teelten in stand.

5. Sturingsmogelijkheden/flexibiliteit

Maatregel	Criteria			
	5a. In hoeverre is de boer afhankelijk van andere partijen voor de implementatie van de maatregel?		5b. In hoeverre kan de boer zelf aanpassen (sturen) onder veranderende omstandigheden om de effectiviteit te beïnvloeden?	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdjes	-1	Niet in zijn eentje, afhankelijk/in samenspraak met het waterschap.	0	Niet helemaal duidelijk wie de stuw beheert, maar er kan bijgestuurd worden (dicht bij droog, open bij te nat in het groeiseizoen). Waterschap is vaak betrokken, ook bij de plaatsing.
2. Waterberging in het gebied	-2	Meerdere partijen nodig. Het waterschap is trekker.	-2	Waterschap stuurt aan.
3. Klimaatadaptieve drainage	2	Tot zover zijn er nog geen beleidsmatige verplichtingen voor klimaatadaptieve drainage.	1	De werking van de drainage zelf kan actief worden gestuurd (te droog of te nat). De plaatsing van de drains is na aanleg moeilijk aan te passen.
4. Flexibel peilbeheer	-2	Kan enkel in samenwerking met het waterschap en andere stakeholders in het betreffende peilgebied.	-1	Boer kan in samenspraak met het waterschap zijn/haar behoeften doorgeven. Waterschap stuurt daarna.
5. Water aanvoeren	-2	Afhankelijk van het waterschap en nationale verdringingsreeks	-2	Afhankelijk van het waterschap.

6. Neveneffecten

Maatregel	Criteria					
	6a. Ziekten en plagen: In hoeverre heeft de maatregel een effect op het voorkomen of verminderen van ziekten en plagen?		6b. Bemesting: In hoeverre beïnvloedt de maatregel benodigde bemesting van gewassen?		6c. Bodemkwaliteit: In hoeverre beïnvloedt de maatregel de bodemkwaliteit?	
	Score	Toelichting	Score	Toelichting	Score	Toelichting
1. Stuwtdjes	0	-	0	-	0	Wellicht dat land bewerken onder natte omstandigheden leidt tot bodemverdichting. Daar moet rekening mee worden gehouden in het management.
2. Waterberging in het gebied	0	-	0	-	0	-
3. Klimaatadaptieve drainage	0	-	0	-	1	-
4. Flexibel peilbeheer	0	-	0	-	0	Wellicht dat land bewerken onder natte omstandigheden leidt tot bodemverdichting. Daar moet rekening mee worden gehouden in het management.
5. Water aanvoeren	0	-	0	-	0	-

Bijlage 3 Verslag workshop Collectief Groningen West, Waterschap Noorderzijlvest, WUR (1 december 2022)

Bijeenkomst 1 december 2022 – Klimaatboeren – WUR.

Aanwezigen: 20 à 25, vooral boeren uit het gebied. Ook waterschapper aanwezig, 2x agrarisch collectief, 4x WUR.

Programma

Item	Wie	Details
Intro klimaatboeren	Erna (bestuurder collectief)	Waarom zijn we hier, setting scene, context, inleiding; waarom steken we hier energie in.
Klimaatverandering intro	Daan (WEnR)	Brede klimaattrends.
Het gebied: • Ontstaansgeschiedenis • Bodem systeem en interpretatie	Hessel (WEnR)	Ontstaansgeschiedenis en bodemsysteem toelichten, wat zijn de kwetsbaarheden, wat zijn de opgaven?
Concreet maken voor melkveehouderij	Emma (WPR)	Per klimaattrend bedreigingen en kansen en consequenties tonen. Waar mogelijk rekenvoorbeeld (Gert-Jan)
Reacties en vragen		
Pauze		
Hoe om te gaan met opgaven?	Allen - Kaartmateriaal op tafel 3 groepjes: • Myrjam + notulist • Daan + notulist • Erna + Notulist Erna legt opdracht van tevoren uit	Na problematiek aangehoord te hebben – identificeren op kaart problemen en maatregelen (eerst individueel, dan bespreken). 5 min individueel problemen noteren, 10 min discussie + 5 min maatregelen noteren, 10 min discussie
	Korte terugkoppeling vanuit groepje – deelnemer uit groep of procesbegeleider	
Conclusie en vervolgstappen	Bestuur collectief en Erna concluderen	Vervolg klimaatboeren.

De bijeenkomst

- In het eerste deel van de bijeenkomst hielden Gert Jan Stoeten, Daan Verstand, Hessel Woolderink en Emma Knol een presentatie; zie slides. De presentaties zoomden in op klimaatverandering in breed perspectief naar de (financiële) effecten op bedrijfsniveau.
- Gestelde vragen en discussiepunten naar aanleiding van de presentaties:
 - Kleidek op veen vertraagt veenoxidatie (en dus bodemdaling), maar voorkomt bodemdaling niet!
 - De zeespiegel heeft altijd natuurlijk gefluctueerd; in de ijstijden een lage zeespiegel en in warme perioden daartussen een hoge zeespiegel. Nu leidt menselijk handelen (uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen) tot een veel snellere stijging van de temperatuur, waardoor een snelle stijging van de zeespiegel wordt veroorzaakt.
 - De financiële gevolgen van een verminderde ruwvoerproductie door klimaatverandering wordt niet goed herkend. De schommeling in de inkomsten lijkt meer het gevolg te zijn van derogatie.
- Na de pauze gingen de aanwezigen in drie groepjes uiteen om problemen en mogelijke maatregelen met betrekking tot klimaatverandering te bespreken.

In onderstaande tabel zijn de problemen en maatregelen, waar mogelijk, aan elkaar gelinkt.

Problemen	Maatregelen
Te veel warme dagen zorgen voor hittestress bij vee. Dit leidt tot verminderde melkopbrengst na een hittegolf.	Ventilatoren in de stallen om de koeien verkoeling te bieden.
Water wordt te veel afgevoerd, waardoor watertekorten kunnen ontstaan richting de zomer en op plekken met ondiep veen in de grond lokaal sprake is van bodemdaling.	Waterpeilen in het oppervlaktewater verhogen d.m.v. stuwen. In veen is hiermee de mogelijkheid om bodemdaling te verminderen.
Water in de haarvaten krijgen en behouden tijdens droogte	Het plaatsen van stuwen en pompen in kleine sloten.
Nat land in het voorjaar	Goede en directe sturingsmogelijkheden van het waterpeil (stuwen omlaag in het voorjaar, zodat het land beweidbaar en berijdbaar wordt). Naast plaatsen van stuwen (die door boer kan worden bestuurd) ook duikers omhoogbrengen om verstopping te voorkomen.
Geen optimale oppervlaktewaterstanden door suboptimale communicatie met het waterschap en de peilbeheerder.	Het optimaliseren van de samenwerking met het waterschap in het regelen van deze waterstanden. Dit kan door middel van beter contact en overleg tussen boeren onderling en waterschap (kortere lijntjes) of door het waterbeheer in het beheer van de agrariër te leggen. Gebiedskennis moet in het gehele proces vooropstaan.
Sommige sloten vallen droog in een droge zomer.	Het plaatsen van stuwen en pompen
Scheurvorming als gevolg van droogte (wel goed voor graslandbeworteling en structuur)	Waterpeilen in het oppervlaktewater verhogen d.m.v. stuwen.
In haar algemeenheid; natte percelen	Niet het land op gaan. Daarnaast peilvakken beter laten aansluiten op grondsoort (zodat waterpeil per grondsoort kan worden gestuurd).
Een bestaand spanningsveld in het waterschap tussen scheepvaart en landbouw (verschillende behoeftes boezem)	
Droogte 2018: minder productie	Zorgen voor (voldoende) voerreserves.
Langere nattere winters	Waterschap moet blijven sturen om water af te voeren in het voorjaar.
Hoog en droog in de zomer	Water conserveren, vasthouden en oppompen
Detailkennis van de grond nodig	Veldonderzoek, praktijkkennis bij betrokkenen vereist.
CO ₂ -reductie	Hoe dat te doen? Gras legt al CO ₂ vast (blijvend grasland, niet ploegen/scheuren).
Piekafvoer van water bij extreme neerslag	In het gebied zijn waterbergingen aangewezen om een wateroverschot op te vangen.
In een warm voorjaar/zomer ontstaat overlast van Waternavel in de sloot. Dit zorgt voor belemmerde waterafvoer.	
Ervaren wordt dat beleid haaks op de praktijk staat.	Gebiedskennis moet vooropstaan. Dit vraagt om verbeterde gebiedskennis bij overheden.
Door warmere winters blijven ganzen in het land en veroorzaken schade aan het land.	

Overige punten:

De koeien kunnen door warmere voor- en najaren langer naar buiten. Dat is positief!

1976 was echt droog, waardoor voerproblemen ontstonden.

Veel water in de winter is niet zo'n probleem in het gebied, als het in het vroege voorjaar maar voldoende afgevoerd kan worden.

Er wordt goed omgegaan met natte omstandigheden; dit gebied is een voorbeeld voor boeren in andere natte gebieden.

De bodem heeft en vraagt topprioriteit in de bedrijfsvoering.

4. Sluiting van de bijeenkomst. Een verslag van de bijeenkomst wordt uitgewerkt en per mail toegestuurd aan de aanwezigen. Aan de aanwezige agrariërs wordt de oproep gedaan zich te melden voor deelname aan het project of als geïnteresseerde voor het ontvangen van updates als antwoord op deze mail.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3305
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3305
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

