



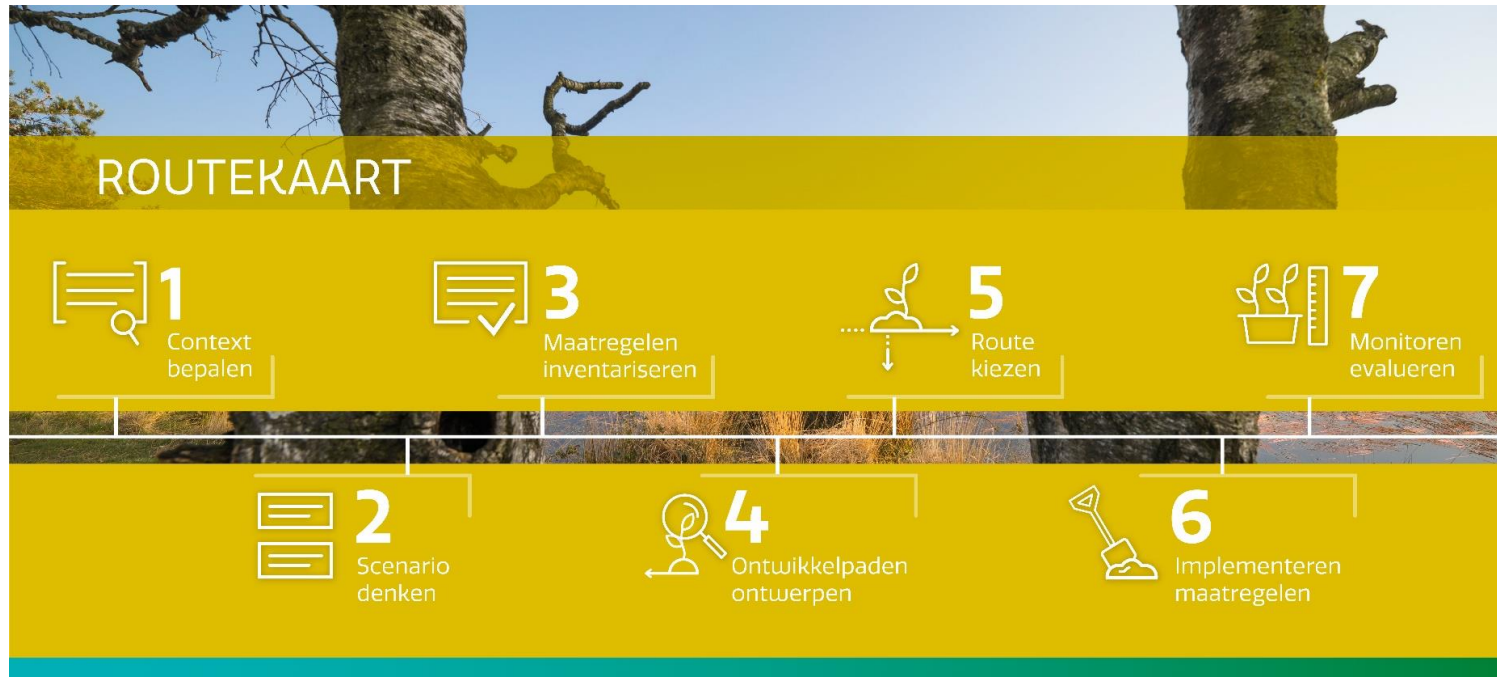
Gebiedspecifieke Toekomstscenario's - Noordelijke IJsselvallei

Werkgroep Noordelijke IJsselvallei

Auteurs: Femke Schasfoort (Deltares), Dimmie Hendriks (Deltares), Ilja America (Deltares), Azadeh Karami Fard (waterschap Vallei en Veluwe)

04-05-2023

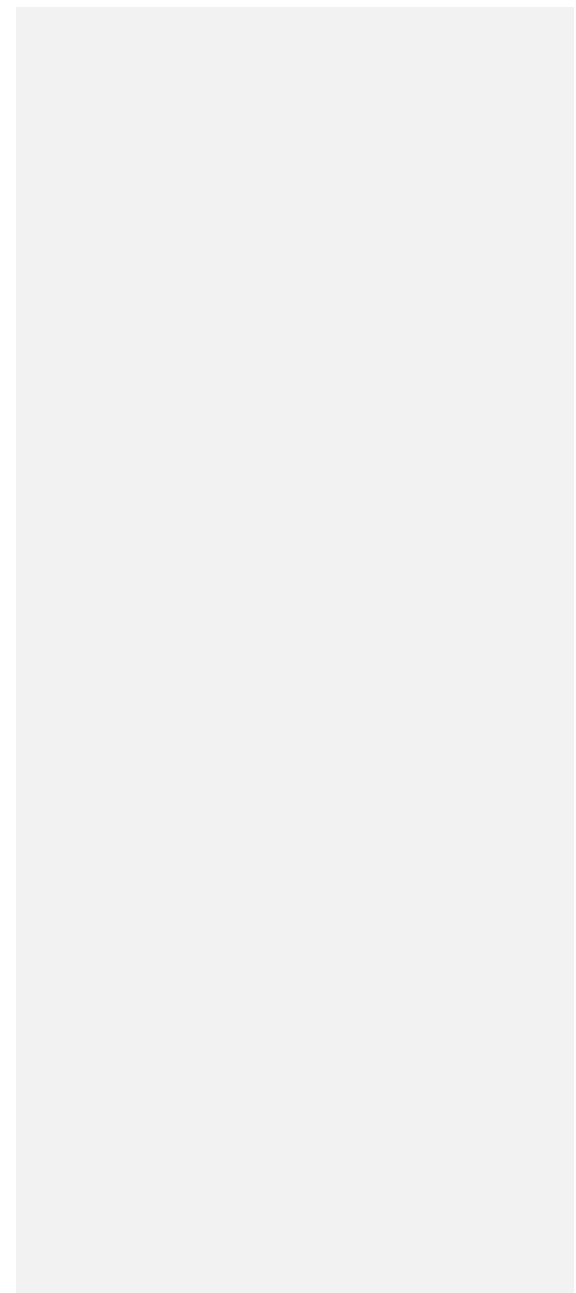
Dit document bevat een rapportage van de gebiedsspecifieke autonome toekomstscenario's opgesteld en geanalyseerd voor de Noordelijke IJsselvallei, onderdeel van het project KLIMAP (stap 2 en 3 uit de routekaart).



Contents

1.	Inleiding.....	5
1.1	KLIMAP routekaart.....	5
1.2	Scenario denken.....	6
1.3	Doel.....	6
1.4	Methode	6
2	Gebiedspecifieke toekomstscenario's.....	8
2.1	Bruikbaarheid bestaande scenario's.....	8
2.2	Van externe scenario's naar verhaallijnen.....	9
2.3	Uitgangspunten Autonom scenario's	9
2.3.1	Verhaallijn scenario 'Grootschalig en efficiënt'	11
2.3.2	Verhaallijn 'Kleinschalig en verbonden'	13
3	Effecten sociaaleconomische scenario's verkennen en aanscherpen 15	
3.1	Aanpak: mogelijke effecten op bodem, water en natuur in beeld brengen.....	15
3.2	Autonom scenario "Grootschalig en Efficiënt"	15
3.2.1	Algemene effecten.....	15
3.2.2	Locatie-specifieke effecten	15
3.3	Autonom scenario "Kleinschalig en Verbonden"	16
3.3.1	Algemene effecten.....	16
3.3.2	Locatie-specifieke effecten	17
4	Sociaaleconomische scenario's visualiseren.....	18
4.1	Aanpak: samenwerking met expert ruimtelijke visualisatie	18
4.2	Visualisatie scenario "Grootschalig en efficiënt"	19
4.3	Visualisatie scenario "Kleinschalig en Verbonden"	20
5	Kwalitatieve analyse: knelpunten, risico's en kansen in beeld	21
5.1	"Grootschalig en Efficiënt" (plus KNMI'14 W _H).....	21
5.2	"Kleinschalig en Verbonden" (plus KNMI'14 W _H)	22
6	Vertaling scenario's naar rekenmodellen	23
6.1.1	Aanpassingen klimaat	24
6.1.2	Aanpassingen landgebruik	24
6.1.3	Aanpassingen kenmerken water- en bodemsysteem.....	25
6.2	Modelscenario's "Grootschalig en Efficiënt"	27
6.3	Modelscenario "Kleinschalig en Verbonden"	28
7	Kwantitatieve analyse: knelpunten, risico's en kansen in beeld.....	31
7.1	Referentiesituatie: huidig en toekomstig klimaat.....	31
7.1.1	Grondwater	31
7.1.2	Kwel en infiltratie	31
7.1.3	Landbouwopbrengst	31
7.2	Scenario Grootschalig en efficiënt	38
7.2.1	Grondwater	38
7.2.2	Kwel en infiltratie	38
7.2.3	Landbouwopbrengst	38
7.3	Analyse toekomstige waterbeschikbaarheid	43
7.4	Samenvatting modelresultaten.....	43

8	Literatuur	47	Modelaanpassingen scenario 3 - Grootschalig en efficiënt	49
	Bijlage A. Technische modelimplementatie.....	48		
	Overzicht scenario's.....	48		
	Modelgebied	48		



1. Inleiding

1.1 KLIMAP routekaart

In KLIMAP is een routekaart ontwikkeld om structuur te geven aan de verschillende stappen in het proces om te komen tot ontwikkelpaden voor een gebied (Figuur 1.1). De tweede stap in de routekaart is het ontwikkelen van scenario's voor een gebied en in beeld te brengen van de daarmee samenhangende kansen, onzekerheden en kantelpunten (knelpunten/risico's).

Het doel binnen KLIMAP is het ontwikkelen van een methodiek voor het ontwikkelen van toekomstscenario's die aansluit bij het ontwerpen van ontwikkelpaden (stap 4 in de routekaart). In deze memo wordt een methodiek voor het ontwikkelen van autonome toekomstscenario's (sociaaleconomische veranderingen en klimaatverandering) beschreven. Deze methodiek is uitgewerkt en getoetst aan de hand van de casus Noordelijke IJsselvallei.

Dit document beschrijft de ontwikkeling tot aan een kwalitatieve analyse van de toekomstige knelpunten, risico's en kansen van de autonome scenario's. Daarnaast is een beschrijving gegeven van het vertalen van autonome scenario's naar rekenmodellen. De uiteindelijke kwantificering van effecten en kantelpunten wordt uitgevoerd in een volgende fase van het project en zal in een aparte memo worden beschreven. Hetzelfde geldt voor de ontwikkeling en kwantificering van een of meerdere (normatieve) beleidsscenario('s).



Figuur 1.1 KLIMAP routekaart

1.2 Scenario denken

Een scenario is een vaak vereenvoudigde omschrijving van hoe de toekomst zich mogelijkwijs kan ontwikkelen gebaseerd op een samenhangende en intern consistente set van aannames over drijvende krachten en belangrijke relaties. Scenario's kunnen worden gezien als beelden van mogelijke toekomsten, er is dus altijd meer dan één scenario (KvK rapport, 2021). Onderscheid kan worden gemaakt tussen autonome scenario's en beleidsscenario's (ofwel "normatieve scenario's").

De autonome scenario's bestaan uit verhaallijnen, tijdlijnen en kaartbeelden met een beschrijving van de plausibele bandbreedte in (externe) ontwikkelingen binnen het gebied wanneer geen nieuw beleid wordt geïntroduceerd. Beleidsscenario's zijn daarentegen een combinatie van aanpassingen in het systeem waarop gestuurd wordt. Bij deze normatieve beleidsscenario's worden aannames gedaan over beleidskeuzes in de loop van de tijd en de ontwikkelingen van het probleem of systeem onder invloed daarvan.

Door een beleidsscenario en autonoom scenario te combineren kan de effectiviteit van beleid worden getest in een mogelijke toekomst. Wanneer beleidsscenario's in de verschillende toekomsten effectief zijn dan kan worden gesproken over -naar alle waarschijnlijkheid- robuust beleid. Voor een overzicht van begrippen en definities zoals die binnen KLIMAP worden gehanteerd (zie [KLIMAP begrippenkader Scenariodenken Adaptatiepaden 20210608.docx \(sharepoint.com\)](#)).

1.3 Doel

Het doel van de werkzaamheden beschreven in deze memo is het ontwikkelen en testen van een methode van toekomstverkenning waarbij klimaatscenario's gecombineerd worden met socio-economische toekomstscenario's, opdat we inzicht krijgen in toekomstige onzekerheden, kansen, knelpunten en risico's.

Voor de case Noordelijke IJsselvallei is eerst de bandbreedte van toekomstige onzekerheden in beeld gebracht door het opstellen, kwantificeren en analyseren van de effecten van autonome toekomstveranderingen (klimaat en sociaaleconomisch). Vervolgens worden normatieve beleidsscenario's uitgewerkt en wordt de effectiviteit van deze normatieve scenario's geanalyseerd in het licht van de bandbreedte van de autonome scenario's.

1.4 Methode

Voor de Noordelijke IJsselvallei worden voor zichtjaar 2050 scenario's ontwikkeld volgens de aanpak uit Figuur 1.2. De aanpak zoals toegepast in de case Noordelijke IJsselvallei bestaat uit 6 opeenvolgende activiteiten:

- Verkennen bestaande scenario's en ontwikkelen gebiedspecifieke scenario's (hoofdstuk 2)
- Gebiedspecifieke scenario's aanscherpen (hoofdstuk 3)
- Scenario's visualiseren (hoofdstuk 4)
- Kwalitatieve analyse knelpunten, risico's en kansen (hoofdstuk 5)
- Vertaling naar kaarten en rekenmodellen (hoofdstuk 6)
- Kwantitatieve analyse knelpunten, risico's en kansen (hoofdstuk 7)

Deze activiteiten zijn voor de casus Noordelijke IJsselvallei doorlopen met een team bestaande uit experts van kennisinstututen en gebiedskenners/ beleidsadviseurs van het waterschap en de provincie. In de onderstaande hoofdstukken worden de activiteiten verder toegelicht en worden de resultaten voor de casus Noordelijke IJsselvallei besproken.

De genoemde activiteiten worden beschreven in de hoofdstukken van dit document, waarbij steeds eerst de aanpak wordt toegelicht en daarna de uitvoering voor het gebied van de Noordelijke IJsselvallei.

Commented [IA-vdH1]: Link aanpassen naar een eindproduct op de website



Figuur 1.2: Activiteiten van de methode voor het ontwikkelen van toekomstscenario's

2 Gebiedsspecifieke toekomstscenario's

2.1 Bruikbaarheid bestaande scenario's

De eerste activiteit is de verkenning van de bruikbaarheid van bestaande autonome scenario's, zoals de knmi'14 klimaatscenario's (Figuur 2.1), de WLO-scenario's, het internationaal veel gebruikte 'shared socio-economic pathways' en de Deltascenario's (CPB/PBL, 2015; Riahi et al, 2017; Wolters et al, 2017). De resultaten van deze stap worden verder beschreven in het document "[memo grofstoffelijke analyse Noordelijke IJsselvallei](#)" (check link als definitief).

De belangrijkste conclusies van de analyse van de bestaande scenario's zijn de volgende:

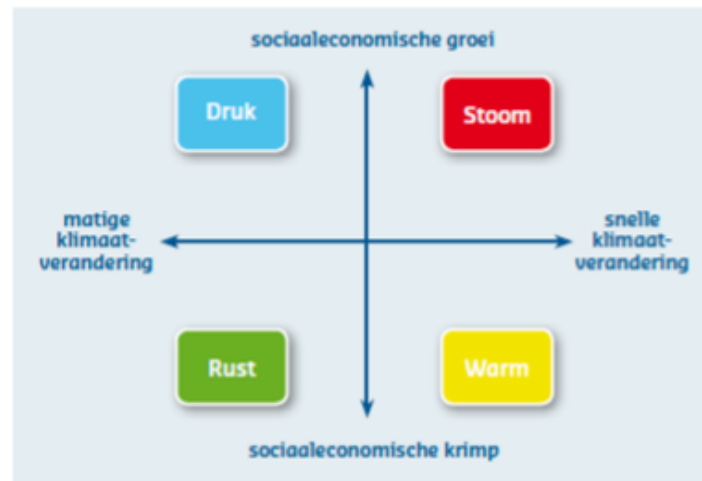
- Voor het in beeld brengen van de bandbreedte van de toekomstige onzekerheden dienen **minimaal twee autonome toekomstscenario's** te worden opgesteld;
- De toekomstscenario's beschrijven **plausibele uitersten** van mogelijke toekomstige situaties in het gebied;
- Autonome scenario's moeten bestaan uit een **combinatie van een klimaatverandering en een sociaaleconomische verandering**;
- Een **vertaalslag naar de lokale situatie** is nodig om de bestaande scenario's toepasbaar te maken voor een analyse van de toekomstige veranderingen in de Noordelijke IJsselvallei.
- Bestaande blauwe omgevingsvisies of andere regionale of lokale **beleidsscenario's** zijn niet geschikt als autonoom scenario, maar kunnen de basis vormen van de gebiedsspecifieke **normatieve scenario's**.

Op basis van deze uitgangspunten zijn voor de Noordelijke IJsselvallei zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Bandbreedte klimaatverandering: het huidige klimaat en het KNMI W_H'14 scenario gekozen als twee plausibele uitersten.

- Bandbreedte autonome sociaaleconomische verandering: twee verhaallijnen zijn ontwikkeld uitgaande van de bestaande grootschalige sociaaleconomische scenario's aangevuld met inzichten van gebiedsexperts (activiteiten 2-4, beschreven in de volgende hoofdstukken)
- Beleidsscenario's (normatieve scenario's): de blauwe omgevingsvisie, aangevuld met het masterplan IJsselvallei vormen hiervoor de basis.

Commented [IA-vdH2]: Aanpassen naar website link



Figuur 2.1 Visualisatie van de vier Deltascenario's, waarin klimaatverandering en sociaaleconomische veranderingen worden gecombineerd.

2.2 Van externe scenario's naar verhaallijnen

Voor de Noordelijke IJsselvallei zijn twee autonome (en daarmee beleidsarme) scenario's opgesteld. Dit zijn plausibele mogelijke toekomsten op basis van de aanname dat regionale beleidsmakers niet verder ingrijpen in het gebied. De twee scenario's vormen de bandbreedte van de mogelijke toekomsten en beogen daarmee de onzekerheid in kaart te brengen.

Als onderdeel van een Masterthesis zijn verschillende autonome scenario's ontwikkeld voor de Noordelijke IJsselvallei (Van de Meer, 2021), die zijn gebaseerd op bestaande autonome scenario's gecombineerd met de resultaten van interviews met gebiedskenners. Deze gebiedspecifieke verhaallijnen zijn als basis gebruikt, waarbij keuzes gemaakt zijn tussen de uitgewerkte verhaallijnen en deze verder zijn aangescherpt.

In twee werksessies zijn deze scenario's verder uitgewerkt en voor de Noordelijke IJsselvallei. Hierbij waren vertegenwoordigers aanwezig van Waterschap Vallei en IJssel, Provincie Gelderland, KWR en Deltares. Bij het uitwerken van de verhaallijnen kwamen de volgende aspecten aan de orde:

- Doorspreken van de belangrijke autonome ontwikkelingen binnen de externe scenario's
- Het maken van een vertaalslag naar de impact op het gebied
- Opbouwen van een tijdlijn per scenario, waarin de veranderingen wat betreft landbouw, natuur, energie, wonen en eventuele andere relevante aspecten in de tijd worden gezet;
- Ruimtelijk schetsen van toekomstig landgebruik op een kaart van het gebied;
- Gezamenlijk toetsen van de plausibiliteit van de scenario's;
- Het geven van een objectieve titel aan een verhaallijn;
- Uitgeschreven van het scenario in ene verhaallijn.

In de volgende paragrafen worden de twee autonome scenario's toegelicht, inclusief tijdlijn, schetsmatige kaart en uitgeschreven verhaallijn.

2.3 Uitgangspunten Autonomo scenario's

De twee ontwikkelde sociaal-economische scenario's geven de mogelijke bandbreedte weer van ontwikkelingen in de Noordelijke IJsselvallei voor het zichtjaar 2050.

Het scenario Grootschalig en efficiënt is ontwikkeld op basis van de shared-socio-economic pathways (SSP) 5 'fossil fueled development', het WLO scenario "hoog" aangevuld met specifieke gebiedskennis. SSP5 gaat uit van een mondiale open economie met snelle economische groei, grote vraag naar voedsel, hoog energiegebruik en hoge broeikasgasemissies. De verhaallijn van SSP5 past bij de verhaallijn van WLO scenario "Hoog", die een relatief hoge bevolkingsgroei en economische groei combineert. Anders dan de mondiale verhaallijn van SSP5 die een toename in gebruik van fossiele brandstoffen beschrijft, is de aanname dat in Nederland de vraag naar duurzame energie toeneemt in dit scenario..

Het scenario Kleinschalig en verbonden is ontwikkeld op basis van het shared-socio-economic pathways (SSP) 1 'sustainability' en het WLO scenario "Laag". SSP1 beschrijft mondiale duurzame ontwikkeling, gecombineerd met meer aandacht voor welzijn en inclusiviteit. Dit leidt tot een afname van de vraag naar materiele goederen en energie. WLO scenario "Laag" met een relatief lage bevolkingsgroei en economische groei past bij de verhaallijn van SSP1. Ook in dit scenario gaan we uit van de aanname dat in Nederland voornamelijk de vraag naar duurzame energie toeneemt.

De belangrijkste externe ontwikkelingen in deze scenario's en de effecten hiervan op de Noordelijke IJsselvallei worden samengevat in Tabel 2-1.

Vervolgens zijn de scenario's verder uitgewerkt aan de hand van een tijdlijn en een schetsmatig kaartbeeld. In de volgende paragrafen zijn de verhaallijnen van de scenario's weergegeven.

Tabel 2-1 Externe ontwikkelingen en ontwikkelingen in de Noordelijke IJsselvallei voor de twee gebiedspecifieke autonome verhaallijnen

Scenario "Grootschalig en efficiënt"	Scenario "Kleinschalig en verbonden"
<p><u>Externe ontwikkelingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Snelle economische groei (1-3%) • Hoge bevolkingsdruk • Recreatievraag in Nederland neemt sterk toe • Sociaalmaatschappelijk krachtenveld is beperkt, maatschappij is gericht op het individu. • Landelijk beleid: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Economische ontwikkeling heeft prioriteit ◦ Broeikasgasemissie doelstellingen weinig ambitieus • Het rijk aan het stuur, weinig autonomie in de regio's 	<p><u>Externe ontwikkelingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Langzame economische groei (0-1%) • Lage bevolkingsdruk • Recreatievraag neemt toe, maar is vooral gericht op kleinschalige recreatie dicht bij huis, zoals wandelen, fietsen en kanoën. • Sterk sociaalmaatschappelijk krachtenveld – Veel burgerinitiatieven en coöperaties • Landelijk beleid: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Duurzame ontwikkeling heeft prioriteit, veel aandacht voor natuurontwikkeling ◦ Broeikasgasemissie doelstellingen zeer ambitieus - volledig stoppen fossiele energie in 2040 • Veel regionale autonomie
<p><u>Ontwikkelingen in het gebied</u></p> <p><i>Bevolkingsgroei en wonen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De bevolking groeit met 20%. Nieuwe inwoners komen ook van buiten de Noordelijke IJsselvallei en genieten van de relatieve ruimte. • Het aantal huishoudens groeit nog sterker dan de bevolking waardoor de vraag naar huizen met meer dan 20% toeneemt. • Dit resulteert in verdichting en uitbreiding van de stedelijke kernen. <p><i>Economie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De werkgelegenheid stijgt flink • De economische functie van het gebied staat centraal <p><i>Landbouw</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kleine toename van intensieve landbouw (+5%). De trend van natuurinclusieve landbouw zet niet door, de hoeveelheid natuur (licht) neemt af. • Veeteelt blijft de belangrijkste vorm van landbouw in het gebied, veel producten worden geëxporteerd. <p><i>Natuur</i></p>	<p><u>Ontwikkelingen in het gebied</u></p> <p><i>Bevolkingsgroei en wonen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De bevolking in de regio groeit met ongeveer 5%. De groei is o.a. beperkt doordat de werkgelegenheid bijna niet toeneemt. • De groei van het aantal huishoudens en de bevolking gaat ongeveer gelijk op. Woonvormen zoals woongroepen en samenwonen van verschillende generaties nemen toe. • Vanuit het stedelijk gebied trekken inwoners naar dorpen en woningen in het landelijk gebied. De kleine bevolkingstoename verspreid zich over kleine kernen en het landelijk gebied. <p><i>Economie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De economische groei is gemiddeld maximaal 1%, een deel van de tijd krimpt de economie. • Natuur en economische functies zijn met elkaar verweven <p><i>Landbouw</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De voedselvoorziening wordt lokaler, mede daardoor een sterke afname van veeteelt (-25%), en een toename van akkerbouw en tuinbouw • Toename van natuurinclusieve en kringlooplandbouw. <p><i>Natuur</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> Natuur heeft als belangrijk doel het faciliteren van recreatie, de natuur wordt "vermarkt". <p><i>Energie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Grootschalige zonnepanelen en een windpark worden aangelegd om in de toenemende nationale energievraag te voorzien en om de landelijke duurzaamheidsambities te halen. <p><i>Technologische ontwikkeling</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Veel technologische innovaties, bijvoorbeeld op het gebied van vermindering van de uitstoot van stikstof, ontwikkelt snel. Hierdoor kan de intensieve landbouw makkelijker aan de milieunormen voldoen. <p><i>Verschillen tussen gebieden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Het noorden (Terwolde Laag) ontwikkelt zich als gebied met grootschalige intensieve landbouw. In het zuiden (Terwolde Hoog) staat de woonfunctie centraal, afgewisseld met kleinschalige productieve landbouwinitiatieven, zoals Heerenboeren, en recreatiegebieden. 	<ul style="list-style-type: none"> Nadruk op biodiversiteit en natuurontwikkeling in en rondom stedelijke gebieden. <p><i>Energie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Lokale organisatie van energieopwekking, ieder dorp en stad organiseert dit zelf. Zonnepanelen worden zoveel mogelijk geïntegreerd in het stedelijk gebied, daardoor is de ruimteclaim voor zonne-energie beperkt. <p><i>Technologische ontwikkeling</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Technologische innovaties beperkt, gericht op kleinschalige aanpassingen. <p><i>Verschillen tussen gebieden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Minder onderscheid tussen het noorden en zuiden van de Noordelijke IJsselvallei, overal komt de verwevenheid van verschillende functies terug.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.3.1 Verhaallijn scenario 'Grootschalig en efficiënt'

Na de coronacrisis ontwikkelt de wereld zich in een sneltreinvaart. Na bijna twee jaar van beperkingen viert het consumentisme hoogtijdagen. Overal ter wereld stijgt de vraag naar voedsel, producten en energie. Grote bedrijven, die tijdens coronacrisis door de hoge aandelenbeurzen en lage rentes toch al niet te klagen hadden, investeren in hoog tempo. Dit stuwt de vraag naar arbeidskrachten wereldwijd op.

In Nederland is eenzelfde trend waarneembaar. Wel realiseert de nationale overheid zich dat de schulden, gemaakt tijdens de coronacrisis, moeten worden terugbetaald. Hierdoor komt de focus sterk te liggen op economische groei. Dit gaat wel ten koste van de eerder gemaakte afspraken om te voldoen aan het klimaatakkoord van Parijs, deze afspraken hebben beduidend minder prioriteit. De uitkomsten van de evaluatie van het beleid van decentralisatie van de afgelopen jaren getiteld 'gedecentraliseerde chaos' zorgen voor een terugkeer naar meer uit Den Haag aangestuurd beleid en regelgeving. De regio's hebben hierdoor minder autonomie en zijn uitvoerders van nationaal beleid en regelgeving

in plaats van dat ze aan het stuur zitten. Het individualisme in de samenleving zet door, onder andere door de steeds verder digitalisering, consumentisme en afbrokkeling van sociale structuren in de wijk door grootschalige wijkvernieuwingen. Burgers zoeken steeds meer naar nieuwe ervaringen en hebben ook het geld om hier aan uit te geven. De recreatiedruk in heel Nederland neemt hierdoor toe.

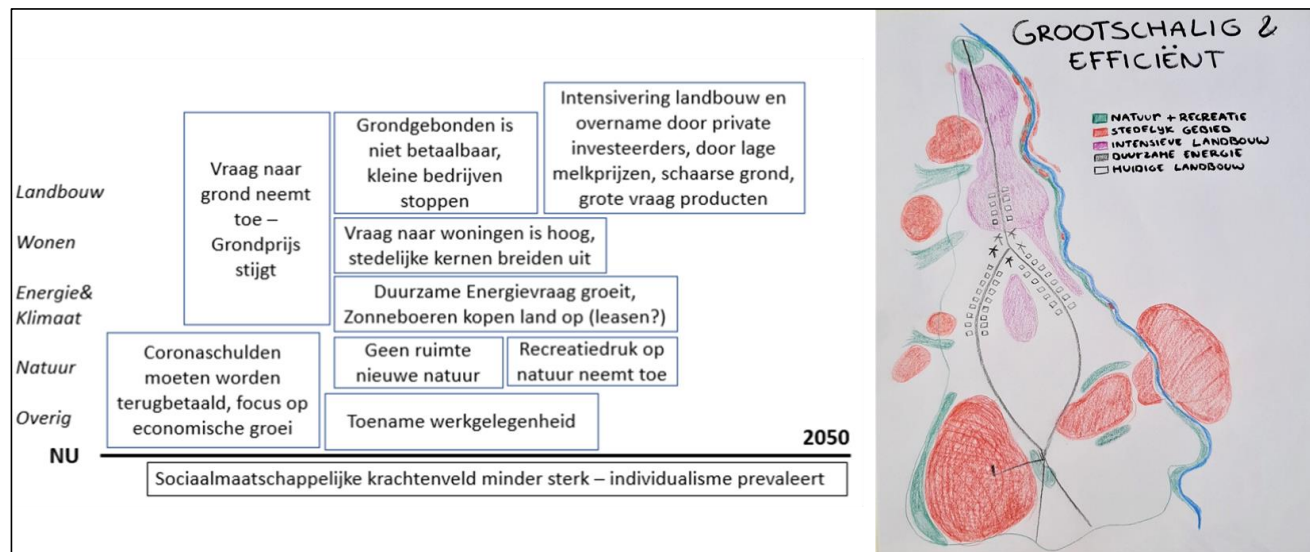
In de Noordelijke IJsselvallei zijn deze ontwikkelingen terug te zien in sterk toenemende grondprijzen, door de hoge vraag naar grond voor wonen, werken en recreëren. Door de hoger internationale voedselvraag stijgen de marktprijzen voor producten, waardoor het bedrijfsmodel voor boeren gunstiger wordt. Grondgebonden, kleinschalige landbouw is echter niet meer betaalbaar door de hoge grondprijzen en productiekosten, hierdoor stoppen steeds meer kleine landbouwbedrijven. Deze bedrijven worden in het noorden van de Noordelijke IJsselvallei veelal overgenomen door private investeerders in de landbouw of investeerders in zonneparken. Het noorden van de Noordelijke IJsselvallei wordt een intensief landschap met een mix van verschillende type intensieve en grootschalige veehouderij

met de laatste technische snuffjes. Dit wordt afgewisseld met grootschalige zonneparken en een aantal windmolens langs het bestaande elektriciteitsnetwerk. De energie die hiermee wordt opgewerkt komt niet alleen ten gunste van lokaal verbruik, maar wordt ook gebruikt voor nationale datacentra en grootschalige industrie.

De werkgelegenheid in de hele Noordelijke IJsselvallei neemt toe, samen met een relatief natuurlijk uitstraling zorgt dit voor een instroom van mensen buiten het gebied. De vraag naar woningen neemt hierdoor sterk toe, waardoor voornamelijk de stedelijke kernen Apeldoorn en Deventer verdichten en uitbreiden. Ook om deze steden heen kopen steeds meer

vermogende gezinnen uit het westen oude boerderijen op, waardoor steeds meer paarden in achtertuinen verschijnen. Door de grote druk op de schaarse grond is er weinig ruimte voor nieuwe natuur, waardoor de recreatiedruk mede door de toegenomen vraag nog verder toeneemt. De natuurbeheerskosten nemen toe door drukte, waardoor steeds vaker toegangsprijzen worden geheven, ook wordt natuur steeds vaker opgekocht door private recreatie en beheerorganisaties voor het creëren van natuurlijke recreatiegebieden.

In Figuur 2.2 worden de tijdlijn en het schetsmatig kaartbeeld van scenario "Grootschalig en Efficiënt" weergegeven.



Figuur 2.2 Tijdlijn en schetsmatig kaartbeeld van scenario "Grootschalig en efficiënt".

2.3.2 Verhaallijn 'Kleinschalig en verbonden'

Na de coronacrisis is voor veel mensen het belang van een vertrouwde lokale gemeenschap toegenomen. Samenzijn, duurzaamheid en inclusiviteit staan hoog op de politieke agenda overal ter wereld. Het BNP als indicator is wereldwijd afgeschaft, de status van een economie wordt vooral afgemeten aan brede welvaartsindicatoren en het natuurlijk kapitaal. Hierdoor is de noodzaak tot economische groei afgenomen.

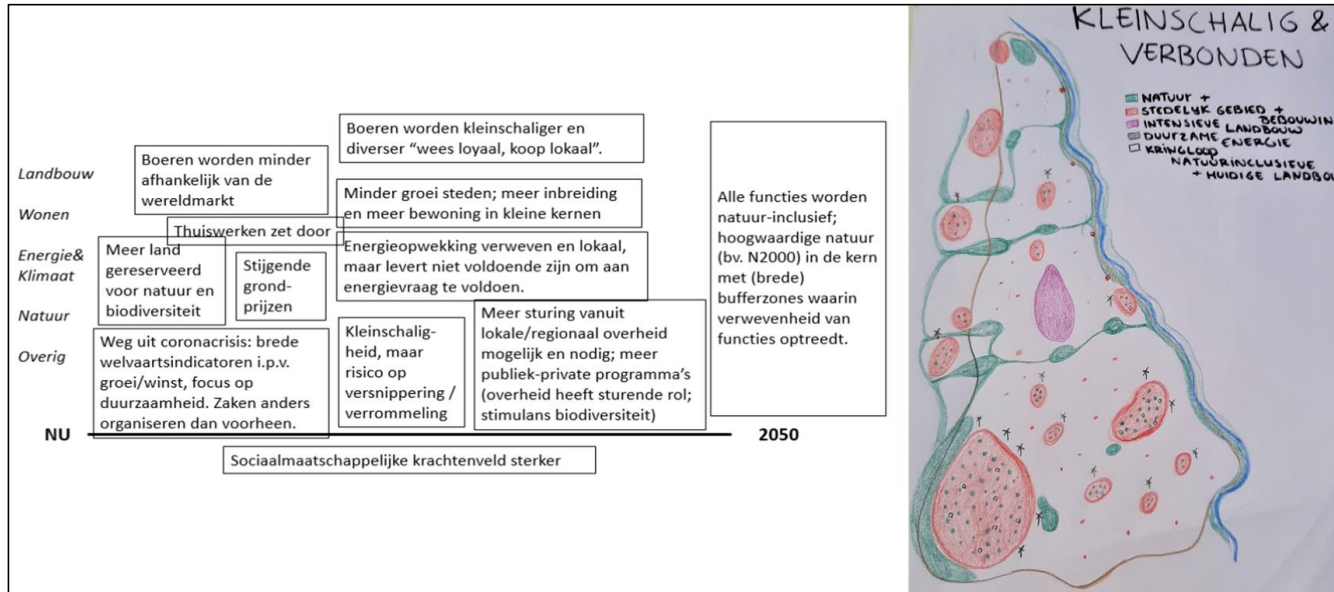
Nederland gaat mee in deze trend. Na de coronacrisis is de publieke opinie omgeslagen. Maatschappelijke diensten, als zorg, politie en onderwijs, worden veel meer gewaardeerd. Duurzaamheid is de belangrijkste leidraad in de samenleving. Het besef is gekomen dat, om de duurzaamheidsdoelen te halen, moet worden afgestapt van een model van economische groei. Daarom wordt vol ingezet op de circulaire economie en de economie is dan ook "lokaler" dan ooit en nog minder afhankelijk van import. Als neveneffect neemt de buitenlandse vraag en daardoor de export ook flink af. Hierdoor is er minder geld beschikbaar in de economie. Aangezien maatschappelijke functies wel belangrijk blijven, stijgt de belastingdruk, waardoor de koopkracht voor alle groepen, maar vooral voor de rijken afneemt.

De overheid leunt voor de transitie naar een circulaire economie sterk op maatschappelijke 'bottom-up' initiatieven. Ook wordt er veel meer overgelaten aan het lokale bestuur, zij weten immers het beste wat goed is voor hun gebied. Individualisme is op zijn terugtocht, "samen staan we sterk" is het nieuwe adagium. Woonvormen, zoals woongroepen en intergenerationeel samenwonen, worden populairder. Ook de buurt wordt steeds belangrijker in het leven van mensen.

In de Noordelijke IJsselvallei betekent dit dat burgers meer vrijheid hebben om te wonen waar ze willen, nieuwe duurzame initiatieven worden gestimuleerd, maar ze moeten dan wel voldoen aan duurzaamheids- en natuurdoelstellingen. Wonen in het landelijk gebied groeit aan populariteit, thuiswerken is immers nog steeds heel normaal. Dit kan wel leiden tot versnippering en verrommeling van het landschap. De nadruk op duurzaamheid en circulaire economie zorgt voor veel vraag vanuit de burger naar lokale producten. De slogan 'wees loyaal, koop lokaal' is niet meer weg te denken. Boeren in de regio spelen hierop in door een steeds groter aandeel van hun producten direct te leveren aan de consument. Dit is ook de reden dat veeteelt in de regio afneemt, maar de tuinbouw sterk toeneemt. Doordat een groot deel van de vraag van de wereldmarkt wegvalt, stappen de meeste boeren over op kringlooplandbouw, natuurinclusieve landbouw of stoppen. Veel boeren combineren het agrarisch bedrijf met andere initiatieven, zoals beheer van natuur, het maken van lokale producten, zoals kaas, en het opzetten van een boerencamping. De energievraag is minder hard gestegen dan in 2020 werd verwacht, daardoor kan een groot deel van de benodigde energie worden opgewekt in en rond bebouwing. Ramen van zonnepanelen zijn gemeengoed geworden, grootschalige zonnenvelden worden amper aangelegd. Energieopwekking wordt voornamelijk lokaal georganiseerd en is sterk afhankelijk van de lokale vraag. Ieder dorp heeft zijn eigen duurzame energiestrategie, variërend van een focus op geothermie en aquathermie tot windenergie.

In Figuur 2.3 worden de tijdlijn en het schetsmatig kaartbeeld van scenario "Kleinschalig en Verbonden" weergegeven.

Figuur 2.3



Figuur 2.3 Tijdlijn en schetsmatig kaartbeeld van scenario "Kleinschalig en Verbonden".

3 Effecten sociaaleconomische scenario's verkennen en aanscherpen

3.1 Aanpak: mogelijke effecten op bodem, water en natuur in beeld brengen

Om de verhaallijnen van de scenario's aan te scherpen is in beeld gebracht - en binnen de werkgroep doorgesproken - wat de mogelijke effecten zijn op landgebruik, bodem, water en natuur. Deze informatie draagt bij aan het vertalen van de scenario's naar kaartbeelden en het analyseren van toekomstige resultaten van de modellering van de effecten op het fysieke/natuurlijke systeem. Deze analyse is uitgevoerd op gebiedsniveau; er is daarbij *niet* gekeken naar (verandering in) verdienmodellen van agrariërs.

3.2 Autonomo scenario "Grootschalig en Efficiënt"

In deze paragraaf zijn voor het autonome toekomstscenario "Grootschalig en efficiënt" de effecten voor het gebied in algemene zin en locatie specifiek beschreven op basis van gesprekken binnen de werkgroep (experts kennisinstituten en gebiedskenners).

3.2.1 Algemene effecten

Ontwikkelingen waarbij economische winst centraal staan zullen een effect hebben op het bodem- en watersysteem. In het algemeen zal de bodemkwaliteit verslechteren ten behoeve van de intensivering van de landbouw (bv. uitputting, egalisering i.p.v. reliëf). Maatregelen om de water- en bodemkwaliteit te verbeteren zullen worden gereduceerd, en verstedelijking en recreatiedruk zorgen voor meer verharding van de bodem.

Een afname in bodemkwaliteit leidt tot een afname in waterbergingscapaciteit. Dit heeft effect op de ondiepe grondwaterstanden en het beschikbare bodemvocht, op de waterkwaliteit

en er zullen vaker hogere piekafvoeren voorkomen. Verwacht wordt dat de watervraag zal toenemen door bevolkingsgroei en doordat het waterbeheer met name gericht is op de landbouw. Naast een toename in oppervlaktewater vraag, zal het gebruik van grondwater ook toenemen (i.e., drinkwater-onttrekkingen en beregeningsonttrekkingen), waardoor grondwaterstanden in met name de zomer kunnen dalen.

De waterkwaliteit van oppervlaktewater zal achteruitgaan door de intensivering van landbouw (e.g., landbouwemissies), door toename in stedelijk water en door verminderde beekafvoeren in de zomer (verlaagde grondwaterstand). Het is hierdoor plausibel dat eerder opgestelde doelen vanuit EU (bv. KRW) en ministeries (bv. stikstof) naar beneden worden bijgesteld.

Landelijk gezien zal het areaal natuur en/of kwaliteit van de natuur afnemen. Zowel flora en fauna komen onder druk te staan, wat tot verslechtering van biodiversiteit leidt. In een scenario waar economische winst centraal staat is het aannemelijk dat natuur 'vermarkt' wordt, waardoor recreatiegebieden minder vrij toegankelijk worden. De ontwikkeling naar meer natuur inclusief landgebruik zet niet door.

3.2.2 Locatie-specifieke effecten

- Voor de Noordelijke IJsselvallei zullen de effecten op de bodem erg afhankelijk zijn van het landgebruik.
- Het zal de norm worden om water in te laten vanuit de IJssel in plaats van alleen in droge situaties zoals nu het geval is. In het noordelijke deel kan dit effect hebben op de waterkwaliteit omdat er gebiedsvreemd water wordt binnengelaten.
- Door toegenomen grondwateronttrekkingen (e.g., toename drinkwateronttrekkingen), zal de kwel op de Veluwe flanken wegvallen. Het wegvallen van dit kwalitatief goede water zorgt voor een afname in beekafvoer, waardoor de waterkwaliteit zal

verminderen. Daarnaast kunnen deze gebieden minder benut worden voor natuur. auto

- Het areaal natuur zal afnemen door groeiende steden en dorpskernen.
- De hoogwatergeul aan de noordzijde dat nu weidevogelgebied is kan ook een ander bestemmingsplan krijgen.
- Verschillen tussen landgebruik in Terwolde Laag (landbouw dominant) en Terwolde Hoog (gemêleerd landschap) worden groter.
- Mogelijk toename meer bebouwing en landbouwactiviteiten in uiterwaarden langs de IJssel.

3.3 Autonoom scenario “Kleinschalig en Verbonden”

In deze paragraaf zijn voor het autonome toekomstscenario “Kleinschalig en Verbonden” de effecten voor het gebied in algemene zin en locatie-specifiek beschreven op basis van gesprekken binnen de werkgroep (experts kennisinstituten en gebiedskenners).

3.3.1 Algemene effecten

De veranderingen in dit scenario zullen leiden tot een stabilisering/toename van de grondwateraanvulling en stijging van grondwaterstanden in het gebied en mogelijk een toename van kwel vanaf de Veluweflanken. Deze stabilisering/toename van grondwateraanvulling is het gevolg van een stabilisering van de grondwateronttrekkingen voor drinkwater, landbouw en industrie, afname van drainage en verharding en het vasthouden van water in de bodem- en ondergrond.

De mate van verharding en ontwatering (drainage) neemt af en de focus komt meer te liggen op het vasthouden van water in de bodem- en ondergrond van zowel landelijk als stedelijk gebied. Tegelijkertijd vindt een stabilisatie van de drinkwatervraag en een afname van de beregeningsvraag plaats. De waterbergingscapaciteit van het gebied neemt toe, wat kan leiden tot een afname in piekafvoeren. In tijden van

veel neerslag is echter extra beheer nodig, omdat water minder snel het gebied kan verlaten. Een toename van kwelwater (doordat er minder grondwater wordt onttrokken t.b.v. beregening) en hogere grondwaterstanden zorgen voor een betere watervoering (minder droogval) van de beken in Terwolde Hoog. Voor de IJsselvallei zal dit betekenen dat er minder water wordt in- en uitgelaten vanuit de IJssel.

Maatregelen om de water- en bodemkwaliteit te verbeteren zetten door. In het algemeen betekent dit dat de bodem- en waterkwaliteit zullen verbeteren t.g.v. extensivering van de landbouw (afname landbouw-emissies) en een afname van vervuiling vanuit stedelijk gebied. In het westen en zuiden van het gebied zorgt de toename van schoon kwelwater voor een betere waterkwaliteit. Een risico is dat het opzetten van het waterpeil in voormalig intensieve landbouwgebieden kan leiden tot interne eutrofiering en/of tijdelijke stijging verontreiniging tgv uitspoeling vervuilde bodems.

Ontwikkelingen waarbij duurzaamheid en natuur centraal staan hebben een effect op het bodem- en watersysteem. De KRW doelen in het gebied worden naar alle waarschijnlijkheid gehaald. Afname van vervuiling en toename van de grondwaterstanden zorgen voor een afname van de druk op natuur, ook wordt de natuur beter beschermd. Er is sprake van een toename van het areaal natuur verspreid over het gebied. Daarnaast verbetert de kwaliteit van de bestaande en nieuwe natuur (verbetering biodiversiteit) en is er meer ruimte voor (weide)vogels, mede door de verbeteringen in het bodem- en watersysteem. Over het algemeen wordt de droogte- en natschade meer geaccepteerd, mede doordat de schade enigszins gecompenseerd kan worden door lokale duurzaamheidsfondsen.

Een *risico* binnen dit scenario is de verwevenheid/versnippering van functies, waardoor de hierboven geschetste ontwikkelingen geremd kunnen worden. Verwevenheid/versnippering van functies kan

bijvoorbeeld leiden tot verharding van landelijk gebied en lokale vervuiling van bodem-watersysteem, ook in de buurt van natuurgebieden. Daarnaast kunnen vraagstukken/conflicten in het waterbeheer ontstaan vanwege de nabijheid van verschillende functies in een klein gebied. Ook kan de verwevenheid/versnippering van functies de ontwikkeling van grootschalige natuurherstelprojecten bemoeilijken.

3.3.2 Locatie-specifieke effecten

- In het noorden van het gebied (Terwolde Laag) zal landbouw een belangrijke gebiedsfunctie blijven vervullen. Het is relevant om Veluwe(flank) mee te nemen in verhaallijn (en later ook in de kwantificering van de toekomstscenario's). Als op Veluwe ook meer aandacht komt voor natuur/biodiversiteit dan zal kwelstroom Veluweflank en westrand Noordelijke IJsselvallei waarschijnlijk constant blijven of toenemen
- Op en langs de Veluweflank worden kwelzones beter benut voor natuur;
- De hoogwatergeul aan noordzijde van het gebied blijft weidevogelgebied
- Verschillen tussen landgebruik in Terwolde Laag en Terwolde Hoog worden minder groot.
- Mogelijk natuurontwikkeling in uiterwaarden langs de IJssel.

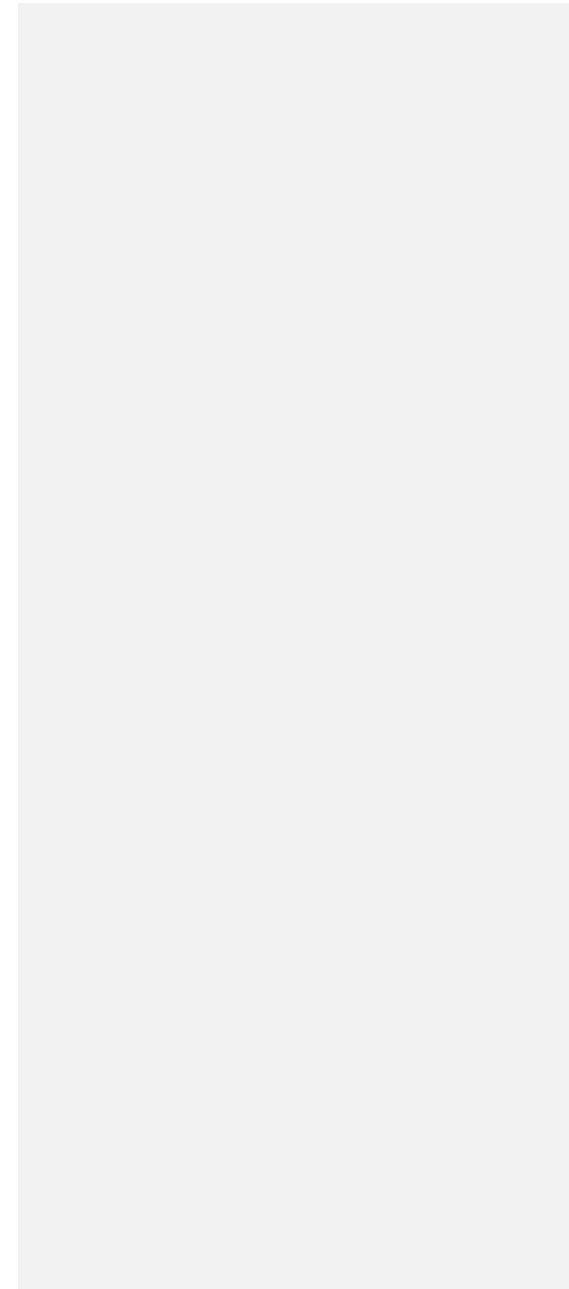
4 Sociaaleconomische scenario's visualiseren

4.1 Aanpak: samenwerking met expert ruimtelijke visualisatie

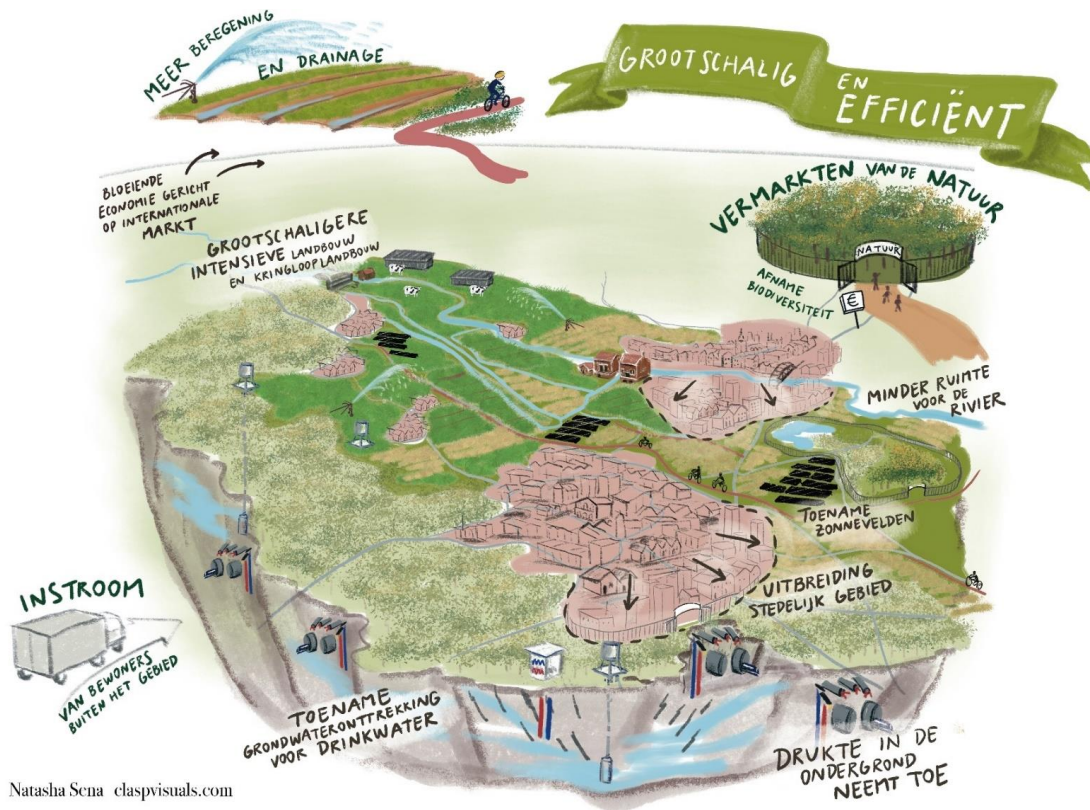
Op basis van de voorgaande activiteiten zijn visualisaties gemaakt van de twee gebiedspecifieke autonome, sociaaleconomische scenario's. Deze visualisaties vergroten het inzicht in het effect van de toekomstige externe/autonome ontwikkelingen op landgebruik in het gebied – de verschillen tussen de scenario's worden hiermee "in een keer" inzichtelijk. Ook helpen de visualisaties bij het benoemen/herkennen van mogelijke toekomstige kansen, knelpunten en risico's in het gebied (zie hoofdstuk 1). Naast deze voordelen helpt het maken van de scenario's bij het verder aanscherpen van de verhaallijnen en het ruimtelijk maken van de ontwikkelingen in het gebied.

Deze activiteit is uitgevoerd door de werkgroep in samenwerking met een expert op het gebied van ruimtelijke visualisaties (Natasha Sena, claspvisuals.com).

Op de onderstaande pagina's worden de visualisaties van de twee scenario's afgebeeld.



4.2 Visualisatie scenario "Grootschalig en efficiënt"



Figuur 4.1 Visualisatie van het gebiedspecifieke autonome scenario (sociaaleconomisch) "Grootschalig en Efficiënt"

4.3 Visualisatie scenario “Kleinschalig en Verbonden”



Figuur 4.2 Visualisatie van het gebiedspecifieke autonome scenario (sociaaleconomisch) “Kleinschalig en Verbonden”

5 Kwalitatieve analyse: knelpunten, risico's en kansen in beeld

Tijdens een werkgroep sessie met gebiedskenners is op basis van de visualisaties en landgebruikskaarten een analyse gedaan van de toekomstige knelpunten, risico's en kansen van twee verschillende autonome scenario's. Hierbij is steeds afzonderlijk gekeken naar de effecten van sociaaleconomische veranderingen en klimaatverandering. Tijdens de volgende activiteit (analyse modelresultaten), worden deze knelpunten, risico's en kansen verder gekwantificeerd.

5.1 "Grootschalig en Efficiënt" (plus KNMI'14 W_H)

Als gevolg van de sociaaleconomische veranderingen zal natuur afnemen door de toename van het areaal aan stedelijk gebied, (intensieve) landbouw en zonneweides. Een toename van ontwatering (drainage) plus een toename van grondwaterwinning om in de waterbehoefte van deze intensieve functies te voorzien leidt tot voortschrijdende verdroging. Daarnaast is onder dit scenario een toename van de eutrofiering van het grond- en oppervlaktewater te verwachten. Daarbij neemt de druk op de ondergrond en grondwater in en rond het stedelijk gebied toe. Op korte tot middellange termijn leiden deze ontwikkelingen tot een afname van de natuurwaarden en landschappelijke waarden in het gebied; KRW-doelen worden niet gehaald. Op langere termijn is een **structurele afname van de biodiversiteit** te verwachten (zowel terrestrische en aquatische natuur). Een ander knelpunt op de langere termijn is vervuiling van het drink- en zwemwater ten gevolge van langdurige belasting van grond- en oppervlaktewater. Deze ontwikkeling kan leiden tot **risico's voor de volksgezondheid** en/of hogere kosten voor de zuivering van drinkwater. Een positieve ontwikkeling voor het gebied is dat het **verdienvermogen** onder dit scenario de komende decennia toeneemt, of tenminste stabiel

blijft. De grondprijzen blijven in dit scenario hoog en de energievoorziening is stabiel.

In het geval deze sociaaleconomische ontwikkelingen samen vallen met het W_H klimaatscenario (KNMI'14) zal dit de verdroging van het grondwater waarschijnlijk versterken, waardoor meer beregening nodig is om de landbouwproductiviteit in stand te houden. Anderzijds neemt de grondwateraanvulling op het Veluwemassief, en de daarmee samenhangende aanvoer van kwelwater, mogelijk af. De **natuurwaarden en biodiversiteit nemen verder af** als gevolg van deze ontwikkelingen. Mogelijk zal ook de landbouw droogteschade ondervinden, al blijft dit beperkt door de onbeperkte mogelijkheden om te beregenen. Wel zal naar verwachting **landbouwschade optreden als gevolg van wateroverlast tijdens piekbuien**. Onder het W_H klimaatscenario (KNMI'14) zal de afvoer van de IJssel sterker fluctueren. Doordat in dit scenario (Grootschalig en Efficiënt) tot vlak langs de rivier en in de IJssel wordt gebouwd, zorgen perioden met hoge rivierafvoeren voor **risico's op schade door overstroming langs de IJssel**. Lage rivierafvoeren in de zomer beperken de hoeveelheid inlaat-water voor beregening van de landbouw, wat waarschijnlijk leidt tot een toename van grondwateronttrekkingen en versterkte verdroging van het grondwater. Ook wordt de scheepvaart tijdens droge perioden beperkt, wat een negatieve impact heeft op de economische situatie in het gebied. Een ander risico is een toename van **hittestress**. Dit treedt voornamelijk op in het stedelijk gebied waar in dit scenario verdichting optreedt en nauwelijks vergroeningsmaatregelen worden toegepast om de negatieve effecten van toenemende hitte te beperken.

Om de risico's van watertekort en wateroverlast te beperken zullen maatregelen moeten worden genomen. Binnen dit scenario blijft "peil volgt functie" het uitgangspunt en liggen **maatregelen met technologisch en grootschalig karakter** voor de hand. Daarbij valt te denken aan het

grootschalige bovenstroomse opslag van water, bijvoorbeeld door injectie van water uit de IJssel in oppervlaktewaterbekkens of in de ondergrond van het Veluwemassief. De toenemende risico's van overstromingen vanuit de IJssel worden opgelost met traditionele maatregelen als dijkverhoging. De nadelige gevolgen van lage waterstanden in de IJssel worden mogelijk beperkt door het stuwen van het rivierwater. Knelpunt hierbij is waarschijnlijk een toenemende watervraag van het IJsselmeer tijdens droge perioden onder dit scenario. De landbouwsector speelt in op de toenemende klimaatvariabiliteit door het toepassen van precisielandbouw en technieken als onderwaterdrainage.

5.2 “Kleinschalig en Verbonden” (plus KNMI'14 W_H)

Als gevolg van de sociaaleconomische veranderingen zal het areaal natuur toenemen en treedt vermenging/versnippering op van het landschap (stedelijk gebied, landbouw en natuur). Het landbouwareaal in het gebied neemt wat af en verandert van karakter. Naar verwachting neemt de mate van drainage wat af maar blijft de berekening van de landbouw min of meer stabiel (minder, maar hoogwaardiger land-/tuinbouw). **Verdroging van het grondwater blijft daardoor een probleem.** In het streven om natuurdoelen (KRW) te behalen neemt de nutriëntenbelasting af. Doordat er verder weinig sturing is op de ontwikkelingen in het gebied, zijn de onzekerheden in dit scenario relatief groot. Het is bijvoorbeeld **onzeker of de veranderingen leiden tot een verbetering van de biodiversiteit.** Mogelijke knelpunten van deze zelfvoorzienende economie zijn een **beperkte haalbaarheid van nieuwe verdienvermogen en instabiele energievoorziening.** Hierbij speelt mee dat een deel van de grond afgewaardeerd moet worden. De onzekerheden en afname van het verdienvermogen leiden mogelijk tot tegenstand van burger en **onrust in het gebied.** Ook zijn vanwege het beperkte verdienvermogen de kosten om natuur te beheren mogelijk te hoog.

In het geval deze sociaaleconomische ontwikkelingen samenvallen met het W_H klimaatscenario (KNMI'14) zal dit de verdroging van het grondwater waarschijnlijk versterken. Anderzijds neemt de grondwateraanvulling op het Veluwemassief, en de daarmee samenhangende aanvoer van kwelwater, mogelijk af. De **natuurwaarden en biodiversiteit staan onder druk** als gevolg van deze ontwikkelingen. De landbouw zal meer droogteschade en natschade ondervinden. Onder het W_H klimaatscenario (KNMI'14) zal de afvoer van de IJssel sterker fluctueren. Doordat in dit scenario (Kleinschalig en Verbonden) niet vlak langs de rivier of in de uiterwaarden wordt gebouwd, is het **risico op schade door overstroming beperkt.** Lage rivierafvoeren in de zomer beperken de hoeveelheid inlaatwater voor berekening van de landbouw, wat waarschijnlijk leidt tot een droogteschade aan de landbouw. Ook wordt de scheepvaart tijdens droge perioden beperkt, wat een negatieve impact heeft op de economische situatie in het gebied. Het risico op een toename van **hittestress is in dit scenario waarschijnlijk beperkt**, vanwege de vergroening van het stedelijk gebied.

Om de risico's van watertekort en wateroverlast te beperken zullen maatregelen moeten worden genomen. Binnen dit scenario verandert het uitgangspunt in een deel van het gebied waarschijnlijk naar “functie volgt peil” (afgezien van het stedelijk gebied en de resterende intensieve landbouwgronden). Binnen dit scenario liggen **maatregelen met een lokaal karakter** voor de hand, variërend van technologisch tot “nature based”. Te denken valt aan aanpassen van gewaskeuzes, lokale (ondergrondse) opslag van water en verwijderen van drainage en waterlopen in en rond (nieuwe) natuurgebieden (lokaal versterken sponswerking). In de intensieve gebieden kan mogelijk onderbemaling en precisielandbouw worden toegepast. Vanwege het kleinschalige karakter en de versnippering van het landschap is het effect van deze maatregelen op gebiedsniveau waarschijnlijk te beperkt om klimaatrobuuste situatie.

6 Vertaling scenario's naar rekenmodellen

In deze paragraaf wordt toegelicht welke aanpassingen zijn gedaan ten behoeve van de twee gebiedsspecifieke toekomstscenario's. Vanwege beperkte tijd is alleen het scenario 'Grootschalig en efficiënt' met het AZURE model doorgerekend en geanalyseerd. In Bijlage A is een beschrijving gegeven van de technische modelimplementatie. Voorbereiden modelberekeningen

Om de effecten van mogelijke toekomstige veranderingen op bodem, water, natuur en landgebruik te kwantificeren worden verschillende scenario's met een regionaal grondwatermodel doorgerekend. In het geval van de case Noordelijke IJsselvallei is dat het AZURE model^{1,2}. AZURE omvat gekoppelde modellen voor grondwater en onverzadigde zone en dient met name om het grondwaterwaterbeheer voor het gebied Veluwe tot aan de Utrechtse heuvelrug, Flevoland en IJsselmeer te ondersteunen ([AZURE grondwatermodel](#)). Het model heeft een ruimtelijk resolutie van 25x25m en rekt op dagbasis. Voor deze case zal worden gewerkt met een uitsnede van het AZURE model dat de Noordelijke IJsselvallei en omgeving beslaat.

Tabel 6-1 geeft een overzicht van de modelscenario's die worden doorgerekend om de effecten en onzekerheden van toekomstige veranderingen te kwantificeren. In een optimale aanpak zou ook het toekomstige land- en watergebruik voor het huidige klimaat en/of een ander klimaatscenario worden doorgerekend. Gezien de rekentijd en de beschikbare projectcapaciteit wordt hiervan afgezien. Ook is om deze redenen nog niet duidelijk of het modelscenario waarin het KNMI'14 WH klimaat (zichtjaar 2050) wordt gecombineerd met het sociaaleconomische

scenario "Kleinschalig en Verbonden" kan worden doorgerekend. Dit is eigenlijk wel een minimale vereiste voor het in beeld brengen de bandbreedte van toekomstige veranderingen en effecten.

De vertaling van een scenario naar rekenmodellen bestaat uit verschillende aanpassingen aan het model:

- Aanpassen klimaat (meteorologie)
- Aanpassen landgebruikskaart
- Aanpassen van water- en bodemkenmerken

In onderstaande paragrafen worden deze aanpak verder toegelicht en uitgewerkt voor de twee autonome toekomstscenario's.

Details aangaande de modellering met het AZURE model zijn beschreven in een apart document (Bijlage 0).

Tabel 6-1 Overzicht modelscenario's waarbij klimaat en sociaaleconomische verandering wordt gemodelleerd. Scenario 4 en 5 zijn vanwege beperkte tijd niet doorgerekend.

Nr.	Klimaat	Sociaaleconomische veranderingen
1	KNMI'14 REF	Huidig
2	KNMI'14 W _H (2050)	Huidig
3	KNMI'14 W _H (2050)	Autonoom scenario "Grootschalig en efficiënt"
4	KNMI'14 WH (2050)	Autonoom scenario "Kleinschalig en verbonden"
5	KNMI'14 W _H (2050)	Beleidsscenario('s) gebaseerd op BOVI

¹ <https://www.nhi.nu/nl/index.php/modellen/azure/>

² <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/20018ff2cf054be0b6024822c3cafca3>

6.1.1 Aanpassingen klimaat

Voor scenario's waar een verandering van klimaat relevant is, dienen meteorologische invoerreeksen te worden aangepast. In deze casus is dit gedaan op basis van 30-jarige neerslag- en verdampingsreeksen op basis van KNMI'14 klimaatscenario's. Deze reeksen zijn eerder voorbereid in het kader van het Deltascenario's (1980-2011). Om de rekentijd van het model te beperken is deze periode verkort tot 20 jaar (1990-2011), waarbij de periode van analyse 2001-2011 is en de voorliggende 10 jaar worden

Tabel 6-2. geeft hiervan een overzicht, waarbij de verandering in procenten ten opzichte van het huidige landgebruik is weergegeven. Figuur 6.1 toont de AZURE landgebruikskaarten voor de huidige situatie en voor de twee sociaaleconomische scenario's.

Na een analyse van de huidige percentages van de verschillende typen landgebruik, bleek dat in een aantal gevallen de verandering niet reëel was. Zo bleek dat in het geval van natuur/biodiversiteit het huidige percentage landgebruik voor dit type dermate laag was, dat een toename van 5% niet zou leiden tot een toename van het areaal natuur/landgebruik. Ook bleek het niet mogelijk om door het herverdelen van het totale areaal exact op de vooraf ingeschatte percentages verandering uit te komen.

Naast veranderingen in percentages areaal van de verschillende landgebruikstypen, zijn ook keuzes gemaakt wat betreft de locaties/zones waar een nieuw landgebruikstype logischerwijs ontstaat of waar een bestaand landgebruikstype verdwijnt.

Nieuwe vormen van landgebruik, zoals zonnenvelden, ontbreken in de huidige geohydrologische modellen zoals het AZURE model (versie 4.0). Het is daarom niet in alle gevallen mogelijk om nieuwe vormen van landgebruik direct toe te passen in de AZURE landgebruikskaarten. In het geval van zonnepanelen was het mogelijk om deze nieuwe vorm van

doorgerekend om het AZURE model "op te warmen" (genereren van evenwichtige startcondities). De analyseperiode 2001-2011 is volgens de experts van het waterschap een periode die karakteristiek is voor het huidige klimaat.

6.1.2 Aanpassingen landgebruik

Op basis van voorgaande activiteiten (1-4) is voor de twee autonome sociaaleconomische scenario's een inschatting gemaakt van de procentuele veranderingen in landgebruik.

landgebruik in het model te "parametriseren" op basis van een bestaand type landgebruik (grasland) met een aanpassing in de potentiële verdamping.

Er zijn echter ook nieuwe vormen van landgebruik waarvan nog niet duidelijk is hoe deze zich precies zullen ontwikkelen en/of wat dit nieuwe landgebruik betekent voor het water- en bodemsysteem. Het is in dit soort gevallen moeilijk om deze nieuwe vorm van landgebruik in het model te "parametriseren" op basis van de bestaande mogelijkheden van het model. Een voorbeeld hiervan is "kringlooplandbouw". Kringlooplandbouw is vooralsnog een verzamelterm voor verschillende nieuwe technieken die bijdragen aan het verbeteren van hergebruik binnen de landbouw. Of dit ook van toepassing is op het watergebruik en wat dit precies betekent voor het bodemsysteem is nog niet duidelijk. Betekent kringlooplandbouw ook extensivering en natuurinclusieve maatregelen, of gaat het juist gepaard met intensivering van het gebruik van water en bodem, zei het op een andere manier?

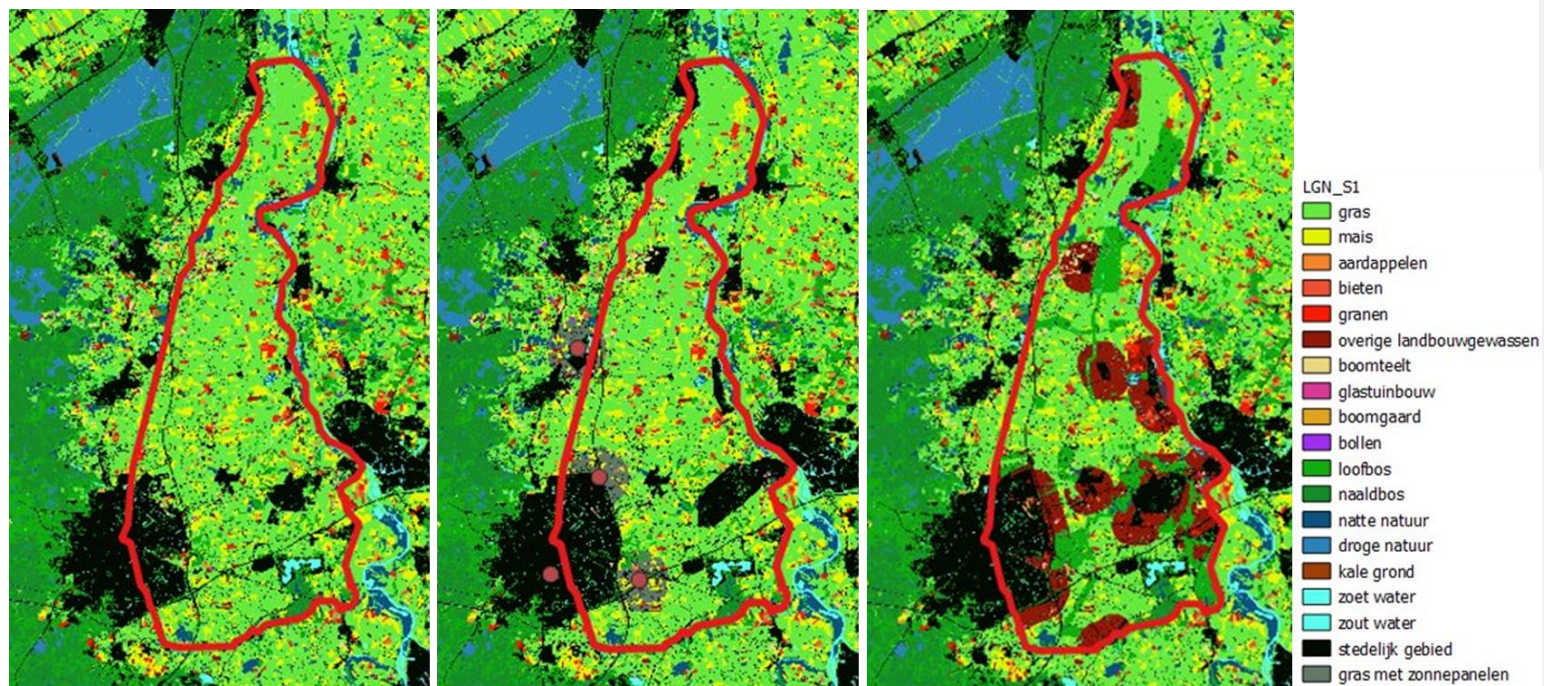
In de onderstaande paragrafen wordt voor beide scenario's in meer detail beschreven op welke manier de AZURE landgebruikskaart is aangepast en welke keuzes daarbij gemaakt zijn wat betreft landgebruiksveranderingen en aanpassing van de water- en bodemkenmerken.

6.1.3 Aanpassingen kenmerken water- en bodemsysteem

Water- en bodemkenmerken van het gebied die het gevolg zijn van de landgebruiksveranderingen dienen aangepast te worden in het model. Het gaat daarbij om modelinvoer -parameters op het gebied van grondwater-onttrekkingen, verdampingsfactoren, infiltratiecapaciteit, beregening, drainage en ontwateringsdiepte.

Tabel 6-2 Overzicht van landgebruiksveranderingen per scenario. Percentages geven de verandering ten opzichte van het huidige areaal van het type landgebruik. In zwart de verandering zoals ingeschat op basis van de verhaallijnen; in rood de verandering na detailanalyse op basis van de landgebruikskaart. * Voor verdere toelichting zie Bijlage 0.

Onderwerp	“Grootschalig en Efficiënt”	“Kleinschalig en Verbonden”	Bron
Economische groei	+2%	+1%	WLO
Bevolking	+20%	+5%	WLO + expert inzicht
Verstedelijking	+25% oppervlak (+27,7%)	+5% oppervlak (+9%)	Expert inzicht
Intensieve landbouw	+5% oppervlak (-12.3% *)	-25% oppervlak (-27.3%*)	Expert inzicht
Vraag naar elektriciteit	Verdubbeling t.o.v. 2020	Gelijk tot kleine stijging van 5% tov 2020	Rapport 'Het energiesysteem van de toekomst'
Natuurinclusieve landbouw	geen toename	+50%	Expert inzicht
Natuur / biodiversiteit	-5% oppervlak (-10,5%)	+5% oppervlak (+220%)	Expert inzicht
Duurzame Energie	22% van de elektriciteitsvraag wordt opgewekt door zonne-energie. Regio wekt 1.5 keer meer zonne-energie dan verhoudingsgewijs nodig en exporteert naar andere regio's. In totaal is een oppervlakte van 11.4 km2 aan addi-tionele zonnenvelden nodig.	Gemeentes mogen zelf beslissen hoe ze de (hernieuwbare) energieopgave invullen. Geen grote zonneparken, wordt veelal geïntegreerd met bestaande bebouwing.	Energieakkoord, & RES cleantech regio
Grondwateronttrekking (drinkwater/industrie)	35-38% toename	blijft gelijk	DPZW; VEWIN



Figuur 6.1 Landgebruikskaarten van het AZURE model van de huidige situatie, toekomstscenario "Grootschalig en Efficiënt" en toekomstscenario "Kleinschalig en Verbonden".

6.2 Modelscenario's "Grootschalig en Efficiënt"

De specifieke aanpassingen voor dit scenario worden hier kort toegelicht.

Verstedelijking : het areaal aan verstedelijkt gebied neemt toe met 28% doordat bestaande steden en kernen, al dan niet aan elkaar vast, groeien. Zo zullen dorpen aan de westzijde van het gebied uitbreiden tot dat ze net in het onderzoeksgebied vallen. De strook stedelijk gebied in de uiterwaarden zal zich uitbreiden en Deventer breidt uit aan de westzijde van de IJssel richting Twello.

Doordat het stedelijk gebied uitbreidt zal landbouwgrond opgeheven worden (gras, mais, aardappelen, bieten, granen, overige landbouwgewassen). Op de locaties waar nieuw stedelijk gebied komt worden de volgende factoren ook aangepast:

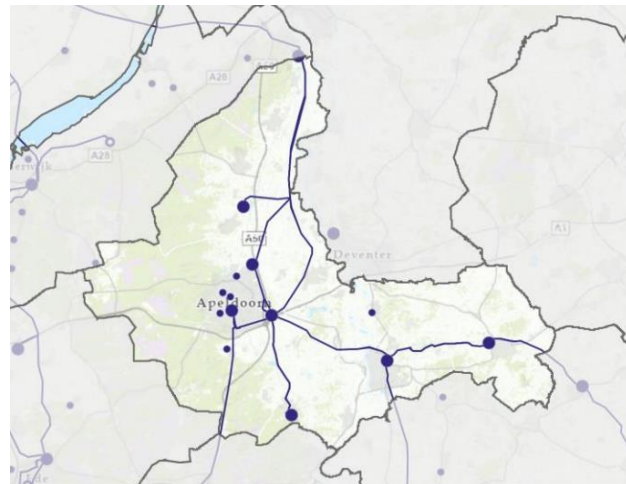
- er wordt buisdrainage 80 cm beneden maaiveld aangelegd (indien dit nog niet aanwezig was), zoals in bestaande stedelijke gebieden.
- de verhardingsfactor wordt vervangen voor de gemiddelde verhardingsfactor horend bij landgebruikstype stedelijk gebied.

Nieuwe energie: Door de grote vraag naar 'duurzame' energie neemt de ruimteclaim van zonnevelden toe voornamelijk langs elektriciteitsnetwerk. Windmolens worden geplaatst bij kruispunten van het elektriciteitsnetwerk. Figuur 6.2 toont de trajecten van de hoogspanningslijnen. Het energienetwerk wordt groots opgezet zodat de opwekking niet (alleen) ten gunste van lokaal verbruik is, maar vooral ook nationaal (datacenters etc.). Hierdoor dienen zich nieuwe kansen voor nieuwe typen industrie en dienstverlening. De benodigde extra zonnestroom in de Noordelijke IJsselvallei wordt geschat op 11.4 km².

In het AZURE-model zullen zonnevelden aangelegd worden op graslanden rondom onderstations van het elektriciteitsnetwerk (paarse punten in Figuur 6.2). Bij een straal van 1900m rondom de 4 aanwezige onderstations kan in de Noordelijke IJsselvallei, 11.64 km² aan grasland bedekt worden

met zonnepanelen, wat 9,5% is van het totale oppervlak aan gras in de Noordelijk IJsselvallei (grijze cirkels in Figuur 6.1). Op deze graslanden zal de potentiële verdamping afnemen met 75%. Dit percentage komt overeen met het verlies aan biomassa onder zonnepanelen (Armstrong et al., 2016).

Het landgebruik zal niet aangepast worden voor de plaatsing van windmolens vanwege de beperkte ruimte die een windmolen vraagt.

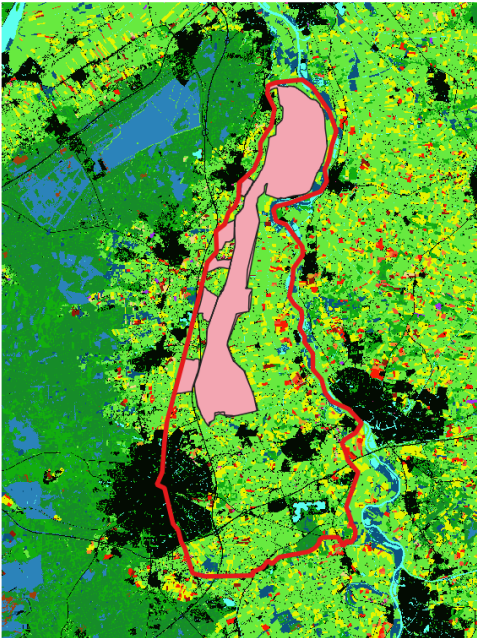


Figuur 6.2 Locatie Hoogspanningslijn (bron: [Liander \(cleantechregio.nl\)](http://liander.cleantechregio.nl))

Landbouw: Door de toename aan stedelijk gebied is het areaal landbouw afgenomen met 6,3%. In dit scenario zal de focus liggen op veeteelt. In het model zal dit vallen onder het landgebruik grasland en snijmais. De intensieve veehouderij zal voornamelijk plaatsvinden in de grote wetering waar nu al veel intensieve veeteelt plaatsvindt (link rapportage deel Charlotte). Om dit te realiseren zal natuur vervangen worden door

agrarisch grasland in de Grote Wetering (Figuur 6.3). In het model zal de intensieve veeteelt plaatsvinden door:

- beregening laten bestaan uit grondwater. Op basis van wateraanvoerkaart wordt de keuze gemaakt of beregening uit grondwater (geen wateraanvoer) of oppervlaktewater (wel wateraanvoer) gebeurt;
- drains te implementeren op 80cm beneden maaiveld -> conform model instellingen (in gebieden waar grondwaterstand ondieper ligt dan 80cm beneden maaiveld).



Figuur 6.3 Stroomgebied van de Grote Wetering met gebieden die worden omgezet naar agrarisch grasland

Natuur: het areaal aan bestaande natuur/biodiversiteit neemt af met 10,5% doordat natuur in de grote wetering is vervangen voor agrarisch grasland. In AZURE zijn er verschillende landgebruiksvormen die onder natuur vallen: loofbos, naaldbos, donker naaldbos, natte natuur, droge natuur.

Natuur zal in dit scenario voornamelijk ten dienste staan van recreatie voor stadsbewoners, waardoor natuur rondom de stad aanwezig zal blijven. De natuur zal vervangen worden door stedelijk gebied.

6.3 Modelscenario “Kleinschalig en Verbonden”

De specifieke aanpassingen voor dit scenario worden hier kort toegelicht.

Verstedelijking: het areaal stedelijk gebied zal alleen rondom Apeldoorn uitbreiden, richting het zuiden (woningen) en noorden (industrie). Kleine dorpjes worden wat groter, waardoor de bewoning door hele gebied heen wordt gestimuleerd.

Doordat het stedelijk gebied licht uitbreidt zullen andere landgebruiksfuncties opgeheven worden. In dit scenario zal alleen grasland opgeheven worden. Op de locaties waar nieuw stedelijk gebied komt worden de volgende factoren ook aangepast:

- er wordt buisdrainage 80 cm beneden maaiveld aangelegd (indien dit nog niet aanwezig was), zoals in bestaand stedelijk gebied.
- de verhardingsfactor wordt vervangen voor de gemiddelde verhardingsfactor horend bij landgebruikstype stedelijk gebied.
- Indien beregening aanwezig was, wordt dit verwijderd

Nieuwe energie: Lokale organisatie van energieopwekking. Zonnepanelen worden geplaatst op bestaande gebouwen, waardoor het geïntrigeerd wordt in het stedelijk gebied. Ieder dorp kan zelf beslissen over het neerzetten van windmolens. Door de geïntegreerde lokale aanpak voor energieopwekking is er geen verandering nodig aan het landgebruik.

Landbouw: In dit scenario ligt de focus op lokale voedselvoorziening waar meer vraag is naar tuinbouw en akkerbouwproducten, en minder veeteelt nodig (grotendeels nationale/internationale productie). In AZURE zal dit vertaald worden door:

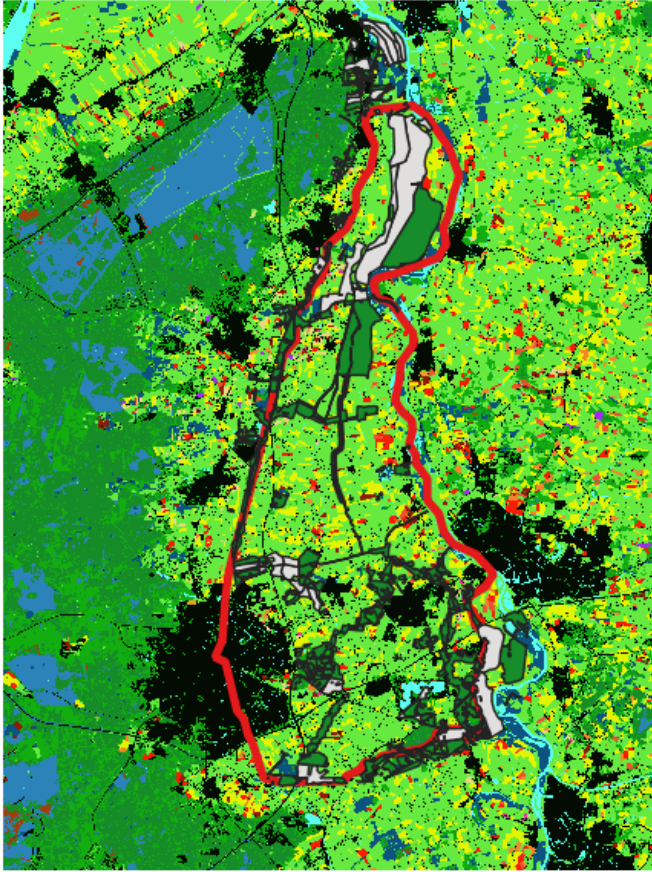
- Het areaal boomgaard in het gebied te laten verdubbelen (totaal naar 1% -> toename van 0.5%)
- Gras en mais gronden vervangen voor akker- en tuinbouw gewassen (in AZURE de categorie 'overig') in een bufferzone van 1km rondom steden en dorpskernen (zie Figuur 6.4). Het idee van deze bufferzone is ontstaan doordat men de producten op korte afstand zou kunnen verkrijgen (loopafstand). Op deze percelen beregening toestaan vanuit oppervlaktewater, en drainage aanleggen op nieuwe landbouwpercelen als dit nog niet aanwezig is (dan kan grasland misschien ook omgezet).

Natuur: het areaal natuur neemt toe doordat bestaande natuur/biodiversiteit blijft en uitbreidt waardoor het beter wordt verbonden. De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) is hierbij als leidraad genomen (Figuur 6.5). Door deze investering zal aan de natuurdoelen voldaan worden. Op expert judgement (Teun Spek, provincie Gelderland) zijn de natuurontwikkelingszones ingedeeld in landgebruikstypen moeras (groen) en grasland (grijs). Afhankelijk van deze typen zijn ook andere acties nodig:

- Natuurlijk grasland
 - Drainagesystemen (buisdrainage) eruit
 - Bestaande waterlopen en sloten behouden
- Moeras
 - Drainagesystemen eruit
 - Greppels eruit (deze hebben een drainerende werking)
 - TOP10 waterlopen verwijderen
 - Hoofdwaterlijn toepassen; leggerwaterlopen laten liggen



Figuur 6.4 Bufferzones (licht oranje) rondom steden en dorpskernen (donker oranje)



*Figuur 6.5 Natuurgebieden op basis van EHS: moeras (groen) en natuurlijk grasland (grijs)
(bron: CleanTechRegio)*

7 Kwantitatieve analyse: knelpunten, risico's en kansen in beeld

7.1 Referentiesituatie: huidig en toekomstig klimaat

7.1.1 Grondwater

Figuur 7.1 toont de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in centimeters onder maaiveld in de referentiesituatie met huidig klimaat.(KNMI WH 2050) Deze zijn berekend over de periode 2000-2010.

In de winter staan de grondwaterstanden relatief hoog (0-40cm -mv) in een groot deel van de Noordelijke IJsselvallei (Figuur 7.1). In het meest noordelijke deel staan de grondwaterstanden minder hoog dan in het zuidelijke deel (0-20cm -mv; er is minder donker paars te zien). In de zomer komen de flanken van de IJssel naar voren als gebieden waar de grondwaterstanden dieper zijn dan 2m-mv.

Onder klimaatverandering zal in de winter in een aantal gebieden een lichte stijging optreden van de grondwaterstanden (0-25cm), met name aan de rand van de Veluwe flanken en de IJssel (Figuur 7.2). In de zomer zal in een groot gedeelte van de Noordelijke IJsselvallei een grondwaterstand-verlaging van minder dan 10 cm optreden. In de hoger gelegen delen (e.g. Terwolde Hoog) zal de grondwaterstand sterker dalen in de range van 10-25 cm.

7.1.2 Kwel en infiltratie

Figuur 7.3 laat de gemiddelde kwel- en wegzijgingsflux in de referentiesituatie zien, berekend als de flux van de tweede naar de

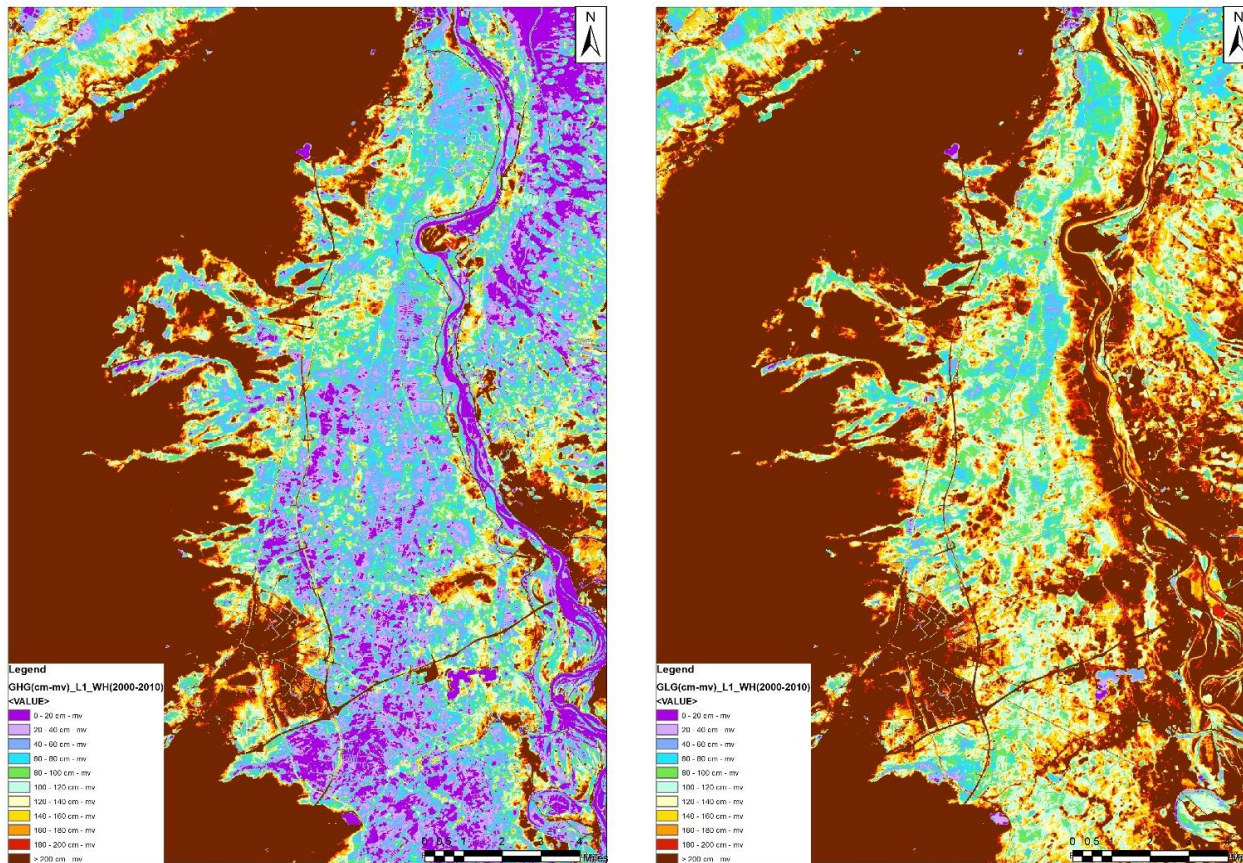
bovenste modellaag, voor de maanden januari en juli. In de winter vindt kwel voornamelijk plaats op de locaties waar de beken lopen en op flanken van de Veluwe. Langs de IJssel vindt het gehele jaar door wegzijging plaats. In de zomer is het kwelgebied groter dan in de winter, als gevolg van een toename van het stijghoogteverschil tussen het diepe (modellaag 2) en ondiepe grondwater (modellaag 1).

Figuur 7.4 laat zien hoe de kwel en wegzijging verandert door klimaatverandering. Hieruit blijkt dat de locaties waar kwel en wegzijging voorkomt grotendeels gelijk blijven, dus dat er vrijwel geen omslag is van kwel naar wegzijging (of andersom) als gevolg van klimaatverandering. Door lagere freatische grondwaterstanden op de flank en in de dalen in de zomer, en hogere grondwaterstanden op de Veluwe jaarrond neemt de kwel toe.

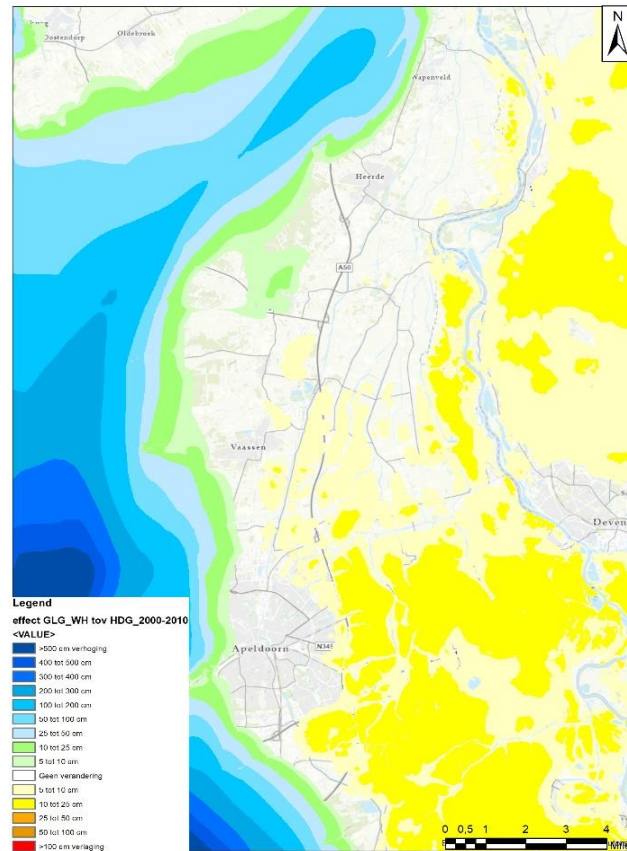
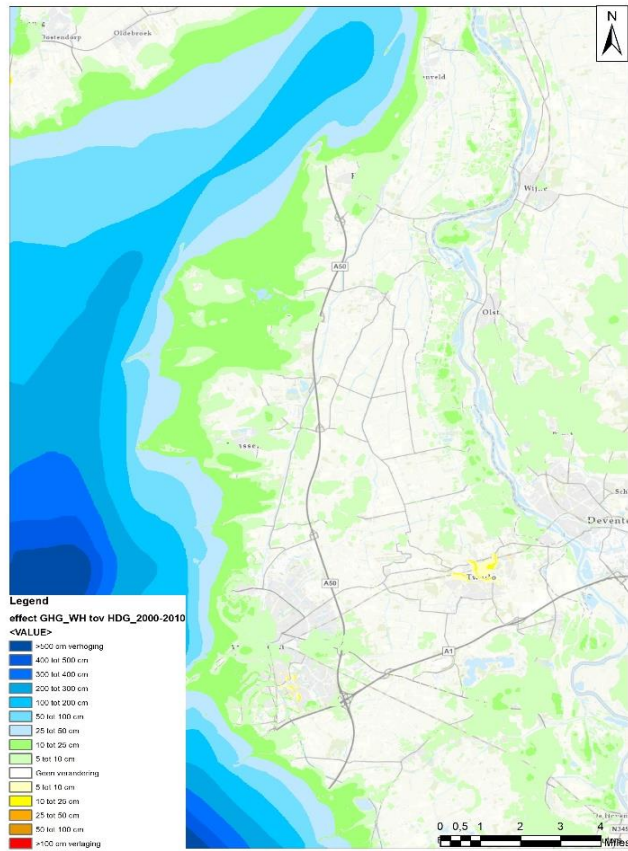
7.1.3 Landbouwopbrengst

Binnen het stroomgebied is de langjarig gemiddelde opbrengstderving wisselend en verschillend van oorsprong. Dit wordt getoond in Figuur 7.5 waar de gemiddelde opbrengstderving (als percentage) in het stroomgebied in de huidige situatie (zonder klimaatverandering) wordt getoond, welke bepaald is met behulp van de Waterwijzer Landbouw tabel. Er is een duidelijke 2-deling zichtbaar tussen het oosten en westen van de Noordelijke IJsselvallei. In het oosten geeft droogte de meeste schade, terwijl in het westen natte condities voor de meeste schade zorgen.

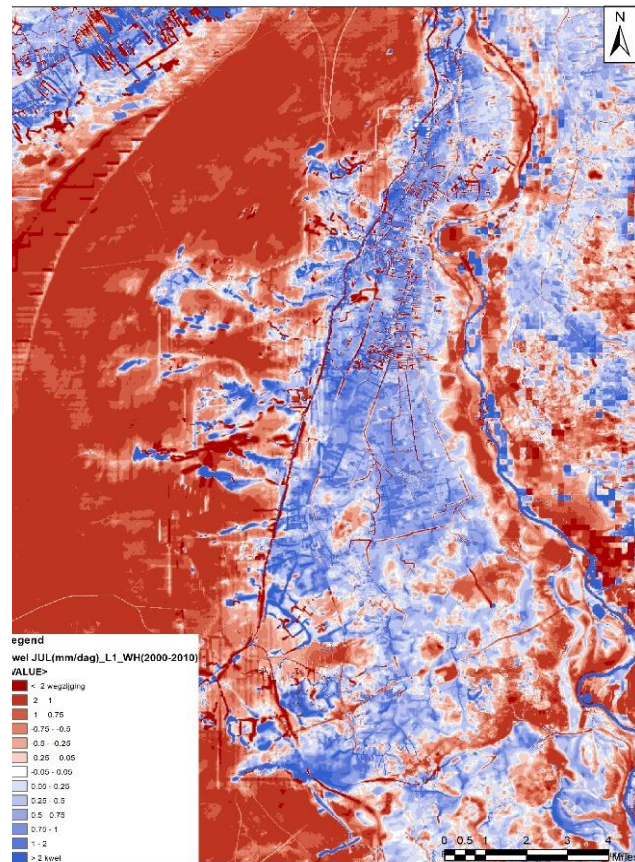
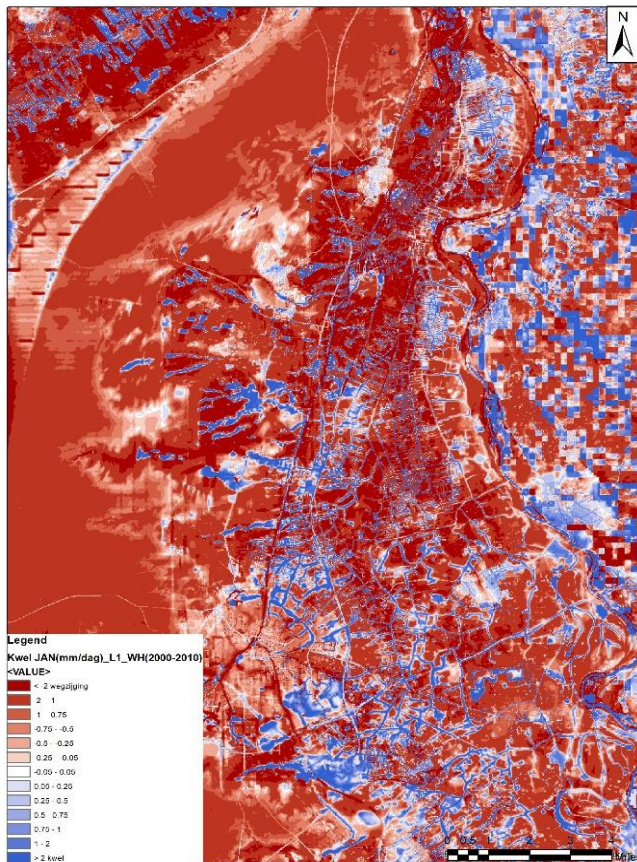
De verandering in opbrengstderving door klimaatverandering is met name in het westen van de Noordelijke IJsselvallei goed zichtbaar (Figuur 7.6), als gevolg van een toename in droogteschade door dalende grondwaterstanden in de zomer (Figuur 7.2).



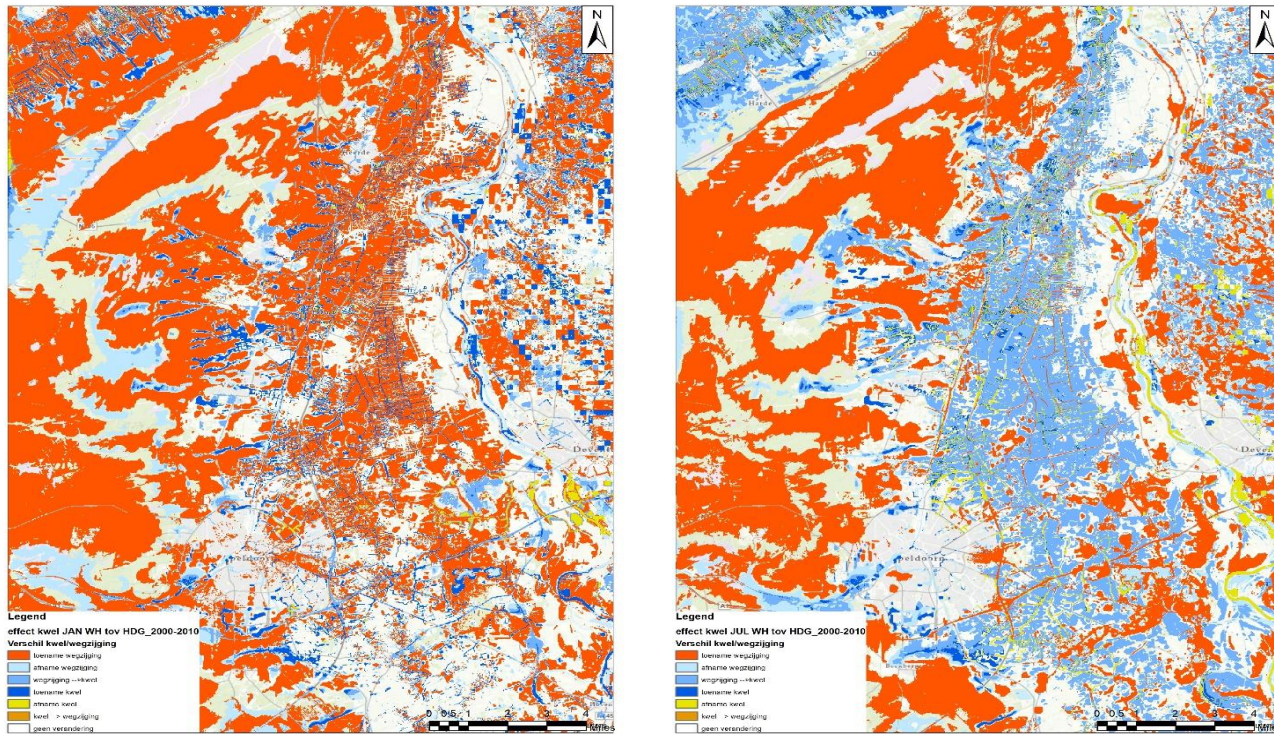
Figuur 7.1 GHG (links) en GLG (rechts) (m-mv) in referentiesituatie onder huidige klimaat.



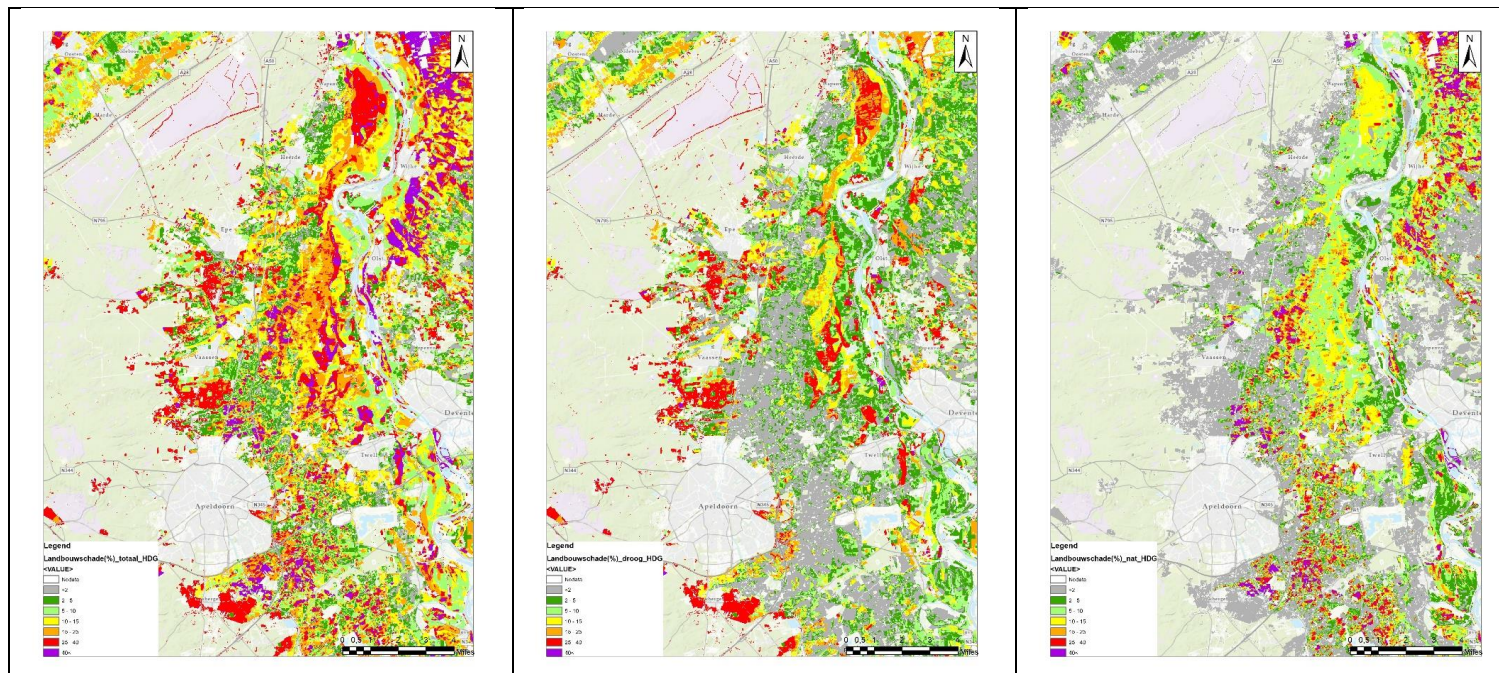
Figuur 7.2 Verandering van de GHG (links) en GLG (rechts) (m) onder klimaatverandering. Een blauwe kleur geeft een stijging van de grondwaterstand aan, een gele tot rode kleur geeft een daling aan.



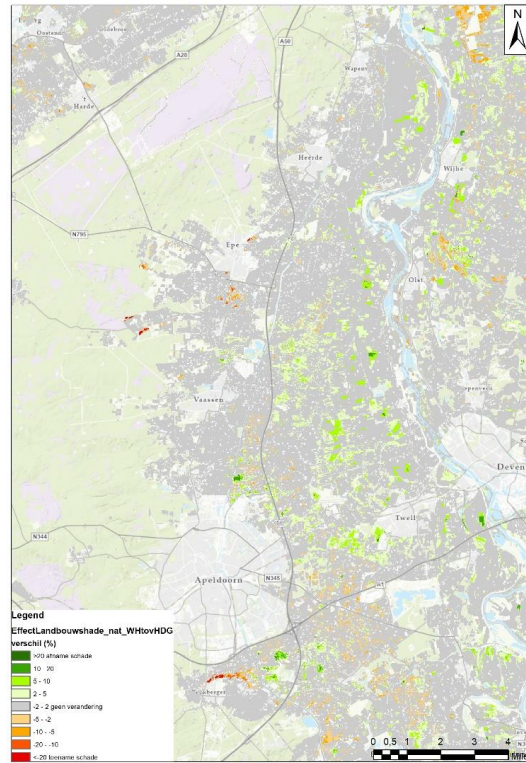
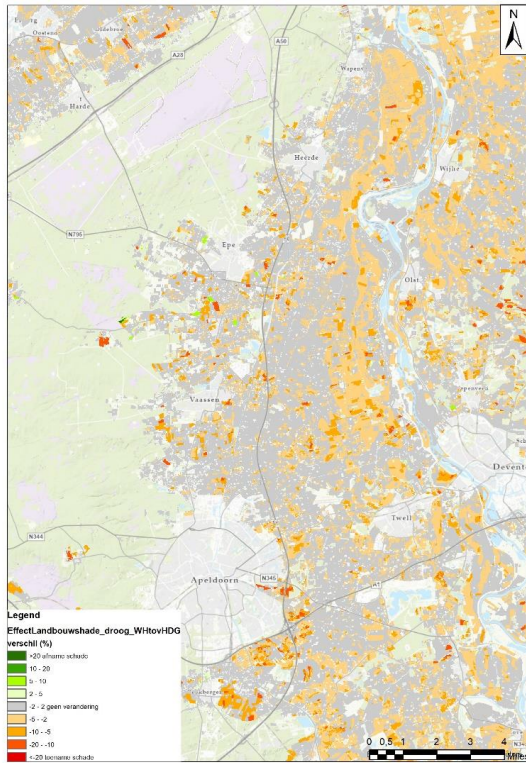
Figuur 7.3 Langjarig gemiddelde kwel- (positief, blauw) en wegzijgingsflux (negatief, rood) over de onderkant van de bovenste modellaag, in de maanden januari (links) en juli (rechts).



Figuur 7.4 Verandering van de langjarig gemiddelde kwel- en wegzigingsflux over de onderkant van de bovenste modellaag, in de maanden januari (links) en juli (rechts), onder klimaatverandering. Er is geen verandering zichtbaar in de range $-0,1 - 0,1$ mm.



Figuur 7.5 Langjarig gemiddelde opbrengstderving (%) in de huidige situatie, zoals bepaald met behulp van de Waterwijzer Landbouw. Links toont de totale opbrengstderving, midden de opbrengstderving door droogte schade en rechts de opbrengstderving door natschade. De witte locaties zijn gebieden zonder landbouw.



Figuur 7.6 Verandering in langjarig gemiddelde opbrengstderiving (%) (links: droogteschade en rechts natschade) door klimaatverandering ten opzichte van de huidige situatie, zoals bepaald met de Waterwijzer Landbouw.

7.2 Scenario Grootchalig en efficiënt

7.2.1 Grondwater

De autonome ontwikkelingen die in het scenario Grootchalig en Efficiënt (bij klimaatscenario WH2050) plaatsvinden zorgen voor een daling van de grondwaterstanden in zowel de winter als de zomer (Figuur 7.7). In de zomer blijft de daling beperkt tot het meest noordelijke gedeelte voorbij Heerde en het westelijke gedeelte van de Noordelijke IJsselvallei. Deze gebieden komen overeen met het stroomgebied de Grote Wetering (Figuur 6.3) waar voor dit scenario aanpassingen zijn gedaan ten aanzien van verdere intensivering van de landbouw in dit deelgebied:

- berekening te laten toestaan uit grondwater. Op basis van wateraanvoerkaart wordt de keuze gemaakt of dit uit grondwater (geen wateraanvoer) of oppervlaktewater (wel wateraanvoer) gebeurt;
- en drains te implementeren op 80cm beneden maaiveld -> conform model instellingen (in gebieden waar grondwaterstand ondieper ligt dan 80cm beneden maaiveld).

In de winter komen ook een aantal nieuwe stedelijke gebied locaties rondom Apeldoorn naar voren waar de grondwaterstanden dalen. Doordat er in het stedelijk gebied een verhardingsfactor is toegepast. Deze verhardingsfactor leidt tot een vermindering van infiltratie van regenwater naar het grondwater. In delen van het nieuwe stedelijk gebied, echter, zijn de grondwaterstanden ondieper dan in het bestaande stedelijk gebied.

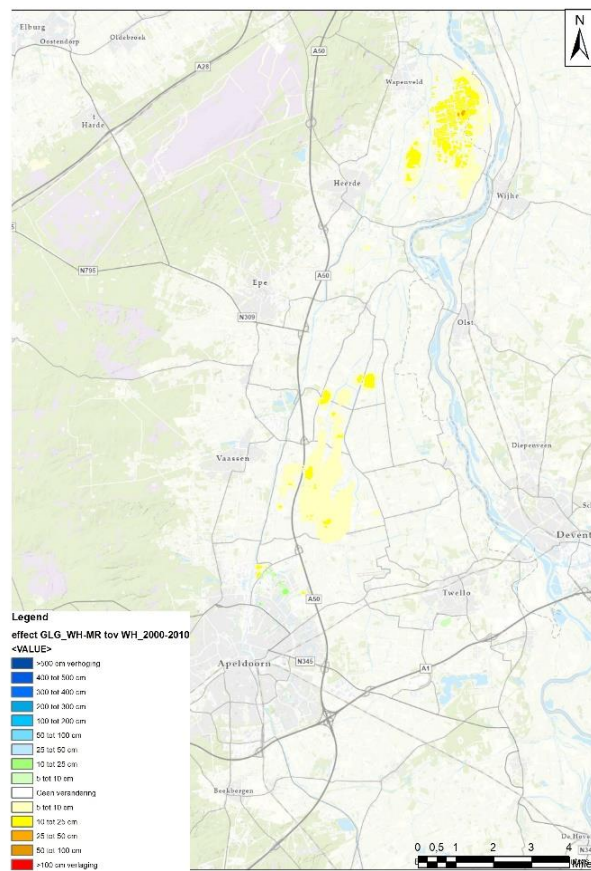
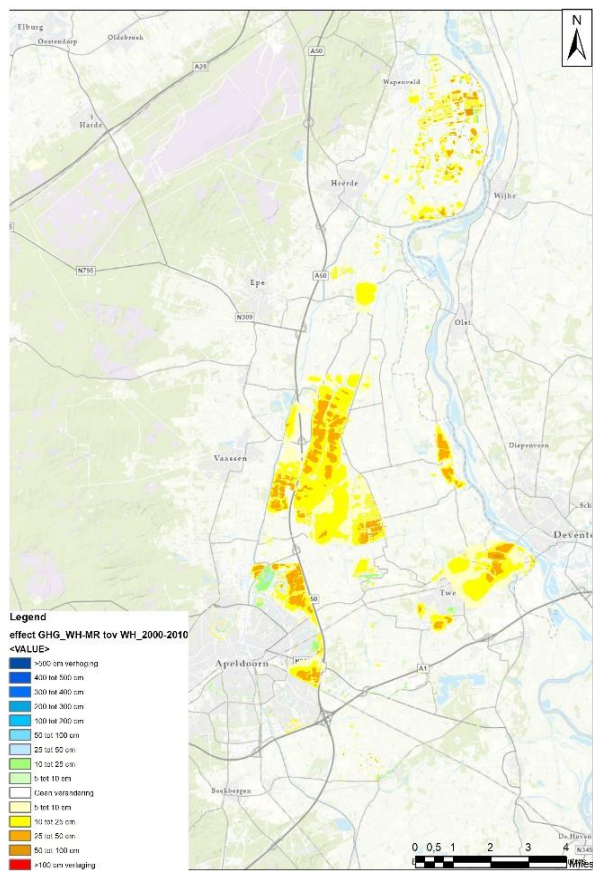
7.2.2 Kwel en infiltratie

De autonome ontwikkelingen die in het scenario grootchalig en efficiënt plaatsvinden, zorgen in de winter voor een toename in de kwelflux in het westen van de Noordelijke IJsselvallei (Figuur 7.9), overeenkomend met stroomgebied de Grote Wetering (Figuur 6.3) waar aanpassingen zijn gedaan ten aanzien van de landbouw. In de zomer valt het meest

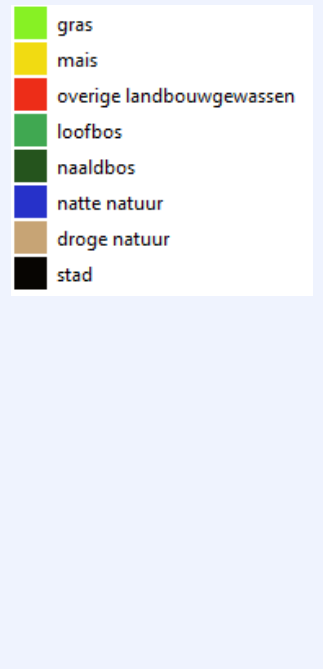
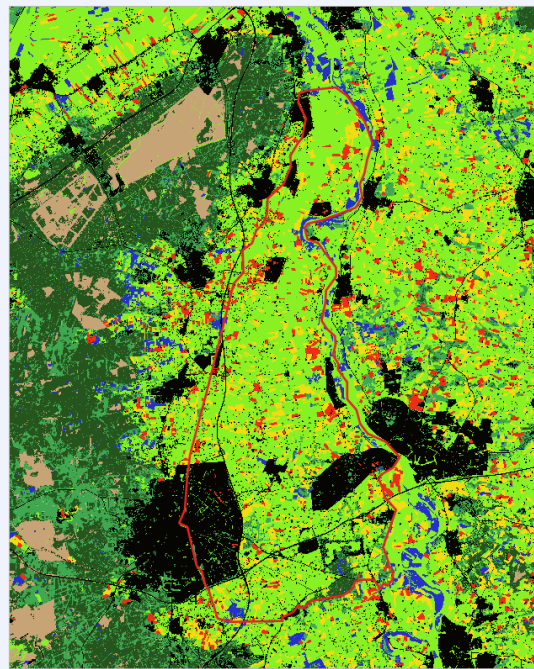
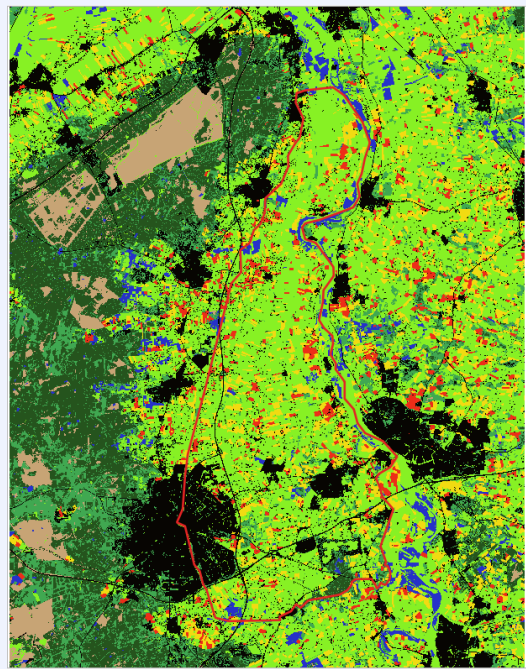
noordelijke gedeelte op doordat daar een omslag van kwel naar wegzijging optreedt. Dit is te verklaren doordat in de modelstudie berekening uit grondwater is toegestaan in de Grote Wetering. In het model wordt grondwater uit de 2^{de} modellaag getrokken om vervolgens gebruikt te worden voor berekening. Hierdoor ontstaat er een groter potentiaal tussen de eerste 2 modellagen waardoor infiltratie naar de 2^{de} modellaag plaatsvindt.

7.2.3 Landbouwopbrengst

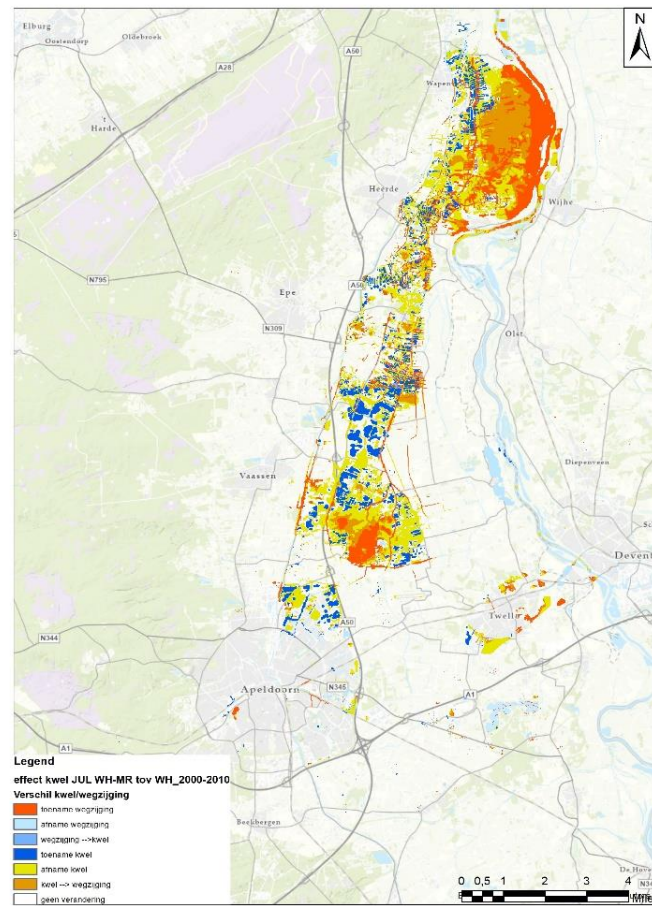
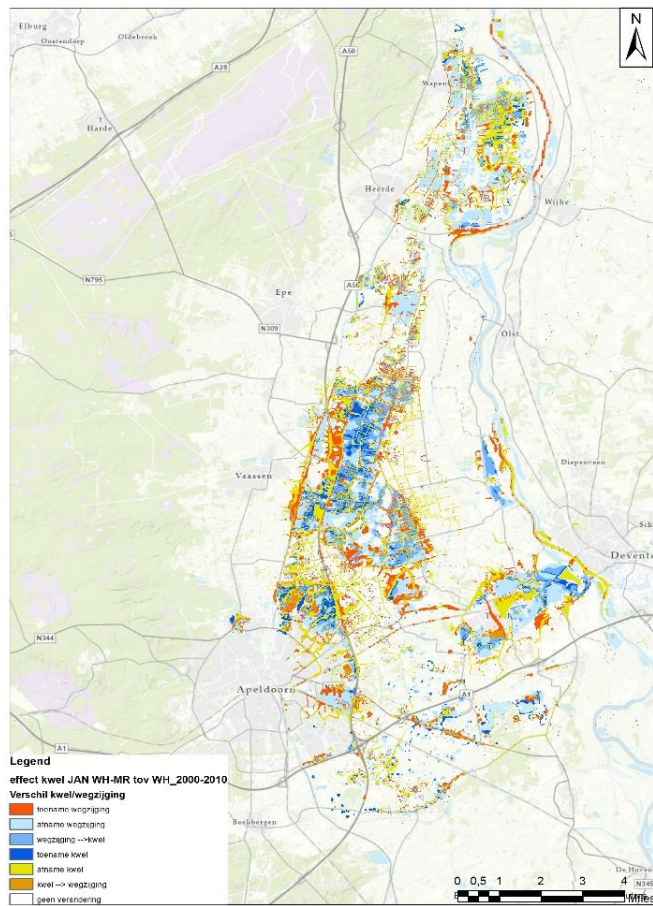
De autonome ontwikkelingen die in het scenario grootchalig en efficiënt plaatsvinden zorgen voor een langjarig gemiddelde afname van de opbrengstderving (Figuur 7.10). In het noorden is te zien dat de effecten tegengesteld zijn aan elkaar. De droogteschade neemt af, maar de natschade neemt toe. Ondanks de aanleg van drainage is dit gebied met hoge grondwaterstanden maar beperkt geschikt voor intensieve landbouw.



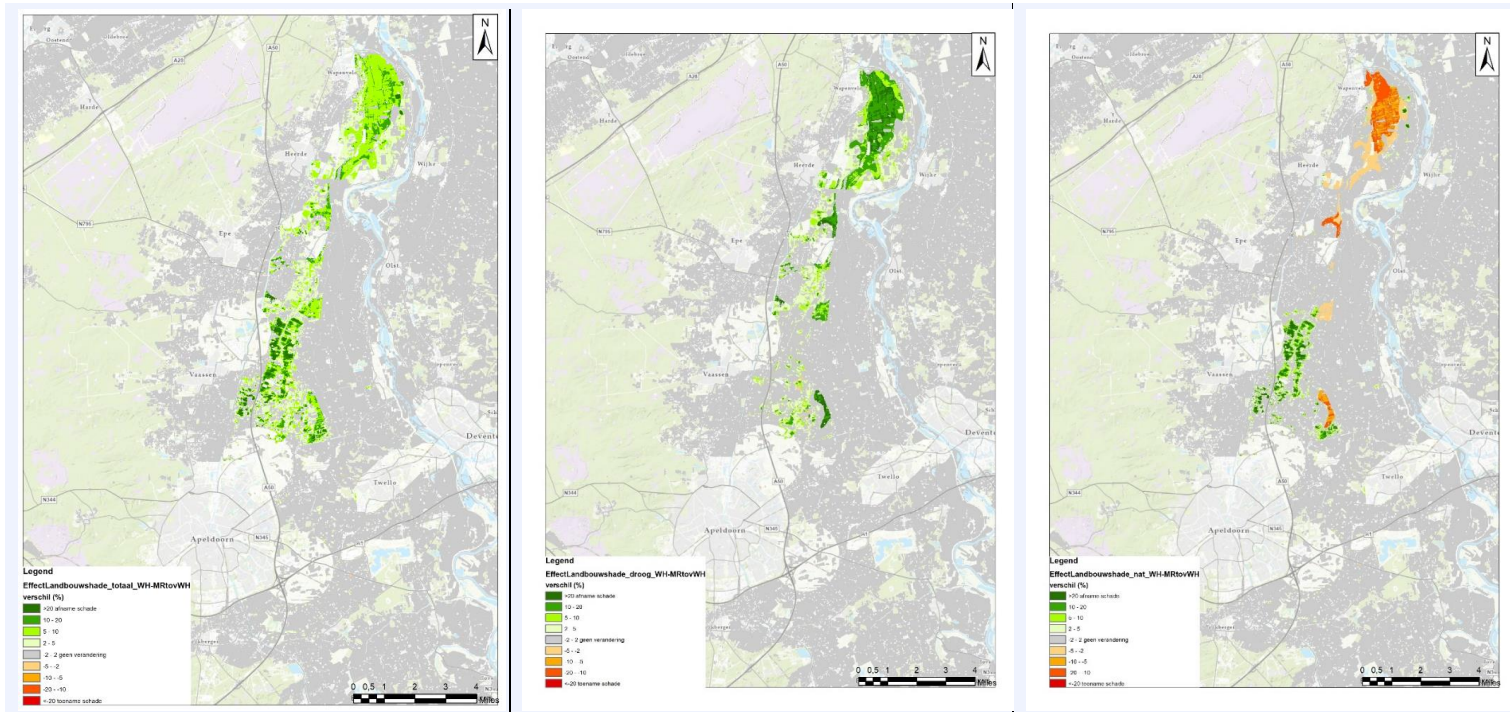
Figuur 7.7 Het effect van de autonome veranderingen in scenario grootchalig en efficiënt op de GHG (links) en GLG (rechts) (m). Een blauw/groene kleur geeft een stijging van de grondwaterstand aan, een gele tot rode kleur geeft een daling aan.



Figuur 7.8 Landgebruik klassen voor referentie (links) en maatregelvariant (rechts), gebruikt voor bepaling gemiddelde GxG waarden (Figuur 7.13).



Figuur 7.9 Het effect van de autonome veranderingen in scenario grootschalig en efficiënt op de langjarig gemiddelde kwel- en wegzigingsflux over de onderkant van de bovenste modellaaq, in de maanden januari (links) en juli (rechts). Er is geen verandering zichtbaar in de range $-0,1 - 0,1$ mm.



Figuur 7.10 Langjarig gemiddelde opbrengstderving (%) in scenario grootschalig en efficiënt, zoals bepaald met behulp van de Waterwijzer Landbouw-table. Links toont de totale opbrengstderving, midden de opbrengstderving door droogte schade en rechts de opbrengstderving door natschade. De witte locaties zijn gebieden zonder landbouw.

7.3 Analyse toekomstige waterbeschikbaarheid

Figuur 7.11 toont de inlaat vanuit de IJssel naar de noordelijke IJsselvallei tijdens de droge jaren 2018 en 2020 (ongeveer 7 Mm³/jaar, oranje lijn) en de berekende gebiedseigen grondwaterafvoer richting de IJssel (op basis van AZURE model) voor de periode 2000 t/m 2011. Zichtbaar is dat de berekende gebiedseigen grondwaterafvoer in sommige jaren (zeer) laag is (2011, 2006 en 2008). Echter, jaarrond is er ruimschoots voldoende gebiedseigen grondwaterafvoer beschikbaar om droge perioden te overbruggen. Indien (een deel van) dit water kan worden vastgehouden in de ondergrond of geborgen in het oppervlaktewater in het gebied is aanvoer vanuit de IJssel in de toekomst wellicht niet meer nodig.

Voor het vasthouden en/of bergen van water is ruimte nodig, zowel aan het oppervlak als in de ondergrond. Figuur 7.12 laat zien op welke manier 7 Mm³ (waterinlaat vanuit de IJssel in droge jaren) water kan worden vastgehouden in de ondergrond (links) of geborgen als oppervlaktewater (rechts).

Voor het vasthouden van ongeveer 7 Mm³ water in de ondergrond is ongeveer 37 km² (verhoging grondwaterstand van 0,5 m) in gebieden waar de GHG (wintergrondwaterstand) zonder maatregelen 1 meter of dieper onder maaiveld ligt. De ligging van gebieden die potentieel geschikt zijn voor het vasthouden van water in de ondergrond (op basis van AZURE berekeningen van de GHG) is weergegeven in de linker kaart in Figuur 7.12. Voor het bergen van ongeveer 7 Mm³ water als oppervlaktewater is een oppervlakte water zo'n 14 km² nodig in de laagst gelegen delen van het gebied, uitgaande van een (extra) waterdiepte van 0,5 m. De ligging van gebieden die potentieel geschikt zijn voor het bergen van aan het oppervlak (op basis van de hoogteligging) is weergegeven in de rechter kaart in Figuur 7.12.

7.4 Samenvatting modelresultaten

Klimaatverandering (KNMI'14 W_H scenario) zorgt waarschijnlijk voor een daling van de zomergrondwaterstand (tot 25 cm) in de Noordelijke IJsselvallei en een toename van de kwelflux (o.a. op de Veluweflank). Dit zorgt voor:

- toename droogteschade en lichte afname natschade in de landbouw
- een negatief effect op grondwaterafhankelijke natuur (zomergrondwaterstanden dalen)

Landgebruiksveranderingen gericht op grootschaligheid en efficiënte (o.a. in de landbouw) veroorzaken in het noordelijke en centrale deel van het gebied voor daling van grondwaterstanden en verandering van kwel-/infiltratiepatronen. Dit zorgt voor:

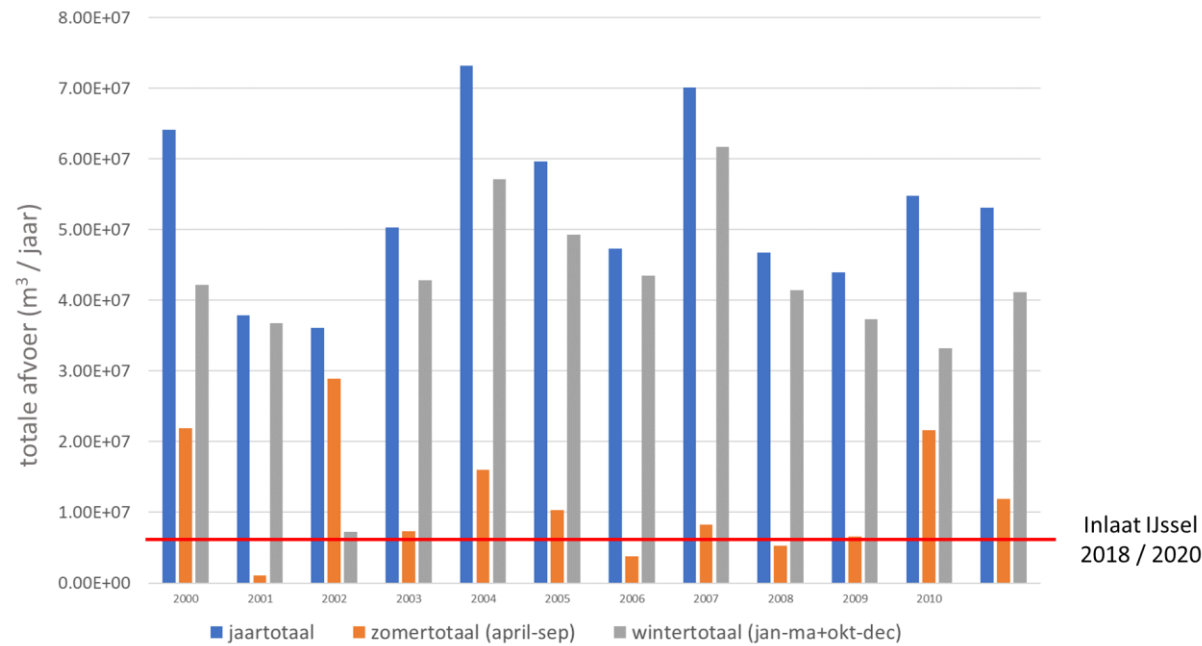
- een afname van landbouwschade en toename van areaal landbouw
- een negatief effect op grondwaterafhankelijke natuur (zomergrondwaterstanden dalen)

Figuur 7.13 toont de gemiddelde GHG en GLG voor de verschillende landgebruik klassen over gehele stroomgebied. Hierin is duidelijk te zien dat door klimaatverandering de grondwaterstanden stijgen in de winter en dalen in de zomer. Voor de autonome ontwikkelingen in het scenario grootschalig en efficiënt is het beeld iets wisselender. In de winter zien we dat grondwaterstanden dalen in landbouw en loofbos gebieden. Dit komt door het implementeren van buisdrainage in de landbouwgebieden waardoor water beter afgevoerd kan worden in plaats van vast gehouden kan worden. We verwachten dat de verandering in loofbos komt door de afname in loofbos areaal. Ook is te zien dat in de zomer de grondwaterstanden in natte natuur gebieden dalen. Dit effect verklaren we ook door het veranderend areaal. Zoals eerder vermeld dalen de grondwaterstanden in het bestaande stedelijk gebied door het aanleggen

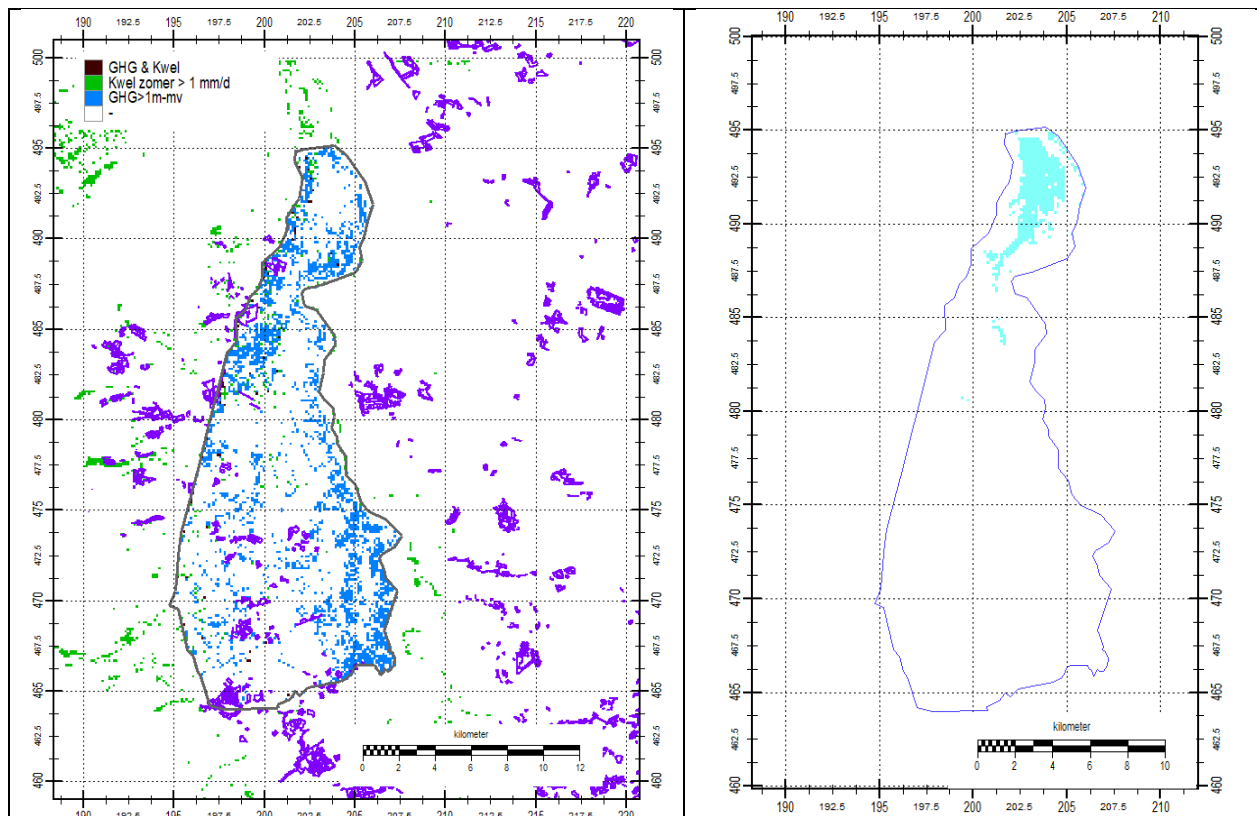
van verharding, maar neemt de gemiddelde GHG en GLG toe vanwege ondiepere grondwaterstanden in nieuwe stedelijke gebieden.

Er is - ook in de toekomst - jaarrond voldoende gebiedseigen afvoerwater beschikbaar. Vasthouden en bergen van dit water vergt maatregelen en

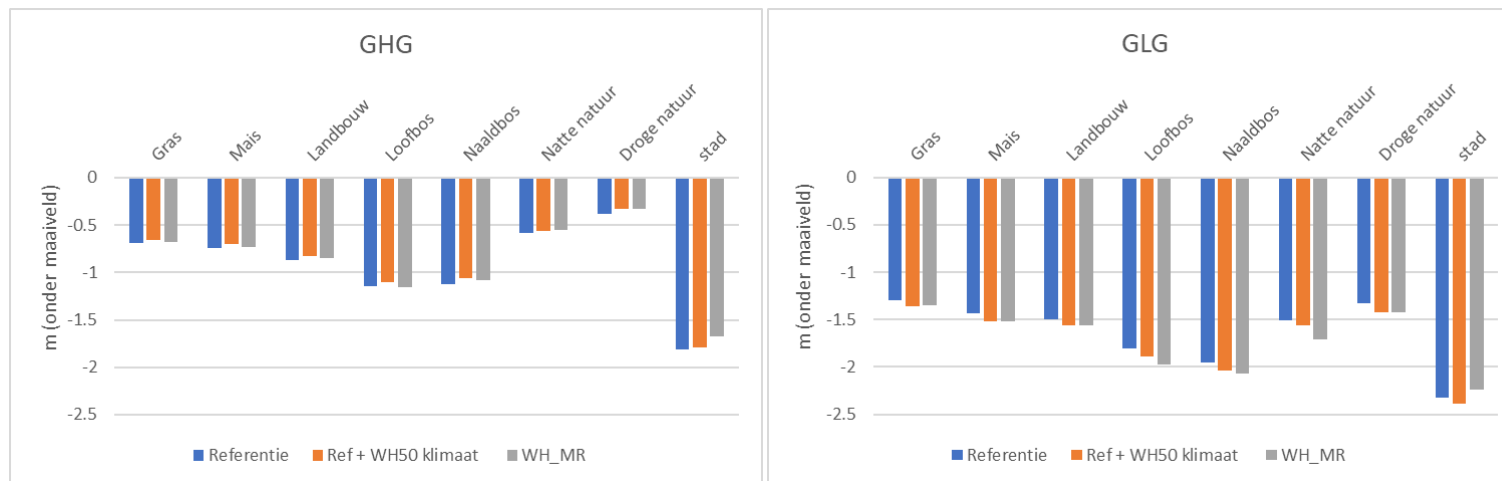
ruimte (~14-37 km²) en aanpassingen in landgebruik geschikt voor hogere grondwaterstanden en/of tijdelijke inundatie. In de hiervoor geschikte gebieden dient hiervoor te worden nagegaan of de landgebruiksfuncties kunnen of moeten worden aangepast om voldoende waterberging en/of vasthouden van water mogelijk te maken.



Figuur 7.11 Inlaat vanuit de IJssel naar de noordelijke IJsselvallei tijdens de droge jaren 2018 en 2020 (oranje lijn), gecombineerd met berekende gebiedseigen grondwaterafvoer richting de IJssel (AZURE model) per jaar: jaartotaal (blauw), zomertotaal (oranje) en wintertotaal (grijs).



Figuur 7.12 Gebieden geschikt voor het vasthouden van water in de ondergrond (links) en gebieden geschikt voor het bergen van water aan het oppervlak (rechts). Voor het vasthouden en/of bergen van water is ruimte nodig, zowel aan het oppervlak als in de ondergrond.



Figuur 7.13 Gemiddelde van de GHG en GLG (m-mv) in het hele stroomgebied en in de gebieden met verschillende landgebruik klassen (zie Figuur 7.8) voor de referentie, referentie met klimaat en de maatregel variant.

8 Literatuur

Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, 11(7), 074016.

CPB/PBL, 2015. WLO2015. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau.

Riahi, K., et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview, *Global Environmental Change*, Volume 42, Pages 153-168, 2017, ISSN 0959-3780, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

H.A Wolters, G.J. van den Born, E. Dammers, S. Reinhard, 2018, *Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017*, Deltares, Utrecht

Van der Meer, F. (2021) *Landgebruik scenario's Noordelijke IJsselvallei*

Bijlage A. Technische modelimplementatie

Overzicht scenario's

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de toekomstscenario's. De paragrafen van deze memo beschrijven de benodigde aanpassingen voor land- en watergebruik/beheer in het AZURE model (scenario's 3 en 4). Daarnaast wordt aangegeven welke model-extent nodig is en welke uitvoer moet worden opgeslagen om analyses te doen.

Nr.	klimaat	Landgebruik / watergebruik	periode
1.	huidig	Huidig	1980 of 1990 t/m 2019**
2.	Wh	Huidig	1990 t/m 2010*
3.	Wh	Grootschalig en efficiënt	1990 t/m 2010*
4.	Wh	Kleinschalig en verbonden	1990 t/m 2010*

*Periode 2000-2010 is representatief voor huidige klimaat in het studiegebied; binnen de 30-jarige reeks van de Deltascenario's (1980-2011) - expert kennis Waterschap Vallei en Veluwe. Een periode van 10 jaar is nodig om het model "in te draaien".

** Voor de huidige situatie (scenario 1) wordt een langere periode meegenomen om ook de effecten van de droge jaren 2018 en 2019 te kunnen evalueren. Het is niet mogelijk om deze droge periode binnen Wh door te rekenen, omdat dit niet in de KNMI- en Deltascenario's is meegenomen.

Modelgebied

Het studiegebied is gedefinieerd zoals afgebeeld met zwarte lijn in **Error! Reference source not found.** Voor dit gebied worden de analyses van de modelresultaten uitgevoerd. Een extra analyse van de drainagefluxen is uitgevoerd voor het rood omlinjde gebied. De modelberekeningen zijn

uitgevoerd voor het volledige gebied zoals zichtbaar in onderstaande figuur afgebeeld.



Noordelijke IJsselvallei: modelgebied (hele gebied in afbeelding) en studiegebied waarvoor analyses zijn uitgevoerd (zwart omlind). Aanvullende analyses van de drainageflux zijn uitgevoerd voor het rood omlinjde gebied.

Modelaanpassingen scenario 3 - Grootschalig en efficiënt

Aanpassingen landgebruik

Aanpassingen ten aanzien van het landgebruik zijn beschreven in Hoofdstuk 6.

Aanpassingen Stad

In delen van het gebied waar nieuw stedelijk gebied is op de landgebruikskaart (alle andere landgebruikstypen omgezet naar stad), moeten de volgende aanpassingen worden gedaan:

- Buisdrainage 80cm onder mv
- Aanpassen verhardingskaart AZURE (factor cell) (min 0 - max 625) -> o.b.v. huidige gemiddelde factor toepassen op nieuw stedelijk gebied (*verhard.idf*).
- Berekening verwijderen.
- Voor de gebieden die veranderd zijn naar stedelijk gebied, moet *rootzone.idf* aangepast worden naar 12cm (rootzone voor grasland uit *fact_svat.inp*), omdat de rootzone afhankelijk is van de combinatie BOFEK (*rootzone.idf*) en LGN (*fact_svat.inp*). Omdat verschillende landgebruikstypen zijn omgezet naar stedelijk gebied, waar de dynamische rootzone gegevens niet voor aanwezig zijn in *fact_svat*, moeten er wel extra aanpassingen gedaan te worden.

Aanpassingen Landbouw

In het gebied van de Grote Wetering (Figuur 6.3) wordt bestaande landgebruik omgezet naar: intensieve landbouw.

- In dit gebied is natuur omgezet naar gras (landgebruikskaart).
- Shapefile van gebied Grote wetering heet "intensieve landbouw" (zie sharepoint)
- Op gras- en maispercelen berekening laten toestaan (Metaswap) uit grondwater

- Buisdrainage plaatsen in gebieden (houdt hierbij de gemiddelde *diepte* en *conductance* van buisdrainage in andere delen van het gebied in Grote Wetering/Terwolde Laag aan).
- In nieuw intensief landbouwgebied is het niet nodig om bestaande rootzone aan te passen omdat de rootzone afhankelijk is van de combinatie BOFEK (*rootzone.idf*) en LGN (*fact_svat.inp*). Omdat natuur is omgezet naar gras of mais, waar de dynamische rootzone gegevens voor aanwezig zijn in *fact_svat*, hoeven er geen extra aanpassingen gedaan te worden.

Aanpassingen Energie

Langs het hoofdenergienet wordt op een aantal plekken (bij verdeelstations) zonnevelden aangebracht. Deze zonnevelden komen op de huidige graslanden (zie landgebruikskaart scenario G&E). Op deze graslanden zal de potentiële verdamping afnemen met 75%. Dit percentage komt overeen met het verlies aan biomassa onder zonnepanelen (Armstrong et al., 2016).

- Nieuw landgebruiksnummer toepassen in deze gebieden (LGN.ASC) : lgn -> 20
- Nieuwe gewasfactor toevoegen (*luse_svat.inp* + *fact_svat.inp*) voor gebieden met lgn == 20, deze nieuwe gewasfactor is hetzelfde als die voor gras, maar verschilt in 'fact_svat.inp' op (Tabel 2):
 - faevvg - vegetation factor * 0.25
 - faeivg - factor for interception evaporation * 0.25
 - faebsvg - factor for bare soil evaporation * 0.25
- Berekening verwijderen

Tabel 2. Voorbeeld modelinvoer verandering 'fact_svat.inp' voor 1 januari.

vg	dy	csvg	laivg	vxicvg	faevvg	faeivg	faebsvg	faepdvg	chvg	drpzvg	
20	1	0.643	2.288	0.00008	0.716	0.859	1	1	0.139	0.223	0.003
vg	dy	csvg	laivg	vxicvg	faevvg	faeivg	faebsvg	faepdvg	chvg	drpzvg	
20	1	0.643	2.288	0.00008	0.179	0.215	0.250	1	0.139	0.223	0.003

Aanpassingen Natuur

- Een deel van de natuurgebieden verdwijnt bij het aanpassen van de andere landgebruikstypen. Geen aanvullende aanpassingen nodig.

Grondwateronttrekkingen

- Overnemen uit Deltascenario STOOM (toename van 35% t.o.v. 2017)
- Rapportage VEWIN (toename van 38% t.o.v. 2016)