

Verkennde klimaatstudie
Waterschap Vallei & Eem



Verkennde klimaatstudie Waterschap Vallei & Eem

September 2008

opdrachtgever

Waterschap Vallei & Eem

Auteurs

E. Hermans

P. Droogers

W. Immerzeel

FutureWater Rapport 77

FutureWater

Costerweg 1G
6702 AA Wageningen
The Netherlands

+31 (0)317 460050

info@futurewater.nl

www.futurewater.nl

Voorwoord

Klimaatverandering zal invloed hebben op beheer en beleid van het Waterschap Vallei & Eem. Het Waterschap wil daarom een denklijn ontwikkelen die zal leiden tot een klimaatstrategie. Als eerste stap in dit proces heeft het Waterschap de opdracht verleend voor het uitvoeren van een “verkennende klimaatstudie”.

FutureWater heeft deze verkennende klimaatstudie uitgevoerd, maar dit kon alleen door de open discussies en prettige samenwerking met medewerkers van het Waterschap. De volgende personen van de begeleidingscommissie worden bedankt voor de waardevolle inbreng en discussies: Jenny Otte, Marijke Jaarsma en Michiel van Willigen. Verder heeft Almer Bolman assistentie verleend bij het uitvoeren van de SIMGRO en WATERNOOD berekeningen. Dimitri van Dam heeft kennis ingebracht met betrekking tot stedelijk gebied. Tenslotte is de inbreng van verschillende mensen tijdens de brainstorm sessie op 15 juli erg waardevol geweest. Naast de hierboven reeds genoemde personen waren de volgende mensen hierbij aanwezig: Arjan Budding, Matthijs van den Brink, Reindert Stellingwerff, Peter Boone, Richard Sierat, Frans de Bles en Evert Jansen.

Ellen Hermans
Peter Droogers
Walter Immerzeel
september 2008



| | |
|---|-----------|
| Voorwoord | 2 |
| Inhoudsopgave | 3 |
| Samenvatting voor beleidsmakers | 5 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 2 Gebiedsbeschrijving | 13 |
| 2.1 Beheersgebied | 13 |
| 2.2 Deelstroomgebieden | 13 |
| 2.3 Peilbeheer | 15 |
| 3 Wat komt er op ons beheersgebied af ? | 17 |
| 3.1 Afbakening | 17 |
| 3.2 Klimaatverandering | 17 |
| 3.3 Peilwijzigingen Eemmeer, Nijkerkernauw en Nuldernauw | 19 |
| 3.3.1 Huidig Rijksbeleid | 19 |
| 3.3.2 Toekomstig Rijksbeleid | 20 |
| 3.4 Rijnafvoeren | 21 |
| 3.5 Landgebruiksverandering | 22 |
| 4 Veiligheid tegen Overstroming | 25 |
| 4.1 Afbakening | 25 |
| 4.2 Huidige situatie | 25 |
| 4.3 Verwachtingen voor 2050-2100 | 26 |
| 4.4 Knelpunten en adaptatiemaatregelen | 29 |
| 5 Wateroverlast | 31 |
| 5.1 Afbakening | 31 |
| 5.2 Huidige situatie | 32 |
| 5.2.1 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het grondwater | 32 |
| 5.2.2 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het oppervlaktewater | 33 |
| 5.2.3 Stedelijk gebied | 34 |
| 5.3 Verwachtingen voor 2050-2100 | 34 |
| 5.3.1 Wateroverlast landelijk gebied vanuit het grondwater | 34 |
| 5.3.2 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het oppervlaktewater | 38 |
| 5.3.3 Stedelijk gebied | 40 |
| 5.4 Knelpunten en adaptatiemaatregelen | 41 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | Watertekort | 45 |
| 6.1 | Afbakening | 45 |
| 6.2 | Huidige situatie | 45 |
| 6.2.1 | AGOR versus GGOR | 45 |
| 6.2.2 | Extremen | 48 |
| 6.3 | Verwachtingen voor 2050-2100 | 50 |
| 6.3.1 | GGOR | 50 |
| 6.3.2 | Extremen | 55 |
| 6.4 | Knelpunten en adaptatiemaatregelen | 56 |
| 7 | Waterkwaliteit en Ecologie | 59 |
| 7.1 | Afbakening | 59 |
| 7.2 | Huidige situatie | 59 |
| 7.2.1 | Bronnen | 59 |
| 7.2.2 | KRW en functies | 59 |
| 7.3 | Verwachtingen voor 2050-2100 | 60 |
| 7.3.1 | Bronnen | 60 |
| 7.3.2 | KRW en Functies | 61 |
| 7.4 | Knelpunten en Adaptatiemaatregelen | 61 |
| 8 | Mitigatie | 65 |
| 8.1 | Achtergrond | 65 |
| 8.2 | Beleid | 66 |
| 8.3 | Concrete maatregelen | 66 |
| 8.3.1 | Energiebesparing | 67 |
| 8.3.2 | Uitstoot bodem/land | 67 |
| 8.3.3 | CO ₂ compensatie | 68 |
| 8.3.4 | Niet fossiele energieopwekking | 68 |
| 9 | Hoe verder? | 69 |
| 9.1 | Afbakening | 69 |
| 9.2 | Beleidsprocessen, regels en initiatieven | 69 |
| 9.3 | Instrumenten | 70 |
| 9.4 | Nadere uitwerking | 71 |
| 9.5 | Nader onderzoek | 72 |
| | Literatuur | 75 |
| | Bijlage I: GHG, GVG en GLG; verschil KNMI'06 scenario's en huidige klimaat | 77 |
| | Bijlage II: Adaptatiematrix | 85 |
| | Bijlage III: Details adaptatiematrix | 89 |



Samenvatting voor beleidsmakers

Het Waterschap Vallei & Eem is een klimaatstrategie aan het ontwikkelen om zich voor te bereiden op het veranderende klimaat op de langere termijn (2050-2100). Ter ondersteuning bij het tot stand komen van deze strategie is van juni tot september 2008 een verkennende klimaatstudie uitgevoerd. De resultaten van deze studie zijn verkregen door gebruik te maken van de huidige kennis aanwezig bij het waterschap, afgeronde studies, rapporten en wetenschappelijke literatuur, een workshop en inbreng van deskundigen. De studie richtte zich op een viertal thema's. Per thema is een knelpuntenkaart opgesteld en worden mogelijke adaptatiemaatregelen gegeven. Ook aan mitigatie is aandacht besteed.

Voor het thema **veiligheid tegen overstromingen** (kaart 1) vormt een mogelijke peilstijging in de Randmeren de grootste bedreiging. Een peilstijging van 1 meter zal de vrije afwatering vanuit het beheersgebied onmogelijk maken. Nieuw te plaatsen gemalen moeten de afvoer vanuit het watersysteem gaan verzorgen. Primaire en secundaire waterkeringen moeten verhoogd en versterkt worden om het risico van overstroming te beperken. Uitklapbare waterkeringen behoren tevens tot de mogelijkheden. De Deltacommissie stelt compartimentering van het IJsselmeergebied voor hetgeen duidelijk minder ingrijpend is voor Waterschap Vallei & Eem. Als gevolg van een peilstijging in de Randmeren, maar ook door toenemende verstedelijking, zal het gevolg van een eventuele overstroming vanuit de Randmeren toenemen. De maatgevende afvoer voor de Nederrijn zal tot 2100 ongewijzigd blijven. Het is echter de vraag of dit haalbaar blijft nu de Deltacommissie stelt dat de kans op extreme Rijnafoeren hoger is dan tot nu toe werd verondersteld. Maatregelen als compartimentering kunnen de gevolgen van een eventuele overstroming vanuit de Nederrijn beperken. Daarnaast moet er meer aandacht besteed worden aan bewustwording.

Met betrekking tot **wateroverlast** (kaart 2) kunnen de grondwaterstanden op de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug flink toe gaan nemen (tot 1 meter). Met name op de flanken van deze stuwwallen kan dit leiden tot natschade voor de landbouw en knelpunten met betrekking tot stedelijk gebied. Een toename van extremere buien veroorzaakt extra wateroverlast door beperkingen in het ontwateringsstelsel. De regionale NBW-toetsing heeft plaatsgevonden aan de hand van het WB21-midden scenario. De recentste KNMI-scenario's kunnen een extra opgave betekenen met betrekking tot wateroverlast vanuit het oppervlaktewater. In stedelijk gebied wordt een toename van de wateroverlast vanuit grondwater, oppervlaktewater en riolering verwacht. Er zijn meerdere oplossingsrichtingen mogelijk voor al deze knelpunten. Het is een bestuurlijke keuze voor welke oplossing uiteindelijk gekozen wordt. Om dit proces te faciliteren is een adaptatiematrix opgesteld. Het is duidelijk dat vergoeding van waterdiensten, schaderegelingen en sturing met betrekking tot de ruimtelijke ordening belangrijker gaan worden.

Het **watertekort** (kaart 3) kan als gevolg van klimaatverandering sterk toenemen. De potentiële verdamping in de zomer neemt fors toe. Met name de zogenoemde plusscenario's van het KNMI veroorzaken een verlaging van grondwaterstanden tot 25 cm. Dit bemoeilijkt het realiseren van natuurdoelen en veroorzaakt extra droogteschade voor de landbouw. Het ecologisch functioneren van beken kan door het ontbreken van voldoende stroming bedreigd worden. Extreme droogte zal vaker voorkomen. Een droge zomer als die van 2003 zal in 2050 een gemiddelde zomer gaan worden; de verdringingsreeks zal vaker in werking treden. Bovendien is het waarschijnlijk dat er minder inlaatwater beschikbaar zal zijn. Het tegengaan van



watertekort is beperkt mogelijk. Het maken van inlaatafspraken is erg belangrijk. Maatregelen gericht op het verhogen van de infiltratie op de beide stuwwallen en zijn het meest kansrijk.

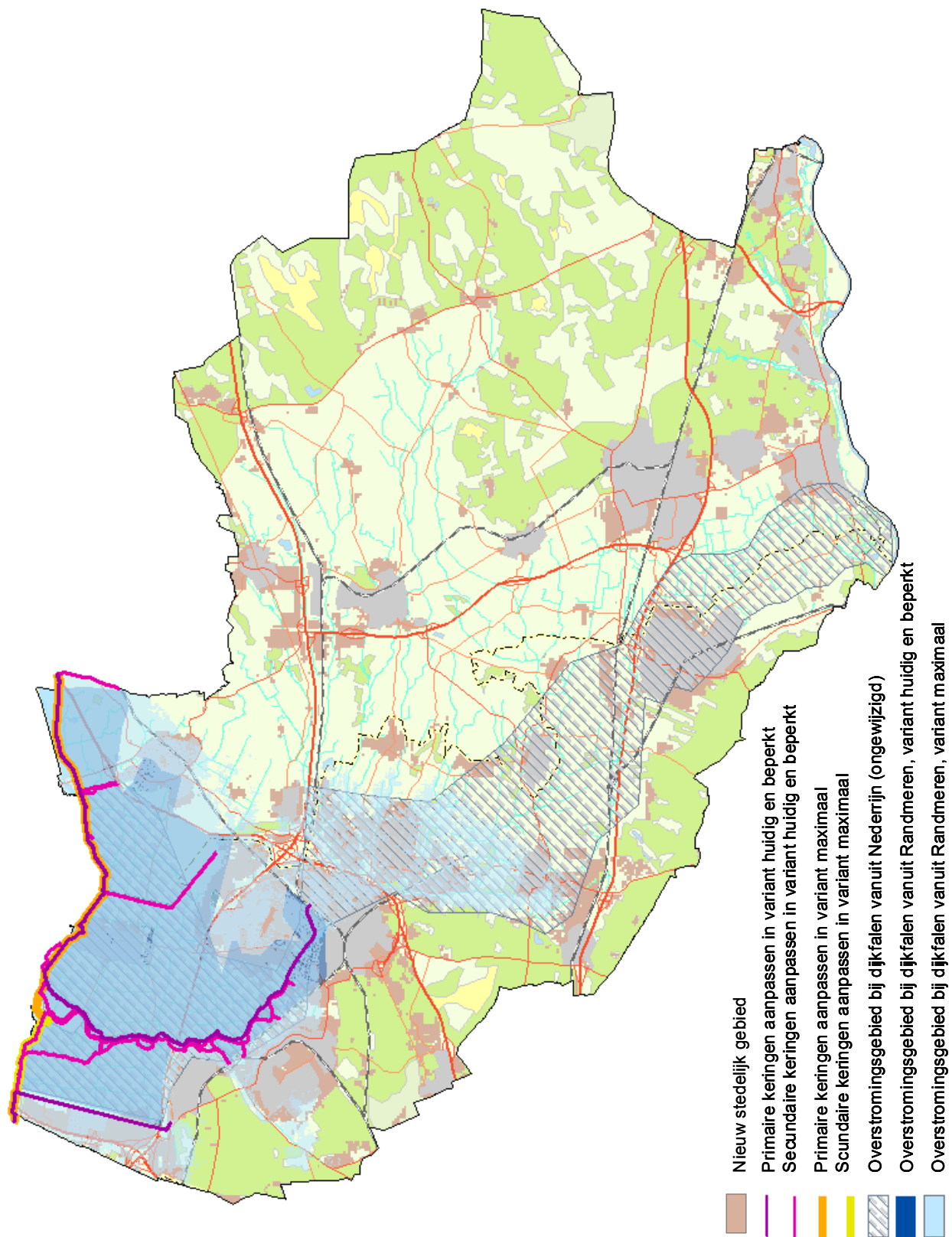
Er zijn weinig studies uitgevoerd die kijken naar de invloed van klimaatverandering op **waterkwaliteit en ecologie** (kaart 4). Situaties met langere perioden van droogte afgewisseld met hevige buien zullen de kwaliteit van RWZI-effluent en riooloverstorten negatief beïnvloeden. Extremere situaties met betrekking tot wateroverlast en watertekort kunnen leiden tot meer af- en uitspoeling van nutriënten. Het ecologische functioneren van wateren wordt beperkt door onvoldoende stroming en onvoldoende waterdiepte. Temperatuurstijging zorgt met name in stilstaand water in combinatie met eutrofiering tot een toename van de knelpunten met betrekking tot blauwalgen, kroos en botulisme. Mogelijke adaptatiemaatregelen hangen vooral samen met het tegengaan van watertekort. Daarnaast zijn maatregelen gericht op een betere doorstroming, saneren van riooloverstorten en baggeren effectief.

Naast bovengenoemde vier thema's waar de nadruk op adaptatie ligt, is ook gekeken naar de mogelijkheden van **mitigatie**. Op nationaal niveau is afgesproken tot een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen te komen van 30% in 2020 ten opzichte van 1990. De Unie van Waterschappen heeft dit standpunt overgenomen. Er wordt een beroep gedaan op waterschappen om vanuit de gedachte van "duurzaam waterbeheer, maatschappelijk verantwoord ondernemen en de voorbeeldrol van overheden" mitigatiemaatregelen te treffen. Gezien de specifieke taken van het waterschap zijn er een viertal thema's die hier mogelijkheden voor bieden: energiebesparing, vermindering broeikasgasuitstoot door bodem/land, CO₂ compensatie alternatieve energieopwekking.

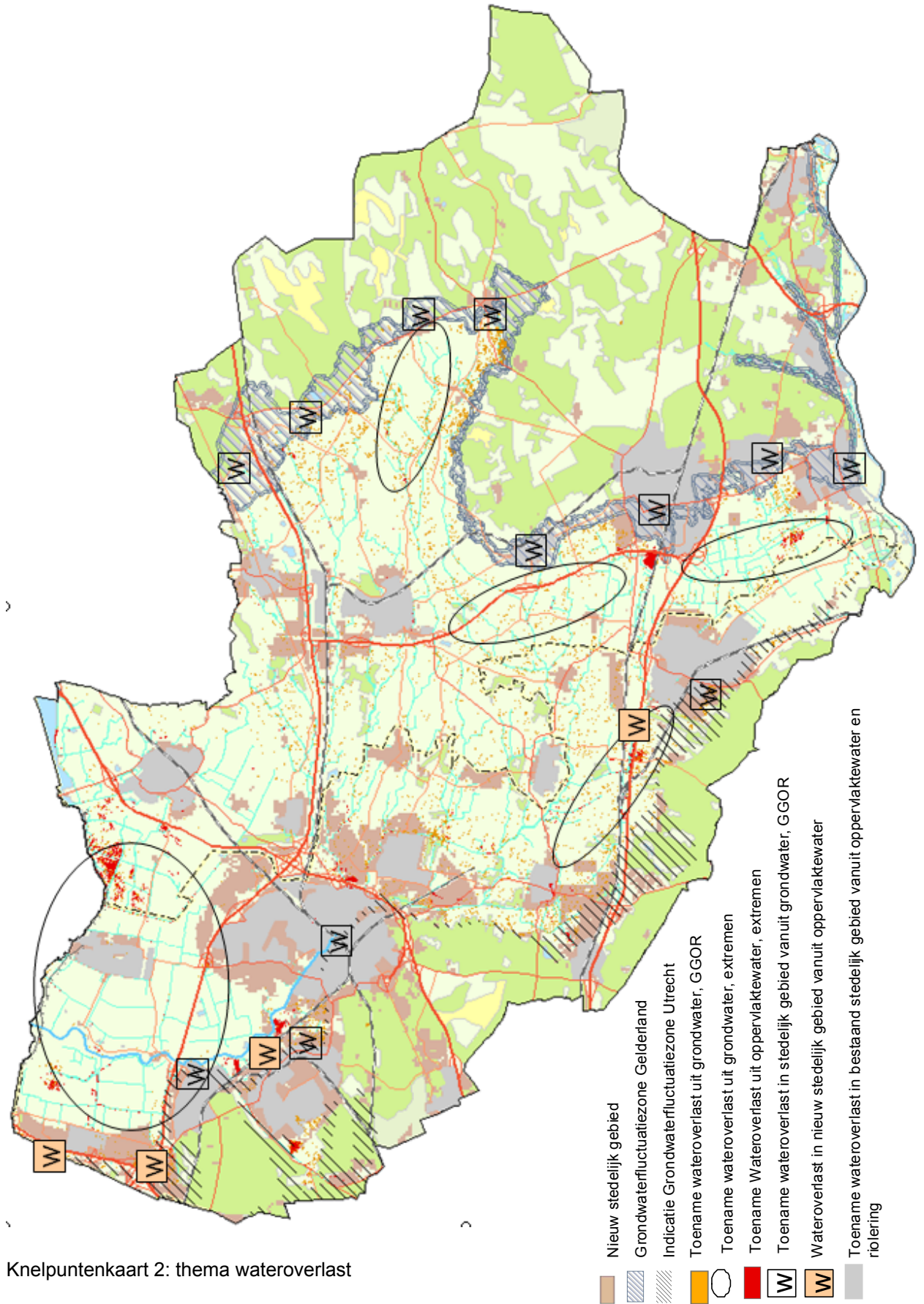
Deze verkennende klimaatstudie heeft ook naar voren gebracht dat er nog een aantal essentiële **kennishiaten** bestaan voor het verder ontwikkelen van de klimaatstrategie. Op het gebied van waterkwaliteit en ecologie is nog erg weinig bekend wat de invloed van klimaatverandering zal zijn en hoe hierop te reageren. Ook wat betreft de kosten, de baten en de voordelen/kansen die klimaatverandering biedt, zijn nadere studies gewenst. Ten slotte is het essentieel om de gevolgen van alle klimaatscenario's in te schatten om zodoende beter gefundeerde beleidskeuzes te maken dan op grond van één scenario mogelijk is.

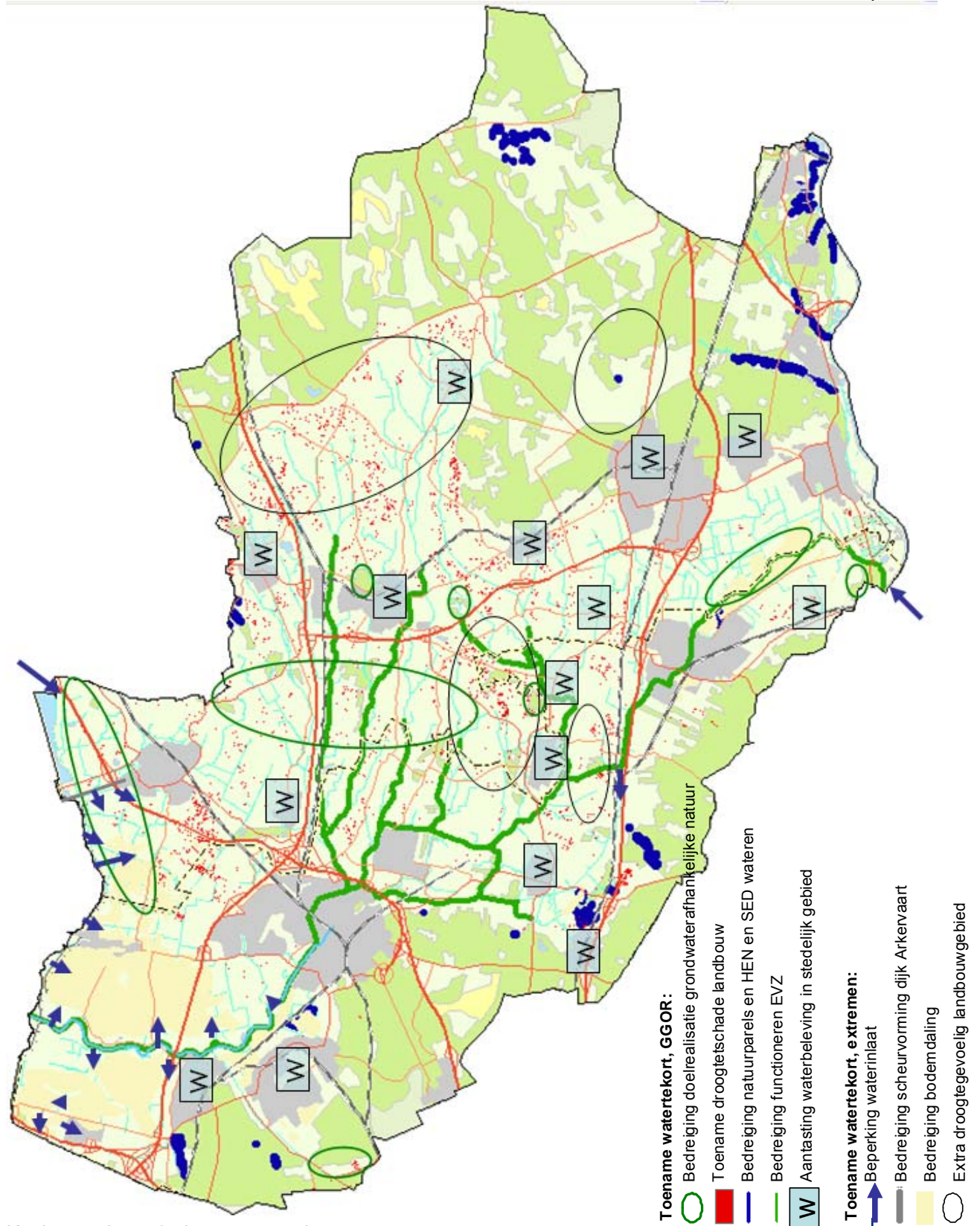
De studie is afgerond met een aantal concrete **beleidsaspecten** die ondersteunend zijn voor het ontwikkelen van een klimaatstrategie binnen het waterschap. De belangrijkste is wel om alert en pro-actief te blijven. Enkele concrete punten zijn: uitbreiden van kennis betreffende de overige klimaatscenario's, aansluiten bij mitigatie initiatieven, actief en initiërend optreden betreffende waterverdelingsvraagstukken, en een actieve houding naar de provincie betreffende GGOR en ruimtelijke ordening.





Knelpuntenkaart 1: thema veiligheid tegen overstromingen

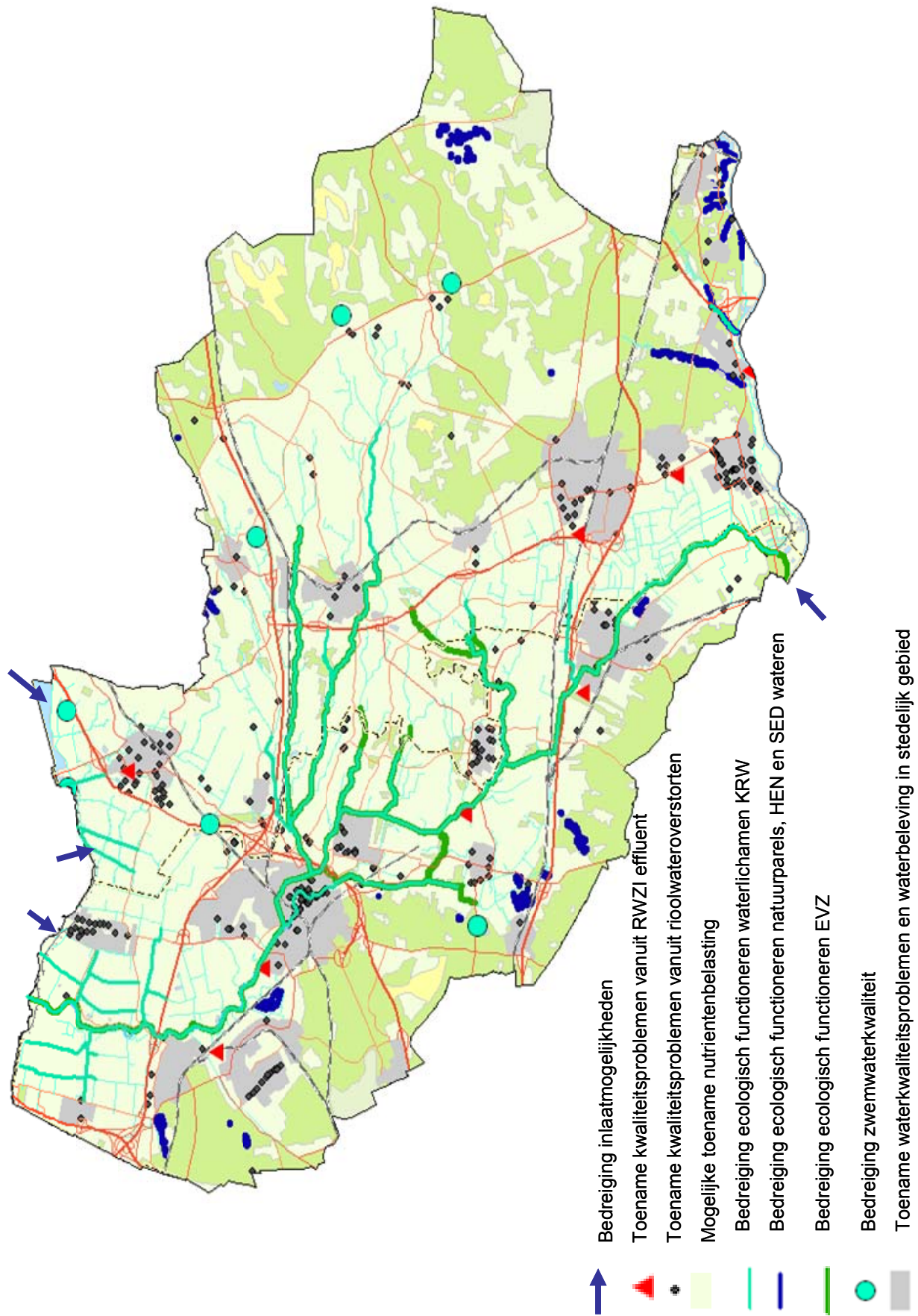




Knelpuntenkaart 3: thema watertekort



Knelpuntenkaart 4: thema waterkwaliteit en ecologie



1 Inleiding

Algemeen wordt aangenomen dat het klimaat in de komende eeuw sterk zal veranderen. Het zal gemiddeld warmer worden. De zeespiegel zal stijgen. De hoeveelheid neerslag zal toenemen, zowel gemiddeld als over korte perioden. Daarnaast zullen er vaker langere perioden van hitte en droogte voorkomen. In natte perioden moet meer water worden afgevoerd met hogere pieken. Tegelijkertijd vormt een stijgend niveau van het buitenwater een belemmering voor die afvoer en een bedreiging voor de veiligheid. In droge en warme perioden wordt het een probleem om de gewenste waterpeilen te handhaven. De watervoorziening, de landbouw, de natuur, de scheepvaart, de recreatie en de veiligheid kunnen in de knel komen. Kortom, de gemiddelde waarden zullen veranderen en de extremen zullen toenemen, zowel naar onder als naar boven. Dit zal leiden tot veranderingen in de ecologische toestand van land en water, flora en fauna. Het beeld van natuur en landschap zal gaan veranderen.

De gevolgen van klimaatverandering zullen wereldwijd voelbaar zijn. De problematiek moet op mondiaal, Europees, nationaal en regionaal niveau worden aangepakt. Nederland is in 2007 gestart met een nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat (ARK) dat is gericht op adaptatie, aanpassing, van ons land aan een gewijzigd klimaat. Het doel is om Nederland 'klimaatbestendig' te maken.

Het Programma ARK is voor Waterschap Vallei & Eem aanleiding om een klimaatstrategie te ontwikkelen voor de periode 2050-2100. Hiertoe wil het waterschap eerst inzicht krijgen in de mogelijke effecten van klimaatverandering op het watersysteem. Ook mogelijke wijzigingen in landgebruik en buitenwater worden meegenomen. Deels hangen deze wijzigingen direct samen met klimaatverandering. Deels spelen andere, waaronder economische, ontwikkelingen een rol.

Als de effecten van klimaatverandering inzichtelijk zijn, kan het waterschap werken aan oplossingen voor mogelijke knelpunten. Per knelpunt zijn vaak meerdere adaptatiemaatregelen mogelijk. Deels liggen deze maatregelen binnen de invloedssfeer van het waterschap. In de klimaatstrategie zal het waterschap opnemen met welke maatregelen zij de toekomst tegemoet wil treden. Voor het daadwerkelijk realiseren van adaptatiemaatregelen is overleg en samenwerking met gebiedspartners en andere partijen op (boven)regionaal en nationaal niveau van groot belang.

De klimaatstrategie zal met name gericht zijn op adaptatiemaatregelen. Echter, het tegengaan van klimaatverandering door het reduceren van broeikasgassen, ook wel mitigatie genoemd, dient eveneens een plek te krijgen.

Vooruitlopend op de klimaatstrategie heeft Waterschap Vallei & Eem het onderzoeks- en adviesbureau FutureWater gevraagd een verkennende klimaatstudie uit te voeren. Deze studie had als doel om zowel in te gaan op mogelijke effecten van wijzigingen in klimaat, buitenwater en landgebruik, de knelpunten die hierbij ontstaan als op mogelijke adaptatiemaatregelen. Er zijn vier thema's onderscheiden: veiligheid tegen overstromingen, wateroverlast, watertekort en waterkwaliteit. Deze verkennende klimaatstudie is voornamelijk gebaseerd op bekende feiten en kennis gecombineerd met inbreng van gebiedskennis. Daarnaast is met behulp van bestaande hydrologische modellen het effect bepaald van de 4 KNMI'06 klimaatscenario's op de grondwaterstanden binnen het beheersgebied. Het uiteindelijke doel van deze klimaatstudie



is de benodigde input te leveren voor de klimaatstrategie en aan te geven op welke punten nader onderzoek noodzakelijk is.

In hoofdstuk 2 wordt een korte gebiedsbeschrijving gegeven van het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op klimaatverandering en andere relevante wijzigingen in de periode 2050-2100. In de volgende hoofdstukken worden respectievelijk de thema's veiligheid tegen overstromingen, wateroverlast, watertekort en waterkwaliteit besproken. Per thema wordt ingegaan op de huidige situatie, de verwachting voor 2050-2100, knelpunten en mogelijke adaptatiemaatregelen. In hoofdstuk 8 komt mitigatie aan de orde. In hoofdstuk 9 wordt ingegaan op de vervolgstappen. Er worden aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek en er wordt aangegeven hoe het waterschap beleid, overlegstructuren en instrumenten kan gebruiken opdat zij beter voorbereid en sturend klimaatverandering tegemoet kan zien.



2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Beheersgebied

Figuur 1 geeft een overzicht van het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem. In het zuiden wordt de begrenzing gevormd door de Nederrijn en in het noorden door de zuidelijke Randmeren. Het hart van het beheersgebied wordt, zoals de naam van het waterschap aangeeft, gevormd door de Gelderse Vallei en het stroomgebied van de Eem. Dit laaggelegen gebied loopt af van ongeveer +10 m NAP in het zuiden tot NAP in het noorden. Het westelijk deel van de Veluwe en het oostelijk deel van de Utrechtse heuvelrug zijn tevens onderdeel van het beheersgebied. De maaiveldhoogte op deze beide stuwwallen is op sommige plaatsen meer dan +60 m NAP. Het gebied is 106.000 hectare groot en er wonen ongeveer 600.000 inwoners.

Het gebied dat zonder waterkeringen onvoldoende veilig is, beslaat ongeveer een derde van het totale beheersgebied. Ter voorkoming van overstroming uit de Nederrijn en het IJsselmeergebied wordt het beheersgebied beschermd door 47 km primaire waterkeringen.

2.2 Deelstroomgebieden

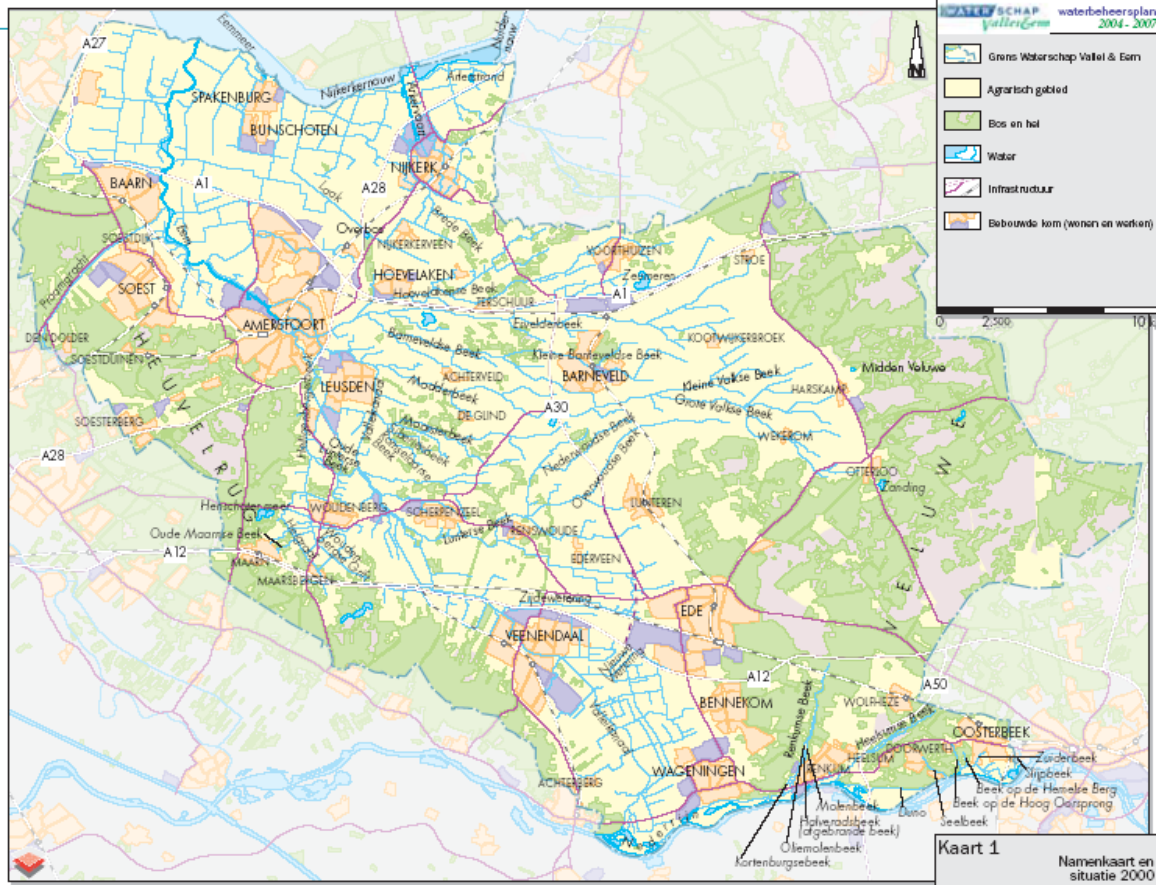
De structuur van het beheersgebied, een naar het noorden aflopende vallei tussen twee heuvelruggen, is bepalend voor de waterhuishouding. In het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem wordt onderscheid gemaakt tussen een aantal (deel)stroomgebieden (zie Figuur 2).

Het Valleikanaal en de Eem vormen samen de hoofdader voor de afwatering van het beheersgebied. Het Valleikanaal begint bij de Nederrijn, ten oosten van Achterberg, en mondt in Amersfoort bij de stuw aan de Balladelaan uit in de Eem. De Eem loopt van Amersfoort verder naar het Eemmeer, één van de zuidelijke Randmeren. Met een aantal stuwen kan naar behoefte water in het gebied worden vastgehouden dan wel een snelle afvoer worden bevorderd. Stelsels van beken vanaf de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug leiden overschotten aan neerslag en kwelwater onder vrij verval naar het Valleikanaal en de Eem. Het betreft de deelstroomgebieden Binnenveld, Luntersebeek, Heiligenbergerbeek, Moorster/Modderbeek en Barneveldsebeek. Het benedenstrooms gelegen deelstroomgebied Eemnes omvat polders die het overtollige water via gemalen op de Eem lozen. De invloed van de Eem op de afwatering van de Gelderse Vallei is goed merkbaar bij hoogwater op de Randmeren. In combinatie met hoge afvoeren vanuit de Gelderse Vallei loopt het waterbergingsgebied Schammerpolder (zie Figuur 2) periodiek onder water.

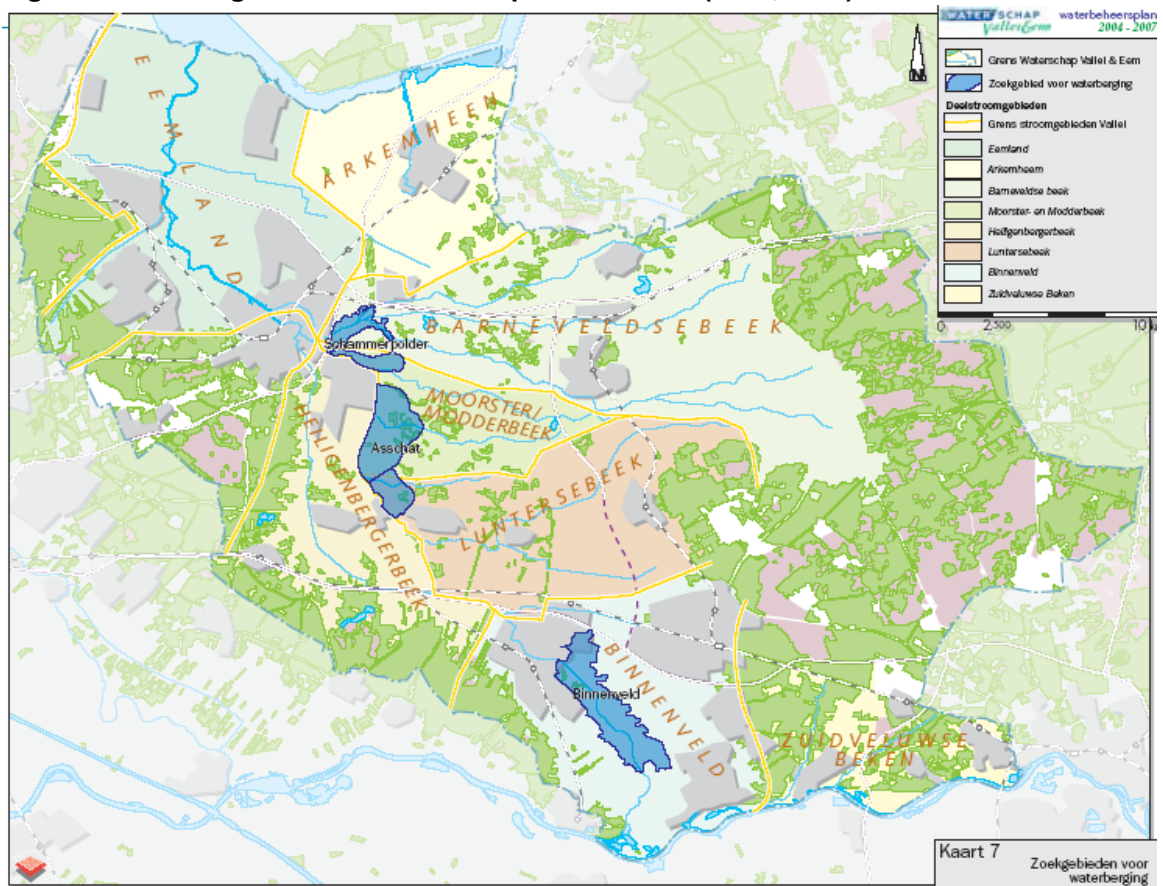
Het deelstroomgebied Arkemheen is niet verbonden met de overige deelstroomgebieden. Het overtollige water wordt rechtstreeks op de Randmeren geloosd, deels door bemaling via het Nijkerkergemaal en het Puttergemaal en deels onder vrij verval via de Arkervaart en de Laak. Het deelstroomgebied is een mengvorm van een beekstelsel en een poldersysteem.

Het deelstroomgebied Zuidveluwe Beken staat los van de overige deelstroomgebieden omdat het water rechtstreeks wordt geloosd op de Nederrijn. Het betreft een aantal snelstromende beken die allemaal ontspringen bovenaan de zuidelijke Veluwe flank. De beken liggen in relatief





Figuur 1: Beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem (WVE, 2003).



Figuur 2: Indeling in deelstroomgebieden (WVE, 2003)



diepe dalen en worden gevoed door uittredend grondwater. De bovenlopen van de beken, veelal gegraven sprengen, vallen gedurende de zomer grotendeels droog.

2.3 Peilbeheer

Het peilbeheer wordt afgestemd op de gebieds- en waterfuncties. Waterschap Vallei & Eem stelt peilbesluiten op voor de poldergebieden. Hier wordt in principe een vast zomer- en winterpeil gehandhaafd. Voor de vrij afstromende zandgebieden hanteert het waterschap peilenplannen. Met behulp van stuwen wordt voor de zomer en winter een vast streefpeil (automatische stuwen) of een vaste stuwstand (vaste stuwen) gehandhaafd. In droge of natte omstandigheden treedt overschrijding of onderschrijding van de peilen zoals vastgelegd in de peilenplannen op.





3 Wat komt er op ons beheersgebied af ?

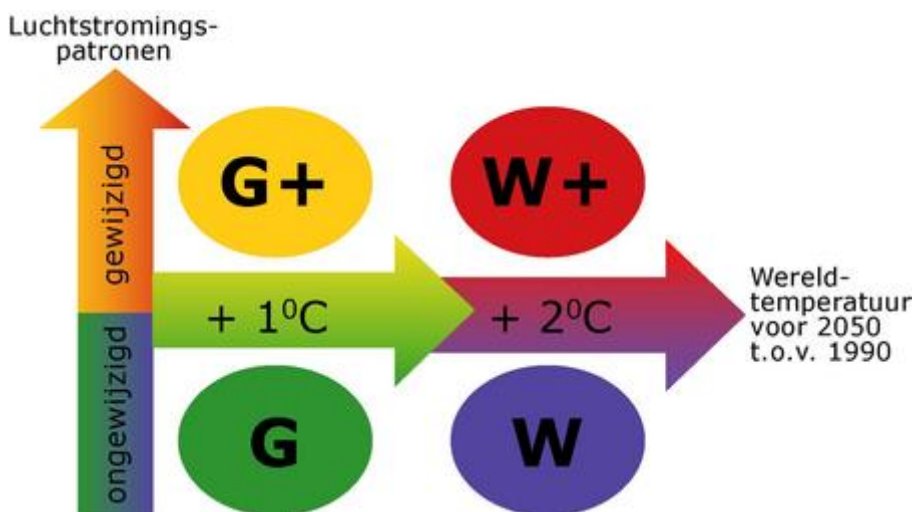
3.1 Afbakening

In de periode 2050-2100 komen een aantal grote veranderingen op het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem af. Het betreft in de eerste plaats klimaatverandering (§3.2). Wijzigingen in het buitenwater (de Randmeren (§3.3) en de Nederrijn (§3.4)) en wijzigingen in landgebruik (§3.5) zijn hier deels het gevolg van.

3.2 Klimaatverandering

In 2006 zijn door het KNMI nieuwe klimaatscenario's voor Nederland opgesteld (KNMI, 2006) ter vervanging van de oude WB21-klimaatscenario's (KNMI, 1999).

In de WB21 scenario's werd gesproken van een "laag", "midden" en "hoog" scenario, later nog aangevuld met een "hoog droog" scenario ten behoeve van de Droogtestudie. De nieuwe KNMI'06 klimaatscenario's (Figuur 3) zijn gebaseerd op de resultaten van de zogenoemde "General Circulation Models" (GCM's). Deze modellen geven aan dat de wereldgemiddelde temperatuur rond 2050 hoogst waarschijnlijk ergens tussen de +1°C en +2°C uitkomt.



| Code | Naam | Toelichting |
|------|------------|--|
| G | Gematigd | 1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa |
| G+ | Gematigd + | 1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind |
| | Warm | 2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa |
| W+ | Warm + | 2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind |

Figuur 3: Schematisch overzicht van de vier KNMI'06 klimaatscenario's.



Tabel 1: Klimaatverandering in Nederland rond 2050 en rond 2100 ten opzichte van het basisjaar 1990 volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's. Het klimaat in het basisjaar 1990 is beschreven met gegevens van 1976 tot en met 2005. Onder "winter" wordt hier verstaan december, januari en februari, "zomer" staat gelijk aan juni, juli en augustus. (KNMI, 2006)

| | | 2050 | | | | 2100 | | | |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | G | G+ | W | W+ | G | G+ | W | W+ |
| Wereldwijde temperatuurstijging | | +1°C | +1°C | +2°C | +2°C | +2°C | +2°C | +4°C | +4°C |
| Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa | | nee | ja | nee | ja | nee | nee | Ja | Ja |
| Winter | gemiddelde temperatuur | +0,9°C | +1,1°C | +1,8°C | +2,3°C | +1,8°C | +2,3°C | +3,6°C | +4,6°C |
| | koudste winterdag per jaar | +1,0°C | +1,5°C | +2,1°C | +2,9°C | +2,1°C | +2,9°C | +4,2°C | +5,8°C |
| | gemiddelde neerslaghoeveelheid | +4% | +7% | +7% | +14% | +7% | +14% | +14% | +28% |
| | aantal natte dagen (≥0,1 mm) | 0% | +1% | 0% | +2% | 0% | +2% | 0% | +4% |
| | 10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden | +4% | +6% | +8% | +12% | +8% | +12% | +16% | +24% |
| | hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar | 0% | +2% | -1% | +4% | -1% | +4% | -2% | +8% |
| Zomer | gemiddelde temperatuur | +0,9°C | +1,4°C | +1,7°C | +2,8°C | +1,7°C | +2,8°C | +3,4°C | +5,6°C |
| | warmste zomerdag per jaar | +1,0°C | +1,9°C | +2,1°C | +3,8°C | +2,1°C | +3,8°C | +4,2°C | +7,6°C |
| | gemiddelde neerslaghoeveelheid | +3% | -10% | +6% | -19% | +6% | -19% | +12% | -38% |
| | aantal natte dagen (≥0,1 mm) | -2% | -10% | -3% | -19% | -3% | -19% | -6% | -38% |
| | dagsom van de neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden | +13% | +5% | +27% | +10% | +27% | +10% | +54% | +20% |
| | Potentiële verdamping | +3% | +8% | +7% | +15% | +7% | +15% | +14% | +30% |
| Zeespiegel | absolute stijging | 15-25 cm | 15-25 cm | 20-35 cm | 20-35 cm | 35-60 cm | 35-60 cm | 40-85 cm | 40-85 cm |

Deze temperatuurstijgingen vormen en het uitgangspunt voor de Gematigde (G) en Warme (W) klimaatscenario's. Echter, voor het klimaat in Nederland is niet alleen de wereldgemiddelde temperatuur van belang: ook de gemiddelde windrichting speelt een cruciale rol. Winters met een sterke westelijke stroming zijn in de regel milder en natter. Sommige klimaatmodellen voorspellen in de winter een sterkere westelijke stroming en in de zomer meer oostenwind. Dit laatste gaat gepaard met een grotere kans op warm en droog weer. Echter, de verschillende modellen wijken sterk van elkaar af. De klimaatscenario's nemen deze onzekere veranderingen mee. Bij de scenario's G en W wordt uitgegaan van een zwakke verandering in de atmosferische circulatie, bij de scenario's G+ en W+ van een sterke verandering. De KNMI scenario's zijn stuk voor stuk aannemelijk, maar met de huidige kennis is niet aan te geven welk scenario het meest waarschijnlijk is.

Net als voor de WB21 klimaatscenario's worden er in de KNMI'06 klimaatscenario's getallen gegeven voor de verandering van neerslag, temperatuur, potentiële verdamping, wind en zeeniveau. Behalve seizoensgemiddelde waarden worden tevens veranderingen in een aantal extreme grootheden gekwantificeerd, zoals de temperatuur op de warmste of koudste dag van



het jaar, of de verandering van de 10-daagse neerslagsom die eens per 10 jaar wordt overschreden. Een aantal grootheden is op een andere manier gedefinieerd dan in de WB21 scenario's en er zijn nieuwe grootheden bijgekomen. In Tabel 1 is de klimaatverandering rond 2050 en rond 2100 uitgedrukt in cijfers per KNMI'06 scenario. Tabel 2 geeft een beknopte vergelijking van de KNMI'06 scenario's met de WB21 scenario's. Voor meer achtergronden over de KNMI scenario's wordt verwezen naar Van den Hurk *et al.* (2006).

Tabel 2: Beknopte vergelijking van de WB21 en KNMI'06 scenario's voor 2050. Data voor het "Hoog en droog scenario" zijn de data gebruikt in de "Droogtestudie" (KNMI, 2006)

| Variabele | laag WB21 | midden WB21 | G '06 | hoog WB21 | W '06 | hoog droog WB21* | G+ '06 | W+ '06 |
|---|-----------|-------------|---------|-----------|---------|------------------|---------|---------|
| <u>Temperatuur (°C)</u> | | | | | | | | |
| Gemiddeld winter (DJF) | +0,5 | +1 | +0,9 | +2 | +1,8 | +2,0 | +1,1 | +2,3 |
| Gemiddeld zomer (JJA) | +0,5 | +1 | +0,9 | +2 | +1,7 | +3,1 | +1,4 | +2,8 |
| <u>Neerslag zomer (%)</u> | | | | | | | | |
| Gemiddeld (halfjaar) | +0,5 | +1 | | +2 | | | | |
| Gemiddeld (JJA) | | | +3 | | +6 | -20 | -10 | -19 |
| Intensiteit in buien | +5 | +10 | | +20 | | | | |
| dagsom, eens in 10 jaar overschreden (JJA) | | | +13 | | +27 | | +5 | +10 |
| Natte dag frequentie (JJA) | 0 | 0 | -2 | 0 | -3 | 0 | -10 | -19 |
| <u>Neerslag winter (%)</u> | | | | | | | | |
| Gemiddeld (halfjaar) | +3 | +6 | | +12 | | | | |
| Gemiddeld (DJF) | | | +4 | | +7 | +13 | +7 | +14 |
| 10-daagse som (halfjaar) | +5 | +10 | | +20 | | | | |
| 10-daagse som, eens in 10 jaar overschreden (DJF) | | | +4 | | +8 | | +6 | +12 |
| Natte dag frequentie (DJF) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +2 |
| <u>Potentiële evaporatie (%)</u> | | | | | | | | |
| Jaarlijks | +2 | +4 | | +8 | | +8 | | |
| Zomer (JJA) | | | +3 | | +7 | +24 | +8 | +15 |
| <u>Zeespiegel (cm)</u> | | | | | | | | |
| Absolute stijging in 2050 | 5 | 20 | 15 - 25 | 40 | 20 - 35 | 40 | 15 - 25 | 20 - 35 |
| Absolute stijging in 2100 | 10 | 50 | 35 - 60 | 100 | 40 - 85 | 100 | 35 - 60 | 40 - 85 |

3.3 Peilwijzigingen Eemmeer, Nijkerkernauw en Nuldernauw

3.3.1 Huidig Rijksbeleid

Klimaatverandering en daarmee samenhangende zeespiegelstijging maken dat het huidige waterkwantiteitsbeheer van het IJsselmeergebied kritisch tegen het licht wordt gehouden. Met het huidige peilbeheer en de bestaande infrastructuur is de afvoer onder vrij verval via de spuisluizen in de Afsluitdijk in de loop van deze eeuw niet meer mogelijk. Daarom wordt momenteel volop naar toekomstige alternatieven gezocht. In 2000 zijn een aantal toekomstrichtingen verkend (V&W, 2000). Uitgangspunt was een anticiperen op een zeespiegelstijging volgens de WB21 klimaatscenario's van maximaal 100 cm in 2100. In deze



studie is het uitbreiden van de spuicapaciteit in combinatie met een hoger meerpeil als voorkeursscenario naar voren gekomen.

Dit voorkeursscenario is nader uitgewerkt in het Rijksbeleid (V&W, 2000b) en (VROM, 2005). Uitgangspunt is dat het overtollige water in het IJsselmeergebied zolang mogelijk onder vrij verval naar de Waddenzee wordt geloosd. Om dit mogelijk te maken moet op de langere termijn de waterstand in het IJsselmeer met de zeespiegel meestijgen. Momenteel hanteert Rijkswaterstaat, op basis van het vigerende rijksbeleid, een maximale stijging in het IJsselmeergebied van 100 cm.

3.3.2 Toekomstig Rijksbeleid

De staatssecretaris van VenW heeft een concept *Beleidskader voor het IJsselmeergebied* opgesteld met een nieuwe lange termijnvisie. Het beleidskader is gebaseerd op de pijlers veiligheid, zoetwatervoorziening en ecologie. Het Rijk kiest voor een samenhangend beleid richting 2100 voor het gehele IJsselmeergebied. Daarbinnen worden accenten geplaatst die recht doen aan de eigen dynamiek van de deelgebieden. Het Rijk maakt in het beleidskader alleen hoofdkeuzes, met ruimte om het beleid tussentijds bij te stellen.

Met betrekking tot mogelijke oplossingen voor de opgaven veiligheid en zoetwatervoorziening neemt het peilbeheer een centrale positie in.

Voor het veiligheidsprobleem zijn er twee mogelijke oplossingen. De eerste optie is om vast te houden aan de huidige lijn van spuien onder vrij verval. Dit betekent dat conform het huidige beleid het IJsselmeer met de zee mee zal moeten stijgen. Volgens de KNMI'06 scenario's bedraagt de zeespiegelstijging tot 2100 maximaal 85 cm. Hiervan wordt 25 cm opgevangen door de aanleg van extra spuicapaciteit in de Afsluitdijk. Voor deze optie is de maximale peilstijging dus 60 cm. De tweede optie is overstappen op bemalen van het IJsselmeergebied. Dit betekent dat gemalen op de Afsluitdijk geplaatst moeten worden.

Voor het oplossen van het zoetwater probleem wordt, even afgezien van niet-peilgerelateerde oplossingen, gedacht aan het creëren van een waterbuffer die in tijden van droogte gebruikt kan worden. Zo'n buffer kan gerealiseerd worden door het peil te verhogen, het peil verder uit te laten zakken of een seizoensvolgend peil in te stellen. In 2100 is een extra waterschijf van 60 cm nodig in het hele IJsselmeergebied als wordt uitgegaan van het huidige voorzieningsgebied en het huidige watergebruik. Als deze buffer alleen in het IJsselmeer wordt gerealiseerd is 100 cm extra nodig. Dit geeft tevens aan dat om diverse redenen gedacht wordt aan compartimentering binnen het IJsselmeergebied.

Op basis van deze mogelijke maatregelen op het gebied van veiligheid en zoetwatervoorziening wil het Rijk dat bij toekomstige ontwikkelingen rekening gehouden wordt met een mogelijke peilstijging in het IJsselmeergebied van 100 cm tot 2100. In 2015 neemt het Rijk een definitief besluit.

Voor het Nuldernauw dat behoort tot de Veluwe Randmeren is een studie uitgevoerd naar de effecten van toekomstige peilvarianten. Hieruit is naar voren gekomen dat gezien de maatschappelijke kosten en baten het op termijn bemalen van de Veluwe Randmeren vanuit kostenperspectief meer voor de hand ligt dan het meestijgen met de zee. Op basis van deze studie werd geadviseerd in het toekomstige beleidskader een maximale toekomstige peilstijging voor de Veluwe Randmeren op te nemen van 40 cm (RWS, 2008). Echter, dit is niet zo expliciet

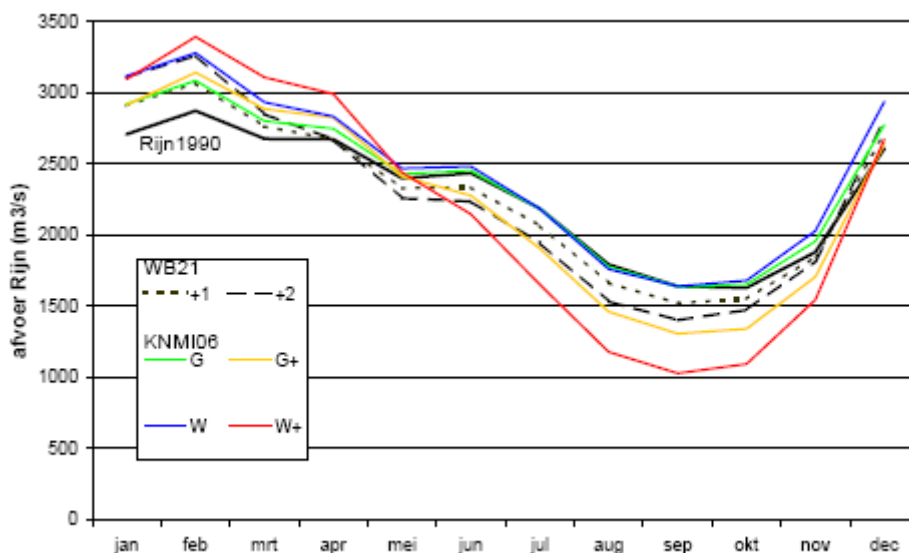


opgenomen in het concept-beleidskader. Wel wordt aangegeven dat voor de Veluwe Randmeren het accent ligt op ecologie en recreatie en dat veiligheid en zoetwatervoorziening hier niet om extra inspanningen vragen.

Zeer recentelijk (september 2008) is het *eindrapport van de Deltacommissie* verschenen. Deze commissie geeft het advies het IJsselmeergebied te compartimenteren. Hierbij is een peilstijging van 1,5 m voor het IJsselmeer voorzien en geen peilstijging voor het Eemmeer en de Veluwe Randmeren.

3.4 Rijnafvoeren

Toename van de winterneerslag, in Nederland en elders in het stroomgebied, zal resulteren in een toename van de piekafvoer van de Rijn. Bovendien zal in berggebieden meer neerslag vallen in de vorm van regen in plaats van sneeuw. Hierdoor neemt de Rijnafvoer in de winter toe. In de zomer neemt de gemiddelde neerslag volgens de G+ en W+ scenario's in het stroomgebied van de Rijn juist fors af. Tegelijkertijd neemt de verdamping toe. Dit betekent een lagere Rijnafvoer en vaker lage waterstanden.



Figuur 4: Verwachte afvoer van de Rijn bij Lobith voor de verschillende WB21- en KNMI'06 scenario's en voor de huidige situatie (RWS RIZA, 2007).

Figuur 4 vergelijkt de verwachte gemiddelde afvoeren van de Rijn te Lobith volgens de verschillende klimaatscenario's met de afvoeren volgens het huidige klimaat. In de winter komen de KNMI'06 scenario's G en W overeen met WB21 midden en hoog, terwijl G en W in de zomer slechts een geringe afname ten opzichte van de huidige situatie laten zien. G+ en W+ geven in de winter iets hogere afvoeren dan W en G. In de zomer geven G+ en W+ een sterke daling van de afvoeren, sterker dan in de WB21-scenario's. Lagere rivierafvoeren gecombineerd met hogere temperaturen hebben ook een negatieve invloed op de waterkwaliteit en de hoeveelheid water die beschikbaar is voor het regionale waterbeheer. In Figuur 4 is geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat in Duitsland vanwege de drogere zomers het watergebruik toeneemt. In dat geval zal de zomerafvoer bij Lobith verder afnemen.

Figuur 4 geeft een indruk van de veranderingen in gemiddelde afvoerfluctuaties. Echter, ook de extremen zijn van belang. Zowel lage als hoge afvoeren zullen vaker voorkomen en extremer zijn. De maatgevende afvoer voor overstromingen (1/1250 jaar) neemt toe van 16.000 m³/s tot 18.000 m³/s bij Lobith in 2100. Echter, in de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier is opgenomen dat de maatgevende afvoer die door de Nederrijn wordt afgevoerd tot 2100 ongewijzigd blijft (V&W, 2006). Het is echter de vraag of dit haalbaar blijft nu de Deltacommissie stelt dat de kans op extreme Rijnafvoeren hoger is dan tot nu toe werd verondersteld.

3.5 Landgebruiksverandering

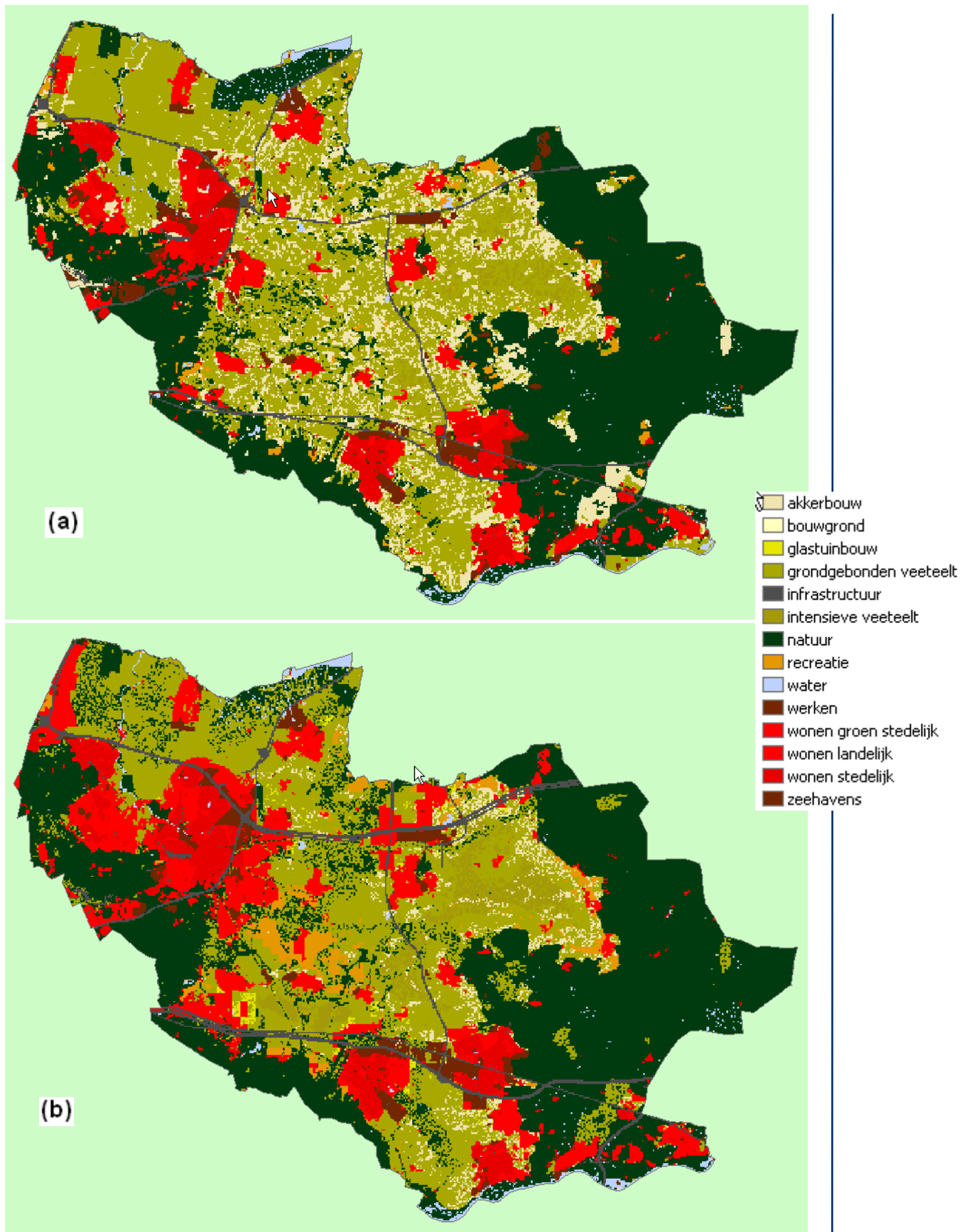
In 2007 heeft het Milieu en Natuur Planbureau (MNP) nieuwe landgebruik scenario's gepresenteerd voor het jaar 2010 en voor het jaar 2040 (MNP, 2007). Het trendscenario 2010 is tot stand gekomen na overleg met alle provincies. Alle locaties voor wonen, werken en glastuinbouw die rond 2010 zeer waarschijnlijk tot stand zullen zijn gekomen zijn op de kaart weergegeven. Het trendscenario 2040 gaat uit van autonome ontwikkelingen en is gebaseerd op:

- Demografische en economische ontwikkelingen zoals die verwacht worden door de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) en de planbureaus CPB, MNP en RPB (CPB/MNP/RPB, 2006).
- Ruimtelijke dynamiek, zoals die is afgeleid uit statistieken over wonen, werken, landbouw, natuur en infrastructuur.
- Interpretatie van vastgesteld beleid.

Het trendscenario 2040 is in het kader van het BSIK-programma "Aandacht voor veiligheid" (Aerts et al, 2008) aangepast voor het W en het G scenario. Figuur 5 laat het trendscenario 2010 en het aangepaste trendscenario 2040 voor het W scenario zien. Het is opvallend dat in het trendscenario 2010 de uitbreiding van Amersfoort niet is opgenomen. Ook in het trendscenario 2040, aangepast voor het G scenario, was dit niet het geval. Daarom is dit trendscenario als onrealistisch buiten beschouwing gelaten.

De belangrijkste verschillen tussen het trendscenario 2010 en het aangepaste trendscenario 2040 voor het W scenario is dat veel akkerbouw uit het beheersgebied zal verdwijnen en dat hier met name grondgebonden veeteelt voor terugkomt. Het areaal recreatiegebied neemt toe en door realisering van de EHS en de EVZ's neemt tevens het areaal natuurgebied toe. Bovendien is er een aanzienlijke uitbreiding van het stedelijk gebied voorzien. Niet afleidbaar uit Figuur 5 maar wel realistisch is een toename van verharding in bestaand stedelijk gebied.





Figuur 5: Landgebruik volgens trendscenario 2010 (a) en het voor het W scenario aangepaste trendscenario 2040 (b).



4 Veiligheid tegen Overstroming

4.1 Afbakening

In dit hoofdstuk wordt de bescherming van het beheersgebied tegen overstroming van het buitenwater, de Nederrijn en de Randmeren, behandeld. Overstroming vanuit het regionale water komt in hoofdstuk 5, als zijnde wateroverlast, aan de orde. Uitgangspunt is dat het risico van overstromingen de resultante is van de kans op het optreden van overstromingen en de mogelijke gevolgen.

In paragraaf 3.3 zijn de mogelijke wijzigingen in de periode na 2050 met betrekking tot het peilbeheer van het Eemmeer, het Nijkerkernauw en het Nuldernauw besproken. Het gaat om peilwijzigingen in het buitenwater die direct van invloed zijn op de veiligheid tegen overstroming. Daarnaast kan de peilaanpassing van het buitenwater consequenties hebben voor het functioneren van het watersysteem. Dit aspect wordt tevens in dit hoofdstuk behandeld.

4.2 Huidige situatie

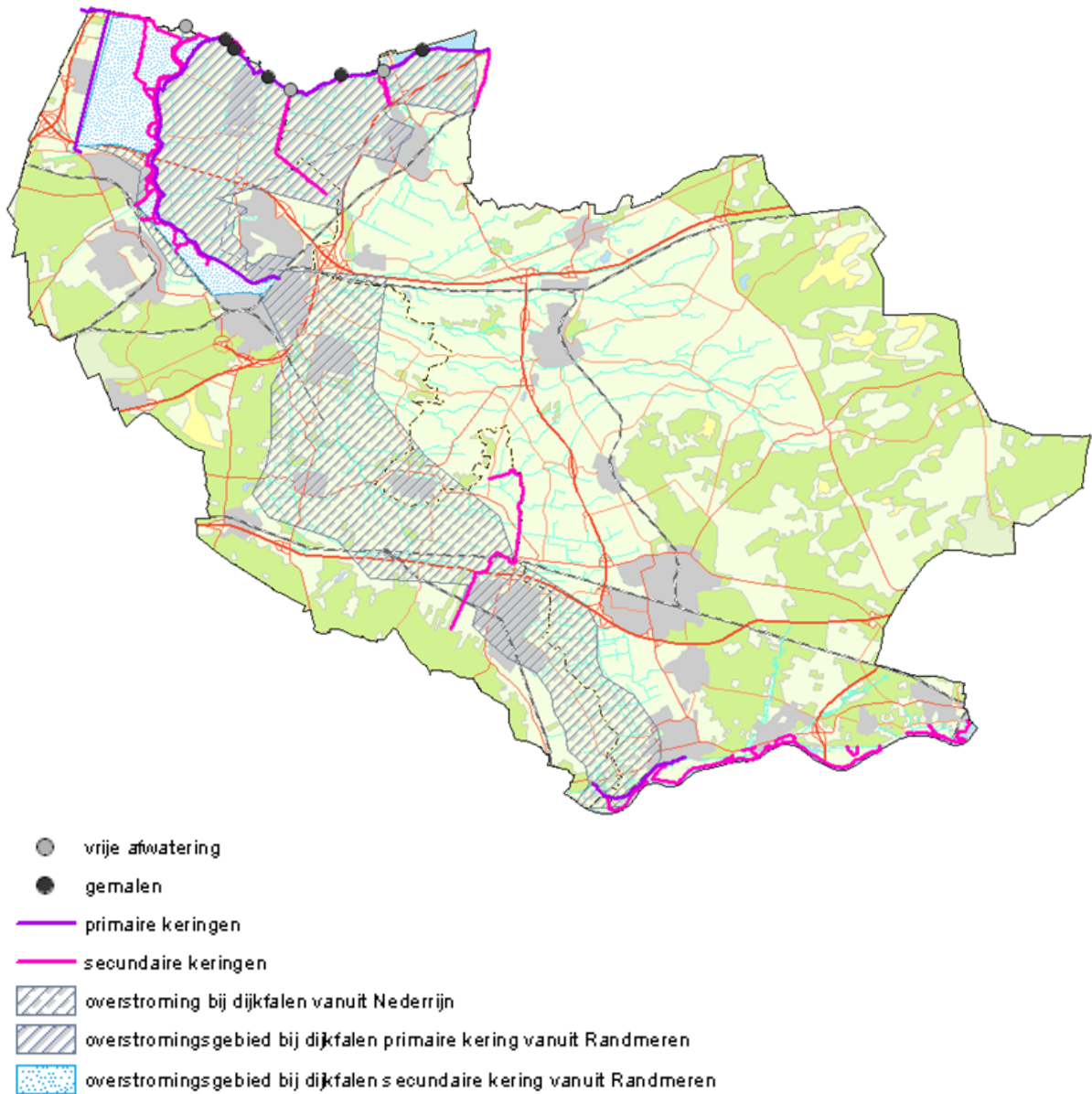
Figuur 6 geeft een overzicht van de huidige situatie. De primaire waterkeringen beschermen het beheersgebied tegen overstromingen vanuit de Nederrijn en de Randmeren. De veiligheidsnorm is dat de kans op overstroming vanuit het buitenwater niet groter mag zijn dan 1/1250 per jaar.

Het peil van het Eemmeer en het Nijkerkernauw is momenteel -0,20 m NAP in de zomer en -0,40 m NAP in de winter. In situaties met veel water in combinatie met storm kan de waterstand echter oplopen tot +1,70 m NAP. Het peil van het Nuldernauw is 10 cm hoger dan dat van het Eemmeer en het Nijkerkernauw. Bij de toetsing op de veiligheid van de primaire waterkeringen langs de Randmeren en de Eem bleek de score van grote delen onvoldoende. In 2010 wordt daarom begonnen met de uitvoering van dijkversterkingen die in 2012 of 2013 afgerond zullen zijn.

De maatgevende afvoer van de Rijn te Lobith is naar aanleiding van het hoogwater in 1995 en 1998 verhoogd van 15.000 tot 16.000 m³/s. In het kader van de planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier zijn in de periode tot 2015 maatregelen voorzien, die voorkomen dat de maatgevende waterstand ter hoogte van het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem hoger wordt.

Ongeveer een derde van het totale beheersgebied zou zonder primaire waterkeringen onvoldoende veilig zijn. Het gebied dat niet door primaire waterkeringen wordt beschermd is vaak wel beschermd door regionale waterkeringen. Ook zijn er enkele regionale waterkeringen die dienen voor compartimentering. De veiligheidsnormen die het waterschap hierbij hanteert, zijn vastgesteld door de provincie en opgenomen in de legger van het waterschap. De normen variëren, afhankelijk van de schade die op kan treden. De totale lengte aan regionale waterkeringen in het beheersgebied is 88 km.





Figuur 6: veiligheid tegen overstromingen, huidige situatie

Het overtollige water uit het beheersgebied wordt momenteel grotendeels onder vrij verval geloosd. De Eem lost op deze wijze de grootste hoeveelheid water uit het beheersgebied op het Eemmeer. De Arkervaart en de Laak lozen eveneens onder vrij verval op het Nijkerkernauw. Door bemaling wordt water via het Nijkerkergemaal en het Puttergemaal geloosd.

4.3 Verwachtingen voor 2050-2100

Zoals beschreven in § 3.3.2 is de gemiddelde peiltoename in de periode 2050-2100 voor het Eemmeer en het Nijkerkernauw nog onzeker. De peiltoename zal echter niet groter zijn dan 100 cm. Voor het Nuldernauw wordt uitgegaan van een maximale peiltoename van 40 cm. Hoewel niet expliciet opgenomen in het concept-beleidskader wordt verwacht dat dit het toekomstig



Rijksbeleid wordt. Rekening houdend met een toename van de sterkte van zware stormen voor het G+ en W+ scenario kan de maatgevende waterstand (1/1250 jaar) nog wat meer dan respectievelijk 100 en 40 cm toenemen. Immers, met een hoger basispeil worden maatgevende waterstanden extra verhoogd omdat bij grotere waterdiepte het effect van opwaaiing groter is.

Om ondanks de onzekerheid in peilstijging meer in detail in te kunnen gaan op knelpunten en mogelijke maatregelen is in aansluiting op het *Beleidskader voor het IJsselmeergebied* (zie §3.3.2) een aantal varianten bekeken:

- Huidig: handhaving huidige peilen voor zowel het Eemmeer, het Nijkerkernauw als het Nuldernauw (optie bemalen IJsselmeergebied)
- Beperkt: beperkte peilstijging van 20 cm voor zowel het Eemmeer, het Nijkerkernauw als het Nuldernauw (optie compartimentering)
- Maximaal: 100 cm peilstijging voor Eemmeer en Nijkerkernauw en 40 cm voor het Nuldernauw.

Het zeer recentelijk verschenen *Advies van de Deltacommissie* pleit voor compartimentering van het IJsselmeergebied zonder peilstijging in het Eemmeer, het Nijkerkernauw en het Nuldernauw. Met betrekking tot de effecten op het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem is dit gelijk aan variant "Huidig".

Er wordt vanuit gegaan dat in de beperkte variant vrije afwatering via de Eem, de Laak en de Arkervaart mogelijk blijft. Wel moet van enkele bestaande gemalen de opvoerhoogte aangepast worden. Voor de maximale variant (zie Figuur 7) is vrije afwatering op de Randmeren niet meer mogelijk. Continuering van een open verbinding tussen de Eem en het Eemmeer zou enorme kosten met zich meebrengen voor de aanleg van nieuwe primaire waterkeringen langs het Valleikanaal, de Heiligenbegerbeek, de Barneveldse beek, de Esvelderbeek en de Hoevelakense beek. De meest kansrijke optie voor deze maximale variant is om de afvoer van de Eem naar het Eemmeer via een gemaal te laten verlopen. Ook in de Laak en de Arkervaart is vrije afwatering niet langer mogelijk en moeten gemalen geplaatst worden. Voor bestaande gemalen moet de opvoerhoogte aangepast worden. Om scheepvaart op de Eem en de Arkervaart mogelijk te houden zullen sluizen geplaatst moeten worden.

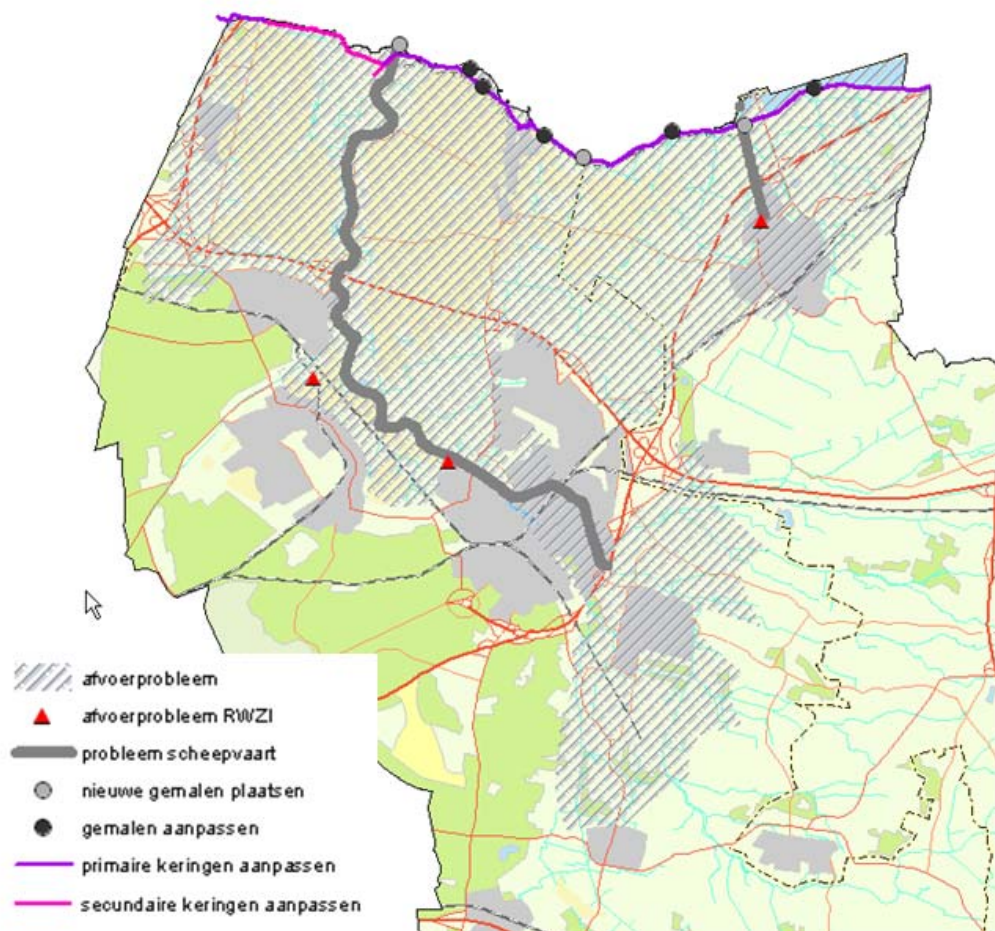
In de huidige variant zal de maatgevende waterstand enigszins toenemen. Volgens de KNMI'06 scenario's is immers een toename in het aantal zware stormen voorzien. Als gevolg hiervan wordt de kans op dijkfalen groter. Het gebied dat bij een eventueel dijkfalen onvoldoende veilig is, wordt waarschijnlijk niet noemenswaardig veel groter dan in de huidige situatie. Met een toename van de verstedelijking neemt het gevolg van een eventuele overstroming wel aanzienlijk toe.

In de beperkte variant neemt de maatgevende waterstand toe. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door de 20 cm peilstijging maar ook door de toegenomen windeffecten. Hiermee verhoogt de kans op overstroming. Echter, het gebied dat bij een eventueel dijkfalen onvoldoende veilig is wordt nauwelijks groter¹. Met een toename van de verstedelijking neemt het gevolg van een eventuele overstroming wel aanzienlijk toe.

¹ Dit is statistisch zo afgeleid: de omtrek van de huidige overstroming is ongeveer de maaiveldhoogte van het gemiddelde maaiveld plus de standaarddeviatie. Als je hier de peilstijging van 20 cm bij optelt is de omtrek nauwelijks gewijzigd.

In de maximale variant neemt de maatgevende waterstand door de peilstijging en de toename van het windeffect met meer dan 100 cm toe. Hiermee verhoogt de kans op overstroming. Ook het gebied dat bij een eventueel dijkfalen onvoldoende veilig is wordt aanzienlijk groter². Bovendien neemt het gevolg van de overstroming toe door een toename van de verstedelijking.

Tot 2100 is de verwachting dat de maatgevende afvoer van de Rijn ter hoogte van Lobith stijgt tot 18.000 m³/s. Echter, in de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier is opgenomen dat de maatgevende afvoer die door de Nederrijn wordt afgevoerd tot 2100 ongewijzigd blijft (V&W, 2006). Hiermee blijft ook de kans op overstroming in 2100 ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie. Met een toename van de verstedelijking neemt het gevolg van een eventuele overstroming wel aanzienlijk toe.



Figuur 7: Problemen en benodigde aanpassingen aan het watersysteem bij de maximale variant.

² Dit is statistisch zo afgeleid: de omtrek van de huidige overstroming is ongeveer de maaiveldhoogte van het gemiddelde maaiveld plus de standaarddeviatie. Hier is de peilstijging van 100 cm bij opgeteld voor een indicatie van de overstroming volgens de maximale variant.



4.4 Knelpunten en adaptatiemaatregelen




In Figuur 8 zijn de knelpunten op het gebied van veiligheid tegen overstromingen die ontstaan als gevolg van klimaatverandering en verstedelijking, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen, samengevat.

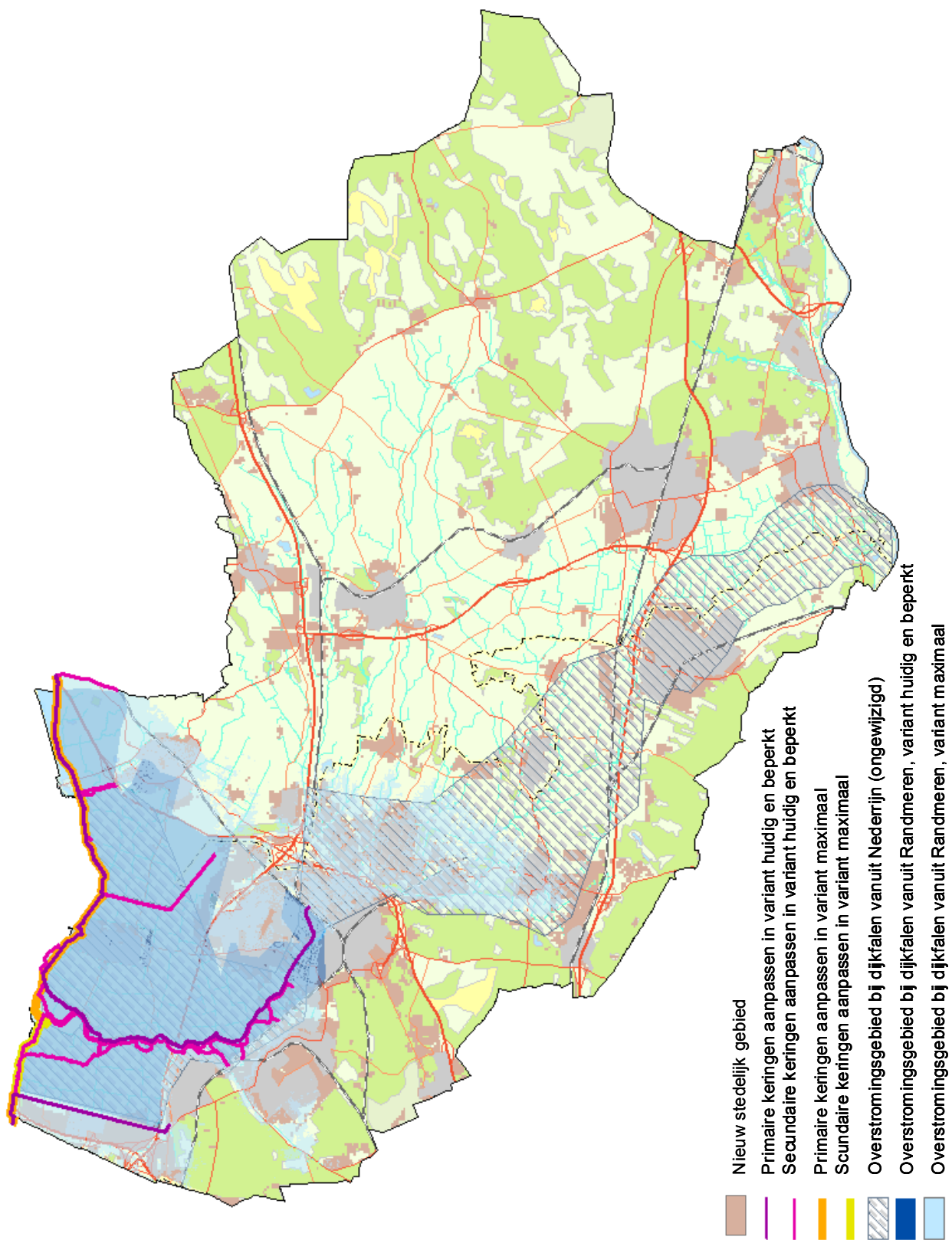
Deze knelpunten vereisen een strategie hoe hier mee om te gaan. Vaak is meer dan één oplossingrichting mogelijk en is het een bestuurlijke keus waar de voorkeur naar uitgaat. Om dit proces te faciliteren is een adaptatiematrix opgesteld. Deze is opgenomen in bijlage II.

In Tabel 3 is per knelpunt weergegeven wat mogelijke adaptatiemaatregelen zijn. Deze adaptatiemaatregelen zijn geselecteerd uit de opgestelde adaptatiematrix (zie bijlage II). In deze bijlage is ook een toelichting op de genoemde adaptatiemaatregelen te vinden.

Deels betreft het eeuwenoude maatregelen als het ophogen van dijken. Anderzijds zijn vernieuwende technieken of concepten als uitklapbare waterkering, bewustwording, regelgeving, sturing en natuurlijke klimaatbuffers kansrijk. De Soesterpolder biedt mogelijkheden met betrekking tot het toepassen van natuurlijke klimaatbuffers.

Tabel 3: Knelpunten veiligheid tegen overstromingen en mogelijke adaptatiemaatregelen (nummers verwijzen naar adaptatiematrix)

| KNELPUNT MBT VEILIGHEID TEGEN OVERSTROMINGEN | ADAPTATIEMAATREGELEN |
|--|---|
| Kans op overstroming neemt toe vanuit de Randmeren  | Verhogen dijken (48) Uitklapbare waterkering (44) |
| Potentieel bedreigde gebied neemt substantieel toe vanuit Randmeren (maximale variant)  | Compartimentering (6) Bewustwording en regelgeving (4) Natuurlijke klimaatbuffers (27) |
| Gevolg van eventuele overstroming neemt toe door verstedelijking  | Bewustwording en regelgeving (4) Sturing via Ruimtelijke Ordening (40) Uitklapbare waterkering (44) |



Figuur 8: Knelpuntenkaart thema overstromingen.

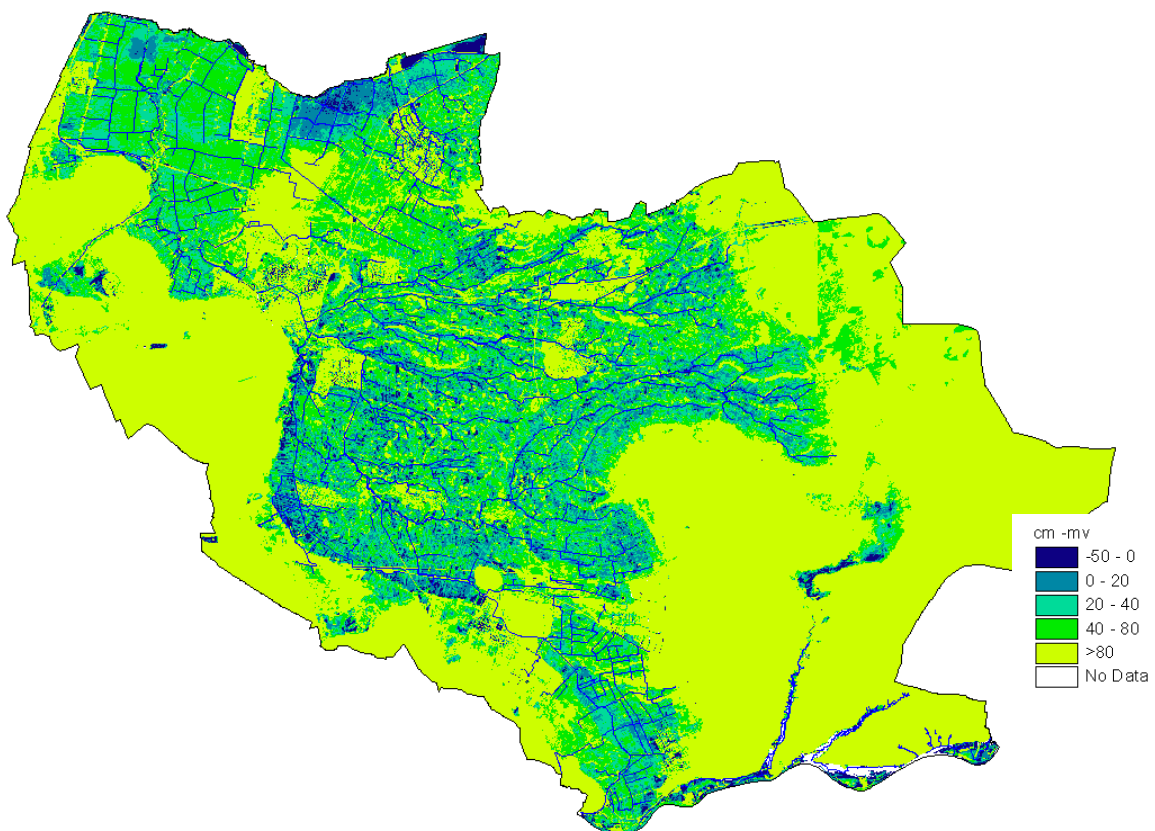


5 Wateroverlast

5.1 Afbakening

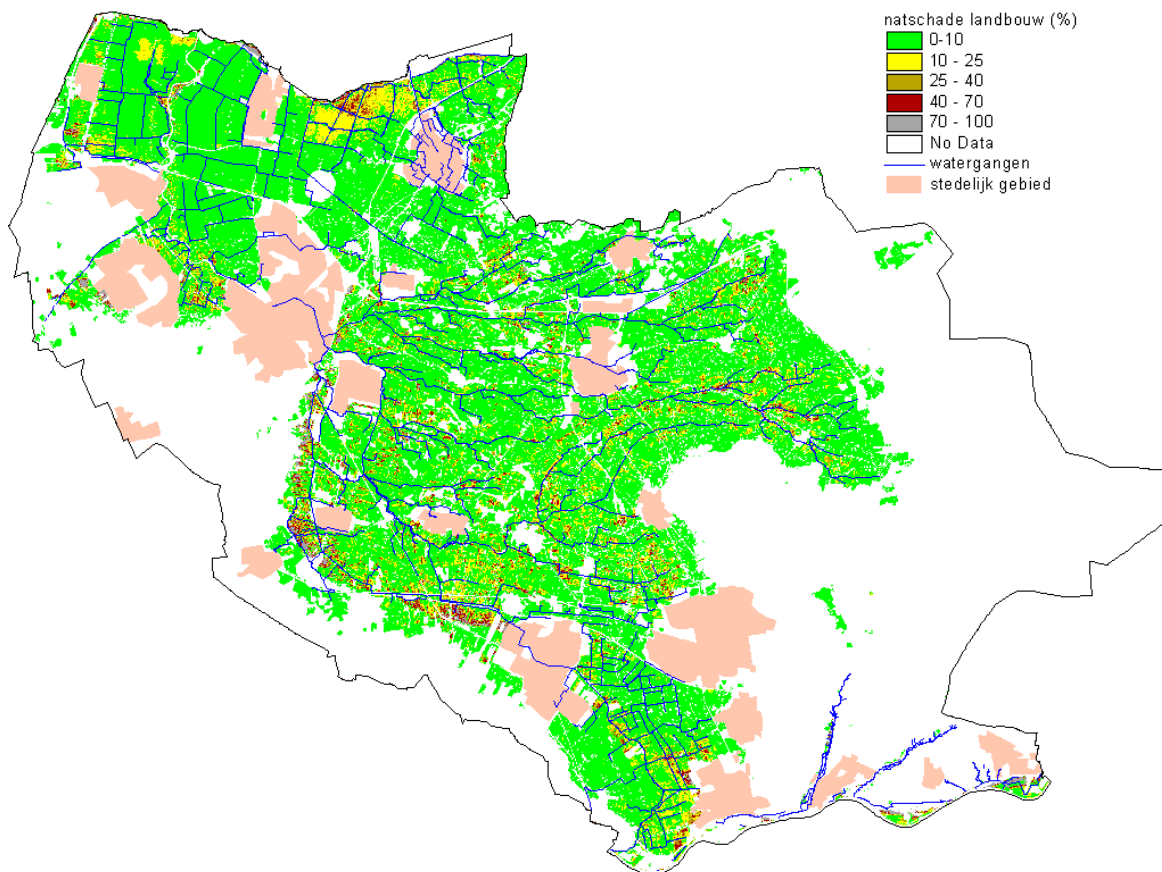
De overstromingen in 1998 als gevolg van aanhoudend intensieve regen is het bekendste voorbeeld van wateroverlast. In september viel op de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden meer dan 100 mm regen. Eind oktober van hetzelfde jaar kreeg een strook vanaf de westkust over de Noordoostpolder naar Drenthe 75 tot 90 mm neerslag te verduren. Bij de regen in september bleef de wateroverlast grotendeels beperkt tot het poldergebied waar de regen viel, terwijl het water in Drenthe door afstroming ook elders in een groter gebied voor problemen zorgde.

Wateroverlast ontstaat wanneer de omstandigheden voor de gebiedsfuncties niet optimaal zijn door een teveel aan water. Overstroming vanuit het buitenwater is reeds onder het thema veiligheid behandeld en wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. In dit hoofdstuk wordt landelijk en stedelijk gebied apart beschouwd en wordt een indeling vanuit de diverse deelsystemen gehanteerd: wateroverlast vanuit het grondwater, vanuit het oppervlaktewater en vanuit de riolering. In de praktijk veroorzaakt intensieve of langdurige neerslag problemen in alle deelsystemen tegelijk. Echter, vanuit het oogpunt van mogelijke adaptatiemaatregelen is het toch goed onderscheid te maken tussen deze drie typen overlast. Voor wateroverlast vanuit het grondwater wordt bovendien onderscheid gemaakt tussen langjarig gemiddelde natte omstandigheden gebruikt in studies naar het Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) en meer extreme omstandigheden.



Figuur 9: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) voor de huidige situatie.





Figuur 10: Natschade landbouw voor de huidige situatie.

5.2 Huidige situatie

5.2.1 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het grondwater

5.2.1.1 GGOR

Recentelijk heeft Waterschap Vallei & Eem een gebiedsdekkende GGOR-analyse uit laten voeren (Witteveen+Bos, 2008). Voor landbouw, terrestrische natuur en aquatische natuur is bepaald in hoeverre het Actuele Grond- en Oppervlaktewater Regime (AGOR) afwijkt van het Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR). Voor het thema wateroverlast is alleen de natschade voor de landbouw relevant.

Natschade in de landbouw wordt berekend met behulp van de in het Waterlood-instrumentarium opgenomen HELP-tabellen. Invoer is de door hydrologische modellen³ berekende Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG, zie Figuur 9). Uit Figuur 10 blijkt dat voor een groot areaal de natschade gering is (<10%). Echter, op bepaalde plekken is de natschade hoger (tot 25%) en op enkele locaties met name langs watergangen kan de

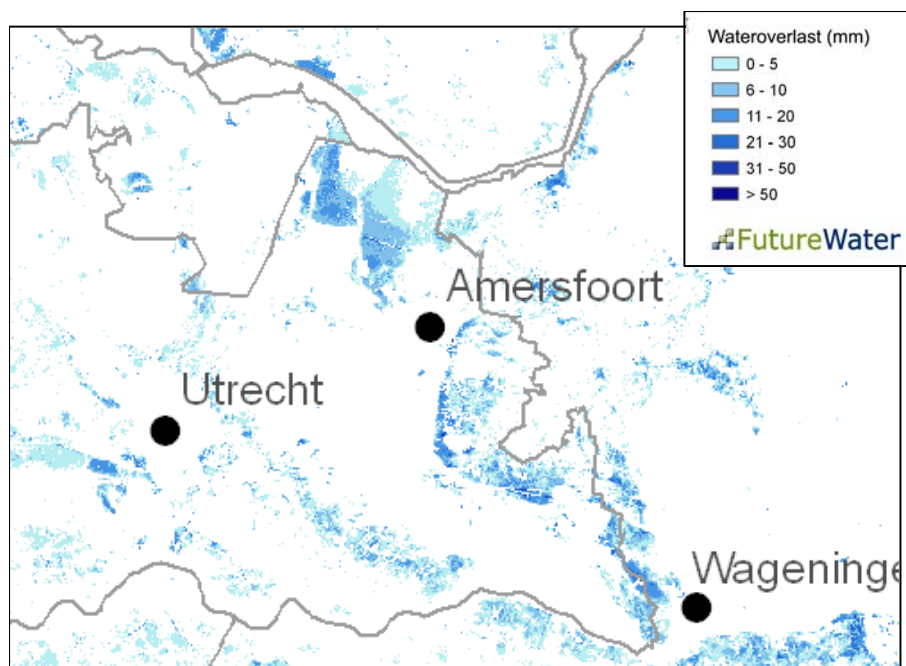
³ Op enkele locaties worden de door de hydrologische modellen berekende GXG's onrealistisch geacht. Voor het gebied ten noordoosten van de Harskamperweg is daarom gebruik gemaakt van GXG-kaarten van Alterra (Witteveen+Bos, 2008)

natschade erg hoog zijn (25-100%). De strook met hoge natschade langs de Utrechtse Heuvelrug tussen Amersfoort en Veenendaal wordt echter veroorzaakt door onrealistische modelresultaten. In werkelijkheid treedt hier nauwelijks natschade op.

5.2.1.2 Extremen

De meest recente wateroverlast als gevolg van extreme neerslag heeft zich in het beheersgebied voorgedaan op 24 en 25 november 2005 met lokale neerslag van wel 85 mm. De extreme hoeveelheid water was te groot voor zowel het ontwaterings- als het afwaterings-systeem en noopte het waterschap om met behulp van diverse pompen en het urgent schoonmaken van stuwen en duikers water af te voeren.

Een studie in het kader van het project "Aandacht Voor Veiligheid" (Aerts et al, 2008) laat zien waar de kans op wateroverlast het grootst is ten gevolge van beperkingen in het ontwateringsstelsel (Immerzeel en Droogers, 2008). Uit Figuur 11 blijkt dat grote delen van het Binnenveld, de Centrale Vallei en de poldergebieden van Eemland gevoelig zijn voor deze vorm van wateroverlast. In het stroomgebied van de Barnevelds Beek en in Arnhem is de gevoeligheid voor deze vorm van wateroverlast beperkt tot enkele locaties.



Figuur 11: Wateroverlast in mm voor de huidige situatie als gevolg van beperkingen in het ontwateringsstelsel (bron: Immerzeel en Droogers, 2008).

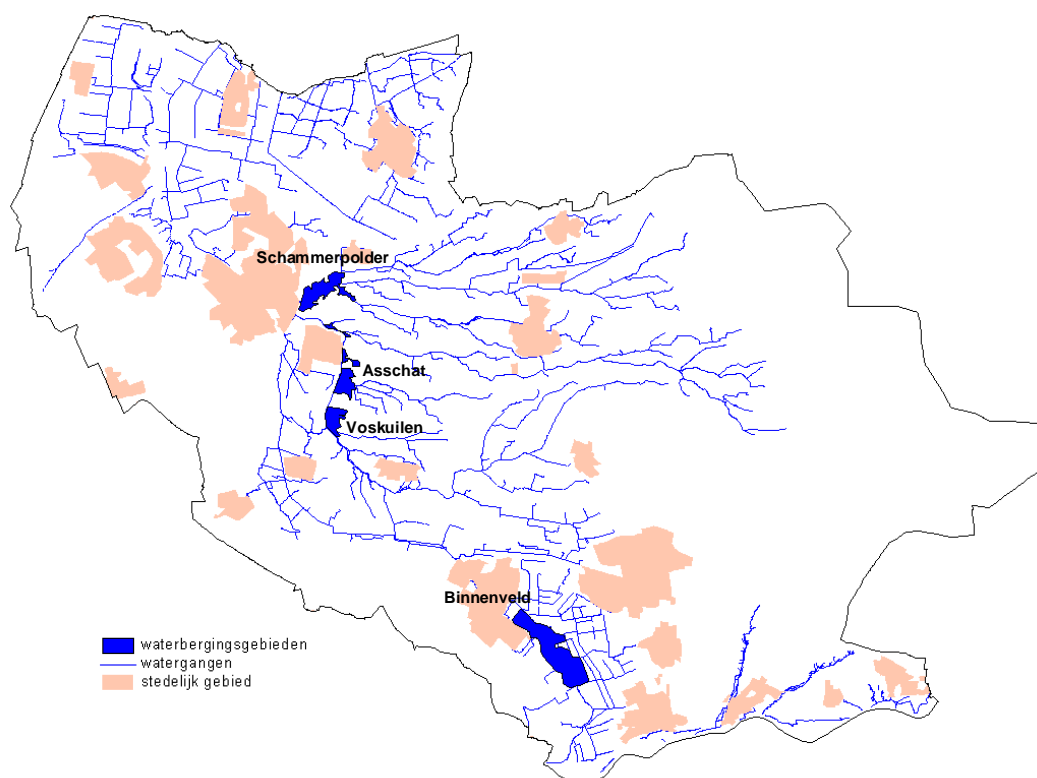
5.2.2 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het oppervlaktewater

Wateroverlast vanuit het oppervlaktewater wordt vaak gezien als de belangrijkste vorm van wateroverlast. In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn werknormen opgenomen die per landgebruik aangeven wat de toelaatbare kans is dat het maaiveld vanuit het oppervlaktewater wordt overstroomd. Voor grasland is dit 1x per 10 jaar, voor akkerbouw 1x per 25 jaar, voor hoogwaardige land- en tuinbouw en voor glastuinbouw 1x per 50 jaar en voor bebouwd gebied 1x per 100 jaar. Voor natuurgebieden is geen norm opgenomen.

Een aantal laaggelegen plaatsen in het beheersgebied lopen bij hoge afvoeren onder water: de lage delen van de Schammerpolder, het gebied Asschat en Voskuilen en het Binnenveld (zie Figuur 12). Vooruitlopend op de NBW-toetsing en de bepaling van de wateropgave heeft het Waterschap deze gebieden aangewezen als waterbergingsgebied. In 2007 is dit vastgelegd in de keur van het waterschap. Doordat deze waterbergingsgebieden bij hoge afvoeren onder water lopen, wordt wateroverlast in het stedelijk gebied van Leusden, Amersfoort en Veenendaal voorkomen.

5.2.3 Stedelijk gebied

In de huidige situatie zijn er veel klachten met betrekking tot grondwateroverlast in Baarn en Soest. In Amersfoort veroorzaakt een slechte drainage in de wijken Schothort, Vathorst Lienden en Kattenbroek wateroverlast. Bij extreme regenval heeft de Arkervaart een afvoerprobleem waardoor ook in delen van Nijkerk wateroverlast ontstaat.



Figuur 12: Waterbergingsgebieden zoals vastgelegd in de keur van het waterschap

5.3 Verwachtingen voor 2050-2100

5.3.1 Wateroverlast landelijk gebied vanuit het grondwater

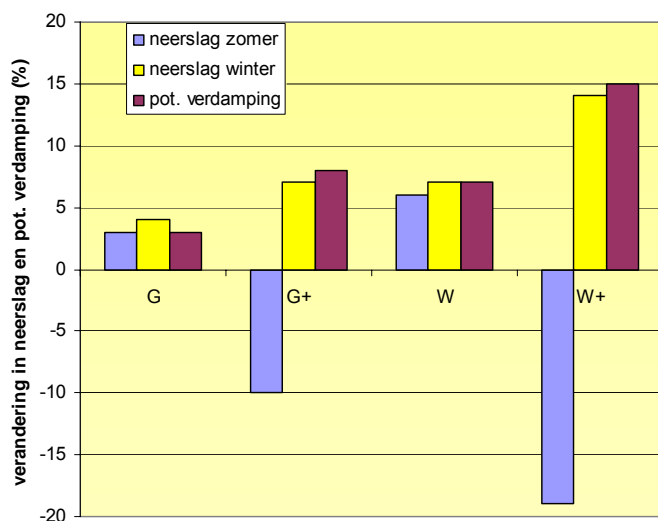
5.3.1.1 GGOR

In opdracht van de provincie Gelderland is in 2003 een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van de WB21 klimaatscenario's op het watersysteem van de Veluwe en de Gelderse vallei. Met behulp van een ruimtelijk grondwatermodel is bekeken hoe de GHG gaat stijgen. Er is vooral



gekeken naar de flanken van de Veluwe waar GHG verhogingen invloed hebben op de functie bebouwd gebied (zie 5.3.3.1).

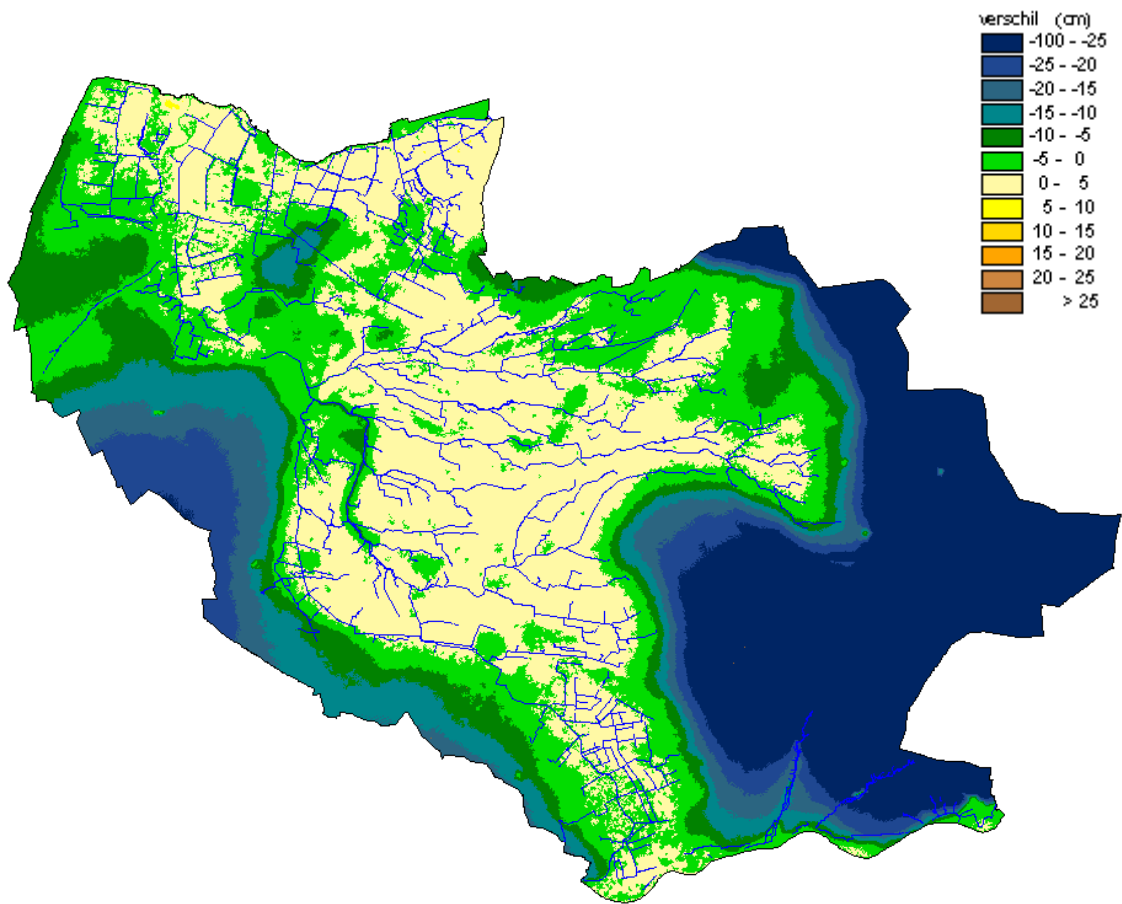
Volgens alle KNMI'06 scenario's neemt de neerslag in de winter toe. Volgens het W+ scenario is deze toename met 14% het grootst. Echter, hier staat in de zomer een neerslagafname van 19% tegenover. Tevens neemt de potentiële verdamping voor dit scenario extreem toe. Het is op basis van dit figuur dan ook niet eenduidig vast te stellen welk scenario de grootste stijging in grondwaterstanden zal laten zien. Hydrologische modellering is een belangrijk hulpmiddel om dit nader te onderzoeken.



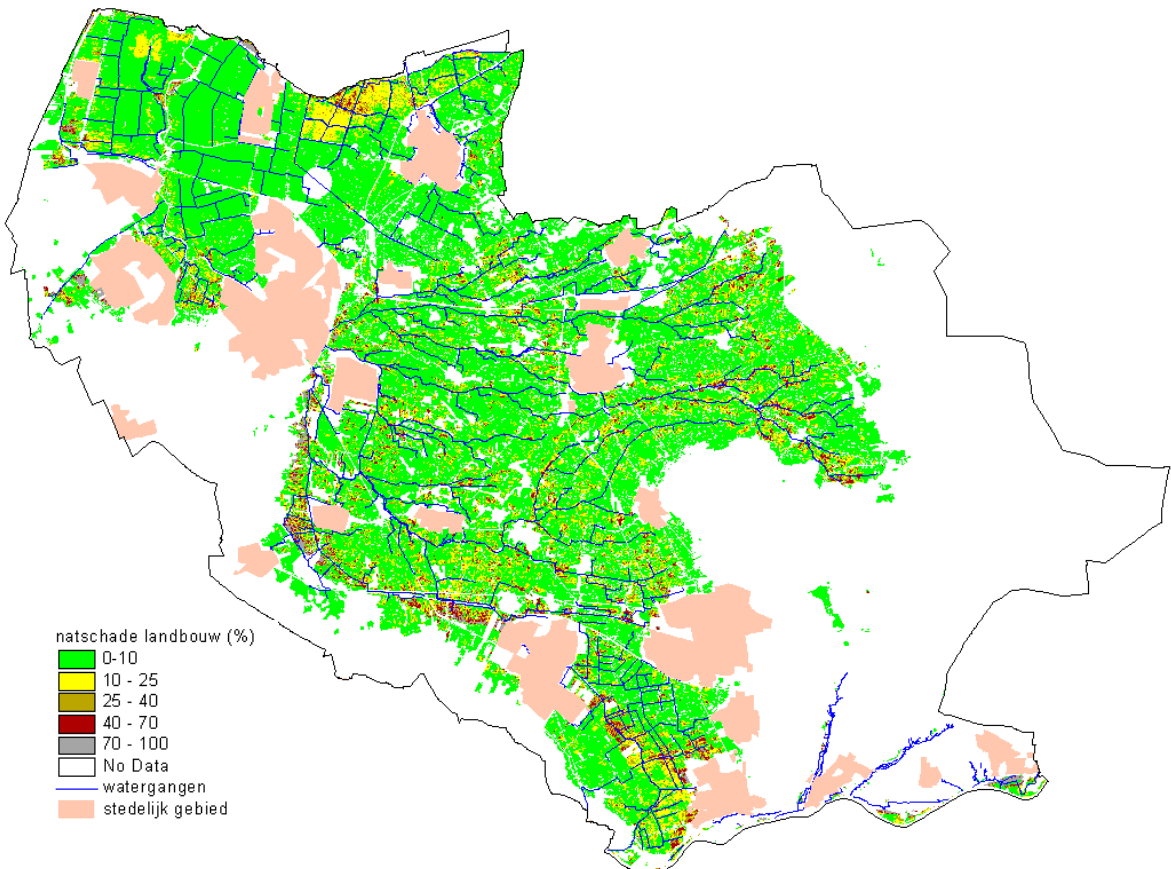
Figuur 13. Verandering van de neerslag en potentiële verdamping (%) zoals verwacht door de KNMI'06 klimaatscenario's.

In het kader van deze klimaatverkenning zijn alle KNMI'06 scenario's doorgerekend met behulp van hydrologische modellen die zijn gebruikt voor de eerder genoemde GGOR-analyse. Figuur 14 geeft de wijziging in GHG weer volgens het W scenario. Volgens dit scenario stijgen de grondwaterstanden het meest. Op de Veluwe neemt de GHG tot 1 meter toe. Op de flank van de Veluwe en de Utrechtse heuvelrug stijgt de GHG met 10 to 25 cm. In Bijlage I zijn de GHG veranderingen voor de overige scenario's weergegeven. Hieruit is op te maken dat de GHG wijziging volgens het G scenario hetzelfde beeld laat zien maar minder extreem. Opvallend is dat volgens het G+ en W+ scenario de GHG afneemt: De grondwateraanvulling op de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug neemt af door de aanzienlijke toename van de verdamping.

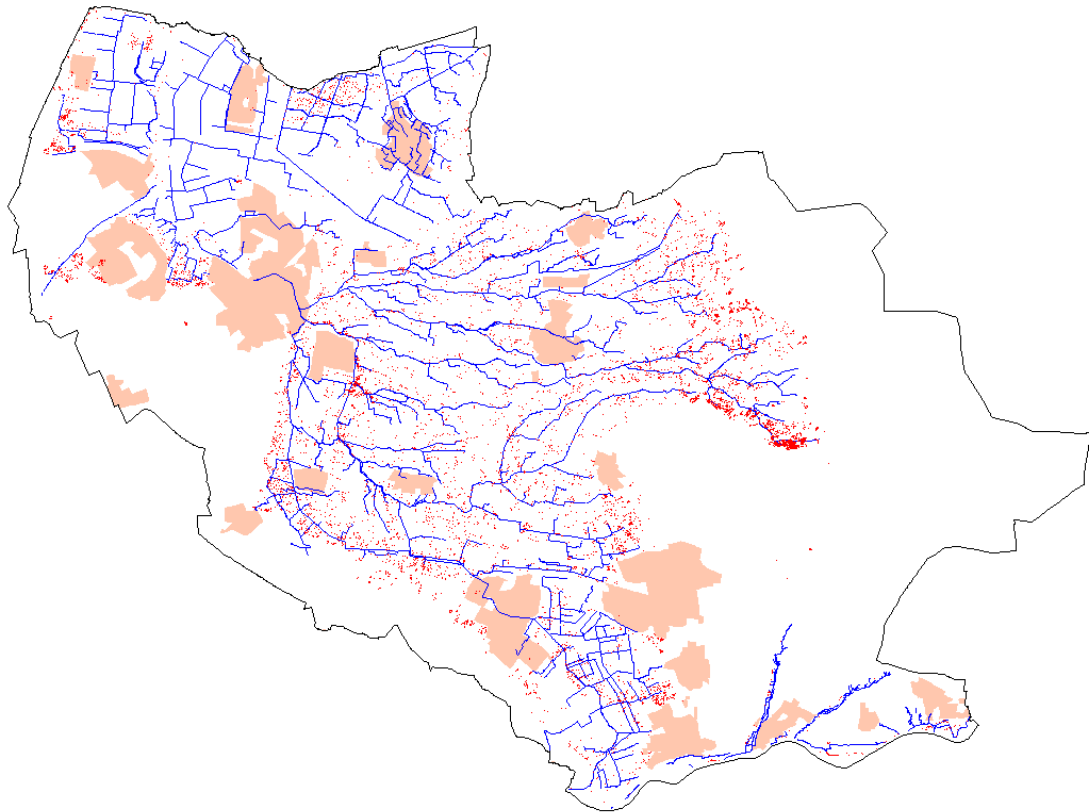
Voor het W scenario is tevens de natschade voor de landbouw (Figuur 15) bepaald met behulp van de in het Waterlood instrumentarium opgenomen HELP-tabellen. Uit Figuur 16 blijkt dat de verhoging van de GHG slecht op enkele locaties een toename van de natschade tot gevolg heeft. Dit is te verklaren door het feit dat op de locaties met de grootste wijzigingen in GHG geen landbouw plaatsvindt.



Figuur 14: Verschil in GHG veroorzaakt door klimaatverandering volgens het W scenario ten opzichte van het huidige klimaat (blauw wordt natter, bruin wordt droger).



Figuur 15: Natschade landbouw volgens het W scenario.

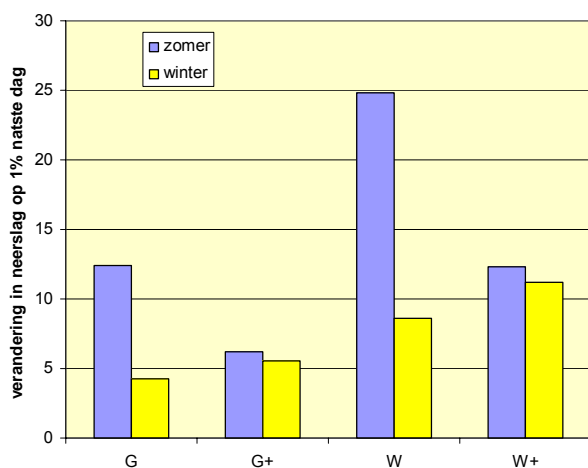


Figuur 16: Locaties (in rood) waar de natschade voor de landbouw volgens het W scenario meer dan 10% bedraagt en met 5 of meer procent is toegenomen ten opzichte van de huidige situatie.

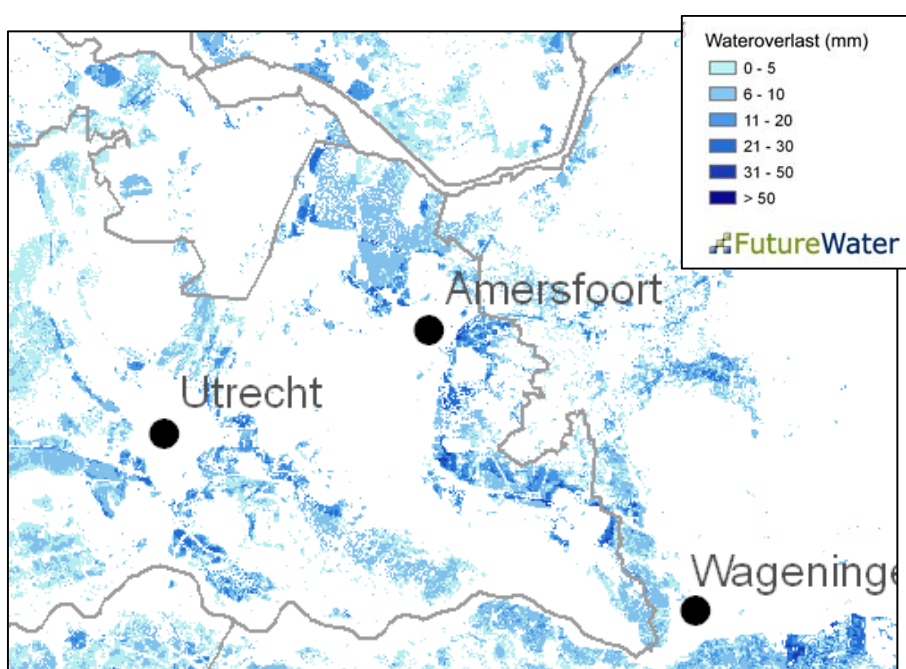
5.3.1.2 Extremen

Het is duidelijk dat klimaatverandering de kans op wateroverlast in het landelijk gebied zal doen toenemen. Voor wat betreft de wateroverlast als gevolg van beperking in de ontwatering is het relevant om naar de toename van de neerslag op de 1% natste dag te kijken. Uit Figuur 17 blijkt dat deze toename tussen de 4% en 25% zal zijn. Opvallend is de hoge toename van deze neerslag in de zomer volgens het W scenario. De grootste kans op wateroverlast blijft echter in het najaar of in het begin van de winter, omdat de bodem dan vaak relatief nat is. De KNMI'06 scenario's geven aan dat er dan gerekend moet worden op extra neerslag op de 1% natste dag van 4% tot 12% in het jaar 2050.

In hoeverre deze extra neerslag ook extra wateroverlast veroorzaakt hangt af van een aantal factoren. Met name de weerssituatie voordat de extreme gebeurtenis optreedt en de beperkingen in het ontwateringssysteem zijn bepalend. In het kader van het project Aandacht Voor Veiligheid (Aerts et al, 2008) is voor geheel Nederland gekeken naar de verwachte extra wateroverlast volgens het KNMI'06 W scenario door beperkingen in het ontwateringssysteem. Figuur 18 brengt deze extra wateroverlast in beeld. Vergelijking met Figuur 11 wijst uit dat er geen nieuwe locaties met wateroverlast ontstaan maar dat de wateroverlast op plaatsen die nu reeds problematisch zijn tot 50 mm toe kan nemen.



Figuur 17. Toename van neerslag op 1% natste dag (%) zoals verwacht door de KNMI'06 klimaatscenario's (Hurk et al, 2006).



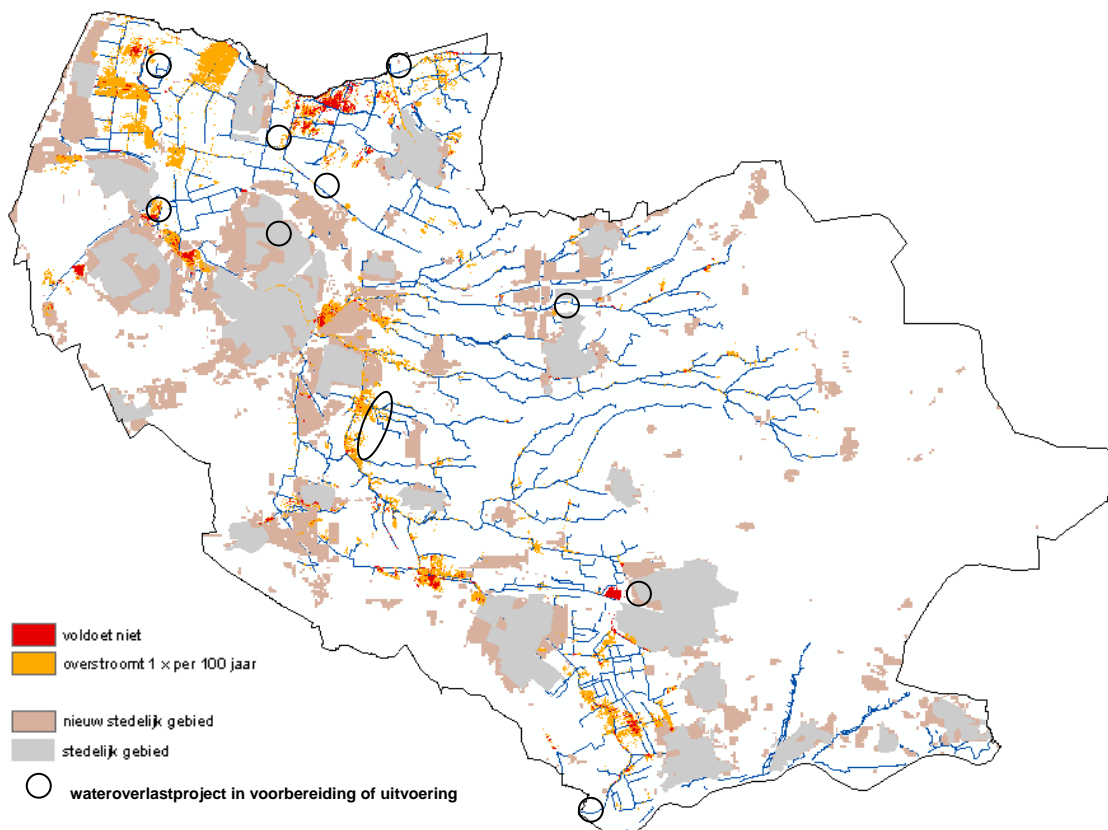
Figuur 18. Extra wateroverlast in mm. KNMI'06 W scenario vergeleken met de huidige situatie (bron: Immerzeel en Droogers, 2008).

5.3.2 Wateroverlast in landelijk gebied vanuit het oppervlaktewater

Uitgaande van de verwachte neerslaghoeveelheden volgens het middenscenario uit WB21 heeft Waterschap Vallei & Eem getoetst op welke plaatsen de kans op water op het maaiveld groter is dan volgens het NBW is toegestaan. Hierbij is al rekening gehouden met de ingebruikname van de waterbergingsgebieden Schammerpolder, Asschat/Voskuilen en het Binnenveld. In Figuur 19 is met rood aangegeven welke gebieden bij het huidige landgebruik niet aan de norm voldoen. In deze figuur zijn voor de volledigheid tevens de lopende wateroverlastprojecten opgenomen. De toetsresultaten vormen het uitgangspunt voor de wateropgave. Overigens worden alle geconstateerde knelpunten in overleg met de betreffende gemeente, of door maatregelen in de waterbeheersing door het waterschap aangepakt zodat het gehele gebied voor 2015 aan de gebiedsnormen voldoet.



Zoals gezegd is deze wateropgave opgesteld uitgaande van de landelijke NBW normering volgens het WB21 middenscenario. Het zou echter goed zijn om verder te kijken. Het gaat dan om de vraag in hoeverre volgens de nieuwe KNMI'06 scenario's extra wateroverlast als gevolg van extra neerslag te verwachten valt. Aangezien het hier gaat om beperkingen in het afwatersysteem, is dit een combinatie van de piekneerslag op de 1% natste dag (Figuur 17) en de gemiddelde toename van de neerslag (Figuur 13). Dit laatste bepaalt in hoeverre het gehele systeem (openwater, bodemwater en grondwater) al vol zitten op het moment dat er ook nog een piekneerslag optreedt.



Figuur 19: resultaten regionale NBW-toetsing, huidige landgebruik, WB21-midden scenario, zichtjaar 2050.

Goede kwantitatieve uitspraken over de grootte van deze toekomstige wateropgave kunnen alleen gedaan worden rekening houdend met de complexe interactie tussen grond-, bodem- en oppervlaktewater in een tijdscontinue analyse. Een globale redenering kan wel een eerste indicatie geven van de te verwachte wateroverlast:

- De combinatie van toename in gemiddelde neerslag in de winter (vullingsgraad van een gebied) en de neerslag op de 1 % natste dag (piekbelasting) tellen voor respectievelijk 75% en 25% mee in wateroverlast door beperkingen in het afwatersysteem.
- De regionale wateropgave volgens het WB21-midden scenario (winter) gaat uit van +6% meer neerslag en +10% op de natste dag. Uitgaande van het voorgaande punt betekent dit 7% meer wateroverlast.
- Als voor de regionale wateroverlast uitgegaan wordt van het G scenario zoals voorgeschreven in het NBW-actueel is dit 4% voor het zichtjaar 2050.
- Voor zichtjaar 2100 kan voor het G scenario het W scenario worden aangehouden (KNMI) en zou de extra wateroverlast op 7% uitkomen.
- Voor 2050 en het extremere W+ scenario zal dit uitkomen op 13%.

Samenvattend kan dus geredeneerd worden dat uitgaande van het NBW-midden scenario het watersysteem onder het nieuwe G scenario op orde is tot 2100. Aangezien alle vier scenario's even (on)zeker zijn, kan de wateroverlast door beperkingen in het afwateringsysteem ook nog bijna verdubbelen in 2050.

Bovengenoemde resultaten lijken in tegenspraak te zijn met de GGOR berekeningen zoals beschreven in de vorige paragraaf. Er is echter een groot verschil tussen wateroverlast door veranderingen in grondwater (een langzaam proces door de grote buffercapaciteit van de bodem) en de wateroverlast door de relatief snelle processen van ontwatering en afwatering. Wel kan bovenstaande redenering, door het niet meenemen van de verwachte toename in de verdamping, de wateroverlast voor het W+ scenario overschat hebben. Nadere modelanalyses kunnen uitsluitsel geven.

5.3.3 Stedelijk gebied

5.3.3.1 Wateroverlast vanuit het grondwater

In opdracht van de provincie Gelderland is in 2003 een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van het WB21-midden scenario op het watersysteem van de Veluwe en de Gelderse Vallei (Tauw, 2003). Met behulp van een ruimtelijk grondwatermodel is berekend wat de veranderingen in de GHG zal zijn onder het WB21-midden scenario. De resultaten laten zien dat er een zone is op de flanken van de Veluwe – de zogenaamde grondwaterfluctuatietoneelzone – waar een verhoogd risico op grondwateroverlast geldt voor de gebruikersfunctie “wonen”. De zone is aangegeven in Figuur 20.

De provincie Utrecht heeft geen soortgelijke grondwaterfluctuatietoneelzone vastgesteld voor de Utrechtse Heuvelrug. Uitgaande van de modelresultaten van deze klimaatverkenning is een indicatie van een dergelijke zone weergegeven in Figuur 20.

5.3.3.2 Wateroverlast vanuit het oppervlaktewater

In Figuur 19 zijn in rood de gebieden aangegeven die bij het huidige landgebruik niet aan de NBW-norm voldoen. Het betreft ook kleine knelpunten in het stedelijk gebied van Leusden, Woudenberg, Baarn, Amersfoort en Nijkerk. Al deze knelpunten worden voor 2015 door maatregelen in de waterbeheersing opgelost. Naar verwachting is meer wateroverlast vanuit het oppervlaktewater te verwachten voor de KNMI'06 scenario's.

Tevens is op Figuur 19 (in oranje) aangegeven welke gebieden met een kans van eens in de 100 jaar vanuit het oppervlaktewater overstroomd worden en (in roestbruin) waar de nieuwe stedelijke uitbreidingen in 2050 te verwachten zijn. Uit combinatie van beide gegevens is op te maken welke stedelijke uitbreidingen in 2050 niet aan de norm zullen voldoen. Het betreft kleine delen van de stedelijke uitbreidingen van Soest, Baarn en Eemnes.

5.3.3.3 Wateroverlast vanuit de riolering

In al het stedelijk gebied wordt een toename verwacht van de wateroverlast vanuit de riolering. De riolering is gedimensioneerd op piekbuien die eens in de 2 jaar voorkomen. Piekbuien zullen volgens alle KNMI'06 scenario's vaker voorkomen en meer neerslag brengen (zie Figuur 17). Als gevolg hiervan zal er in de toekomst vaker en meer water op straat staan.



5.4 Knelpunten en adaptatiemaatregelen

In Figuur 20 zijn de wateroverlast knelpunten die ontstaan als gevolg van klimaatverandering en wijzigingen in de ruimtelijke ordening, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf, samengevat. Deze knelpunten vereisen een strategie hoe hier mee om te gaan. Vaak is meer dan één oplossingrichting mogelijk en is het een bestuurlijke keus waar de voorkeur naar uitgaat. Om dit proces te faciliteren is een adaptatiematrix opgesteld. Deze is opgenomen in bijlage II.

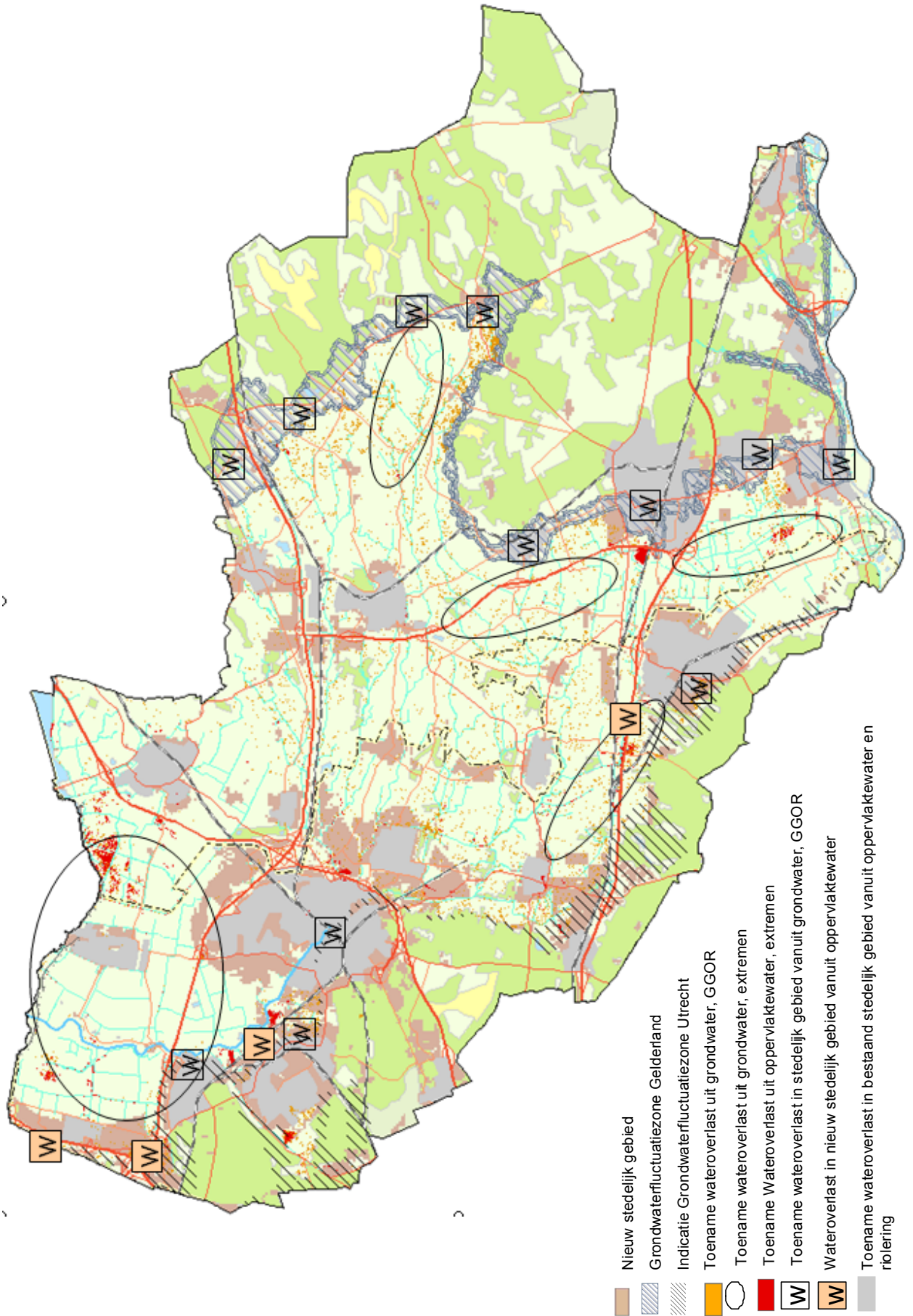
Volgens het NBW dienen maatregelen tegen wateroverlast gevonden te worden in de trits vasthouden – bergen – afvoeren. Uit onderzoek (HKV, 2006) in proefgebieden binnen het deelgebied Centrale Vallei is echter gebleken dat de effecten van water vasthouden voornamelijk teleurstellend zijn. Hoewel er een piekreductie in de afvoer benedenstrooms de proefgebieden optreedt, nemen de inundaties binnen de proefgebieden toe.

Een andere gangbare strategie in bemaal gebied is voormalen. In een watersysteem gelegen tussen twee heuvelruggen is dit echter niet effectief. Alleen in de wijk Kattenbroek van Amersfoort is deze maatregel effectief toepasbaar.

Anderzijds dient men ook te accepteren dat er vaker schade ontstaat in bepaalde extreme situaties. Zo is het wellicht beter landbouwschade die ontstaat vanuit het grondwater bij extreme neerslag te accepteren om ernstigere schade benedenstrooms te voorkomen. Immers, het verbeteren van drainage kan eerder leiden tot wateroverlast vanuit het oppervlaktewater in stedelijk gebied benedenstrooms. In deze context wordt regelgeving, blauwe diensten en schadevergoeding ook belangrijker.

In Tabel 4 is per knelpunt weergegeven wat mogelijke adaptatiemaatregelen zijn. Deze adaptatiemaatregelen zijn geselecteerd uit de opgestelde adaptatiematrix (zie bijlage II). In bijlage III is een toelichting op de genoemde adaptatiemaatregelen te vinden.











Figuur 20: Knelpuntenkaart wateroverlast.



Tabel 4: Knelpunten wateroverlast en meest relevante adaptatiemaatregelen (nummers verwijzen naar de adaptatiematrix).

| KNELPUNT: TOENAME WATEROVERLAST | | ADAPTATIEMAATREGELEN |
|---------------------------------|--|--|
| Landelijk/ Stedelijk | Deelsysteem, specificatie | |
| Landelijk | vanuit het Grondwater, GGOR: toename natschade landbouw | Flexibel drainniveau (15) Flexibel peilbeheer (16) Functie volgt peil (17) Regelingen en stimulering (37, 47, 59, 60) |
| | vanuit het Grondwater, extremen  | Accepteren Verbeteren afwatering (2, 30) Verbeteren ontwatering (15) |
| | vanuit het Oppervlaktewater, extremen  | Verbeteren afwatering (2, 30) Vergroten waterbergingsgebieden Grond aankopen voor waterberging (18) Afkoppelen (20, 46) Vergoeding van waterdiensten (47) Schaderegeling (37) |
| Stedelijk | vanuit het Grondwater, GGOR  | Sturing via ruimtelijke ordening (41) Schaderegeling (37) Ophogen maaiveld in combinatie met drainage |
| | vanuit het Oppervlaktewater, extremen  | Afkoppelen en bergen (20, 22, 39, 46, 39, 55, 56, 58) Voormalen alleen in Kattenbroek (53) |
| | vanuit het Oppervlaktewater, extremen, nieuw stedelijk gebied | Functie volgt peil (17) Regelgeving (28, 59) |
| | vanuit de Riolering   | Terugslagkleppen in riool (42) Dimensionering riolering (9) Afkoppelen (20, 22, 39, 46, 39, 55, 56, 58, 61) |



6.1 Afbakening

Watertekort ontstaat wanneer de watervraag van een gebiedsfunctie groter is dan het wateraanbod. Als we spreken over watertekort kunnen we de langjarig gemiddeld droge omstandigheden bedoelen zoals gedefinieerd in de studies naar het Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR). Anderzijds kunnen we spreken over meer of minder extreme droogtejaren waarbij de verdringingsreeks in werking treedt. In dit hoofdstuk houden we vast aan dit onderscheid.

6.2 Huidige situatie

6.2.1 AGOR versus GGOR

Recentelijk heeft Waterschap Vallei & Eem een gebiedsdekkende GGOR-analyse uit laten voeren (Witteveen+Bos, 2008). Voor landbouw, terrestrische natuur en aquatische natuur is bepaald in hoeverre het Actuele Grond- en Oppervlaktewater Regime (AGOR) afwijkt van het Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR).

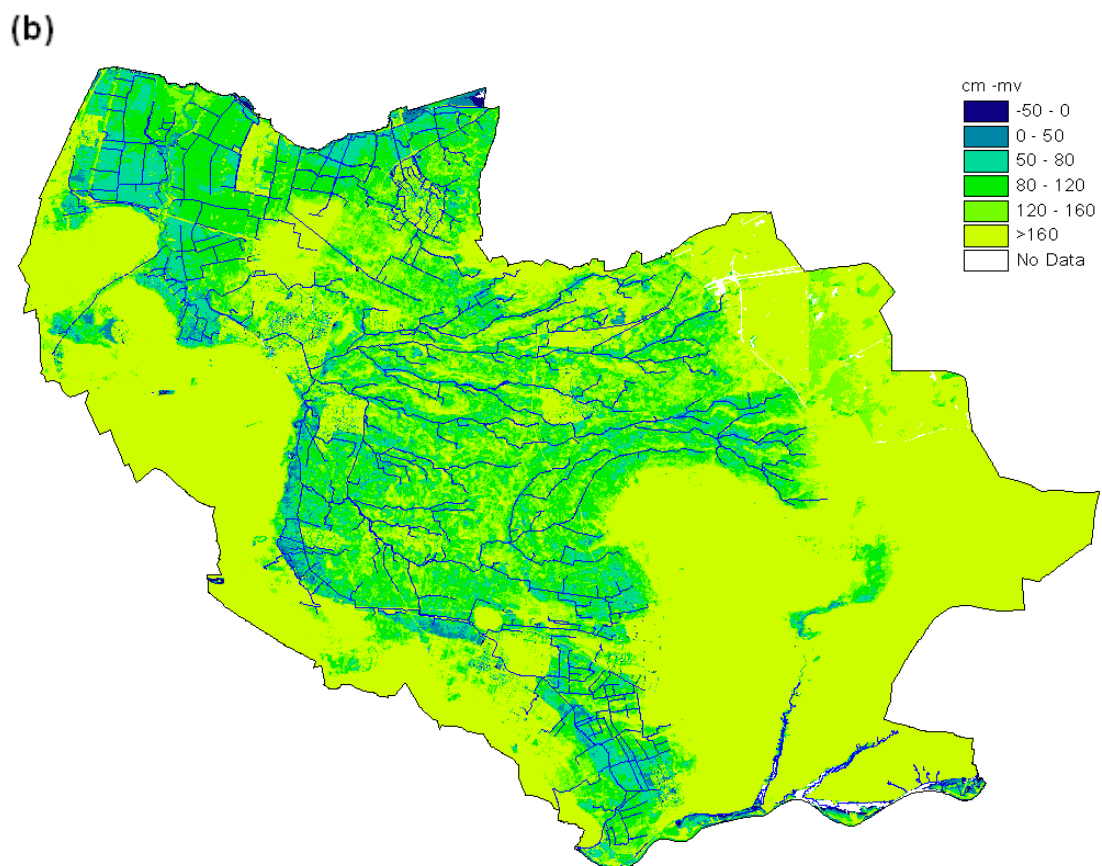
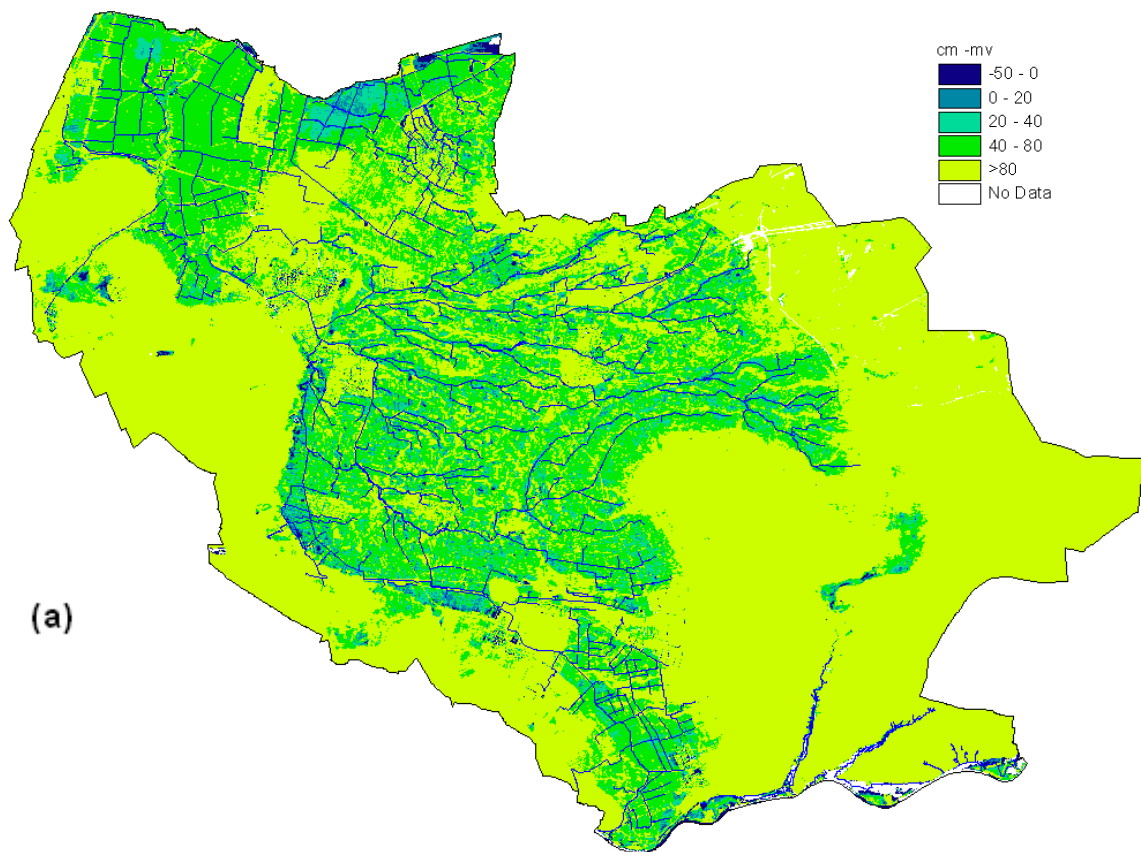
Droogteschade in de landbouw wordt berekend met behulp van de in het Waternood-instrumentarium opgenomen HELP-tabellen. Invoer is de door hydrologische modellen⁴ berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG, zie Figuur 21b). Uit Figuur 22 blijkt dat er in de agrarische gebieden - afgezien van enkele kleine locaties - geen knelpunten voorkomen. De droogteschade ligt in de huidige situatie overal beneden de 25%.

Door de provincies Gelderland en Utrecht zijn aan praktisch alle natuurgebieden natuurdoeltypen toegekend. Met behulp van het Waternoodinstrumentarium is de doelrealisatie berekend. Invoer is de door hydrologische modellen berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG, zie Figuur 21b) en de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG, zie Figuur 21a). De doelrealisatie is voor veel natuurgebieden onvoldoende door te lage grondwaterstanden (Figuur 23). Het gebied ten zuiden van Maarsbergen heeft ook een te lage doelrealisatie, maar het betreft hier echter geen grondwaterafhankelijke natuur.

De HEN- en SED-wateren binnen het beheersgebied van het Waterschap Vallei & Eem omvatten beken die aan de zuidkant van de Veluwe ontspringen. Een van de criteria voor het bepalen van de doelrealisatie is de afvoervariatie. De Oliemolenbeek en de Halveradsebeek voeren langdurig geen water af en vallen onnatuurlijk droog. Als gevolg hiervan is de doelrealisatie in de huidige situatie ruim onvoldoende. Voor de overige beken is watertekort niet de hoofdoorzaak van een achterblijvende doelrealisatie in de huidige situatie.

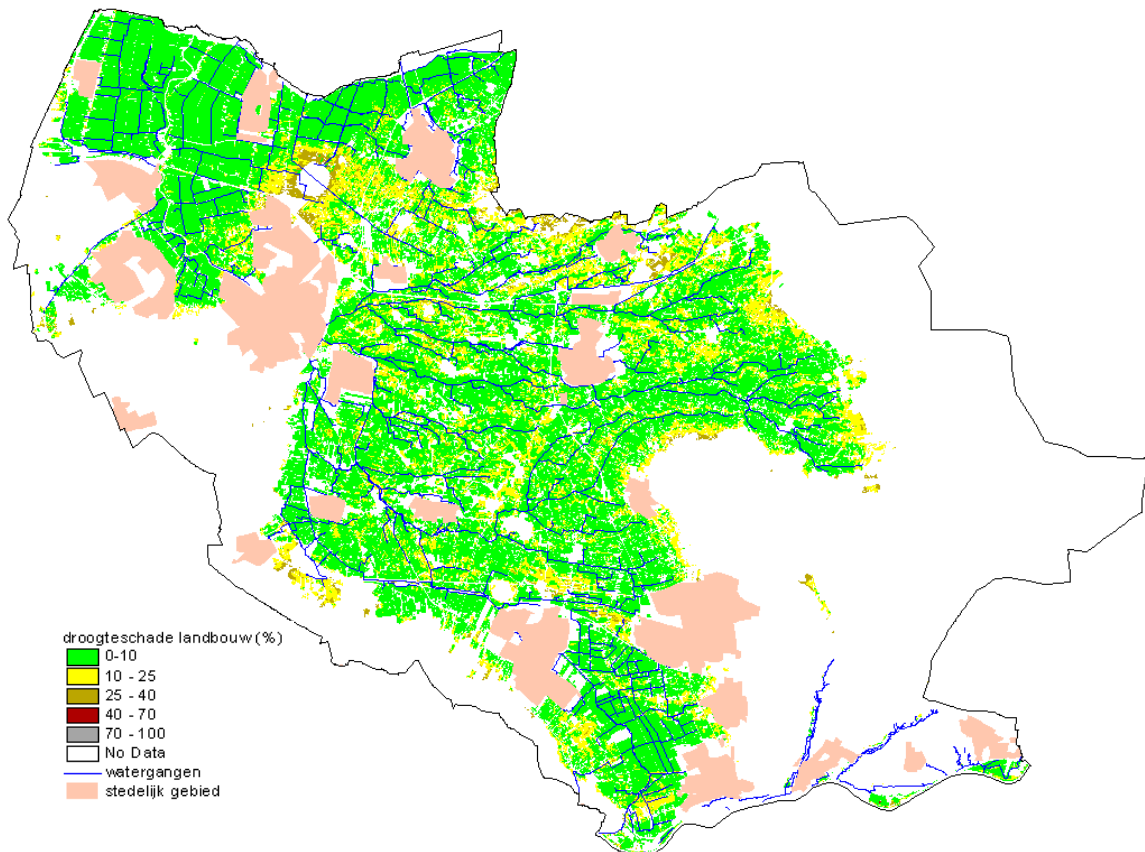
Bebouwd gebied is buiten beschouwing gebleven in de GGOR-studie. Wel kan opgemerkt worden dat in waterrijk stedelijk gebied zoals wijken in Bunschoten en Amersfoort lage oppervlaktewaterstanden in de zomer leiden tot klachten met betrekking tot de beleving van water.

⁴ Op enkele locaties worden de door de hydrologische modellen berekende GXG's onrealistisch geacht. Voor het gebied ten noordoosten van de Harskamperweg is gebruik gemaakt van GXG-kaarten van Alterra (Witteveen+Bos, 2008)

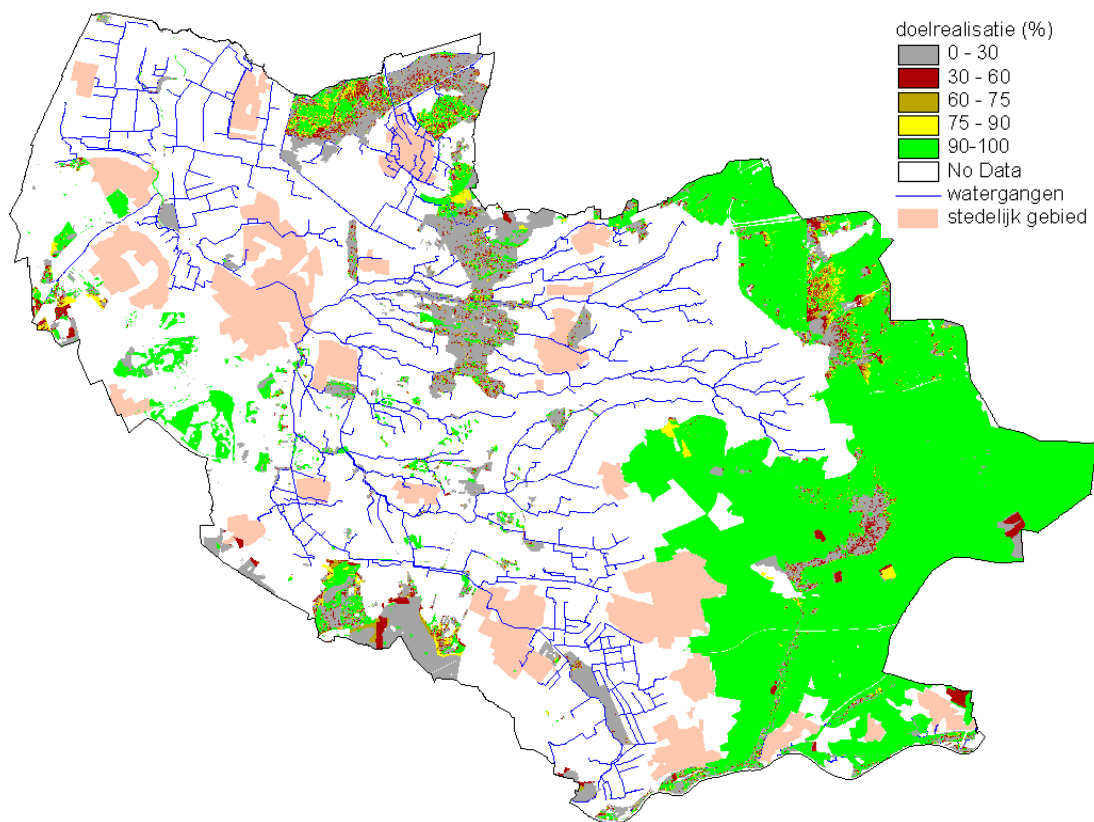


Figuur 21: GVG (a) en GLG (b) voor de huidige situatie.





Figuur 22: Droogteschade voor de landbouw voor de huidige situatie.



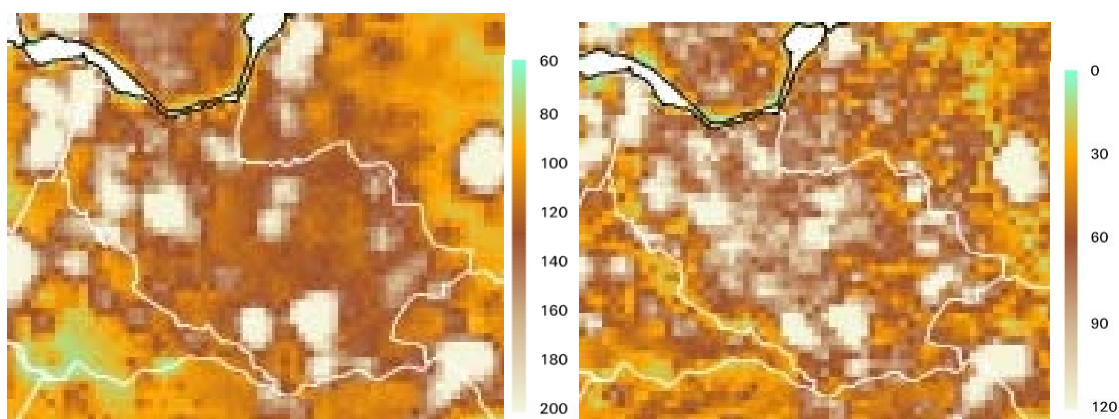
Figuur 23: Doelrealisatie Natuur voor de huidige situatie.

6.2.2 Extremen

In studies met betrekking tot droogte, waarvan de Droogtestudie Nederland (RWS-RIZA, 2005) de bekendste is, wordt vaak gewerkt met karakteristieke droogtejaren. Deze droogtejaren zijn geselecteerd op basis van de gecombineerde kansverdeling van het voorkomen van een neerslagtekort en een (lage) rivieraanvoer (KNMI/RWS-RIZA, 2004). Tabel 5 geeft een overzicht van de karakteristieke droogtejaren die zijn gebruikt in de Droogtestudie Nederland.

Tabel 5: droogtejaren met herhalingsjaren voor het neerslagtekort (bron KNMI / RWS-RIZA, 2004)

| Droogtejaar | Omschrijving | Neerslagtekort (mm) | Herhalingsjaren (jaren) neerslagtekort |
|-------------|----------------------|---------------------|--|
| 1967 | gemiddeld droog jaar | 151 | 2,5 |
| 1996 | matig droog jaar | 199 | 6,7 |
| 1959 | droog jaar | 227 | 12 |
| 1949 | zeer droog jaar | 352 | 71 |
| 1976 | extreem droog jaar | 361 | 90 |



Figuur 24: cumulatief verdampingstekort (mm) voor januari t/m juni 2003 (links) en cumulatief verdampingstekort (mm) voor juli en augustus 2003 (rechts) (bron: www.waterwatch.nl).

Het jaar 2003 waarin ook diverse problemen ontstonden ten gevolge van droogte is niet meegenomen in de Droogtestudie Nederland. Dit jaar had een neerslagtekort van 217 mm en een herhalingsjaren van 10 jaar.

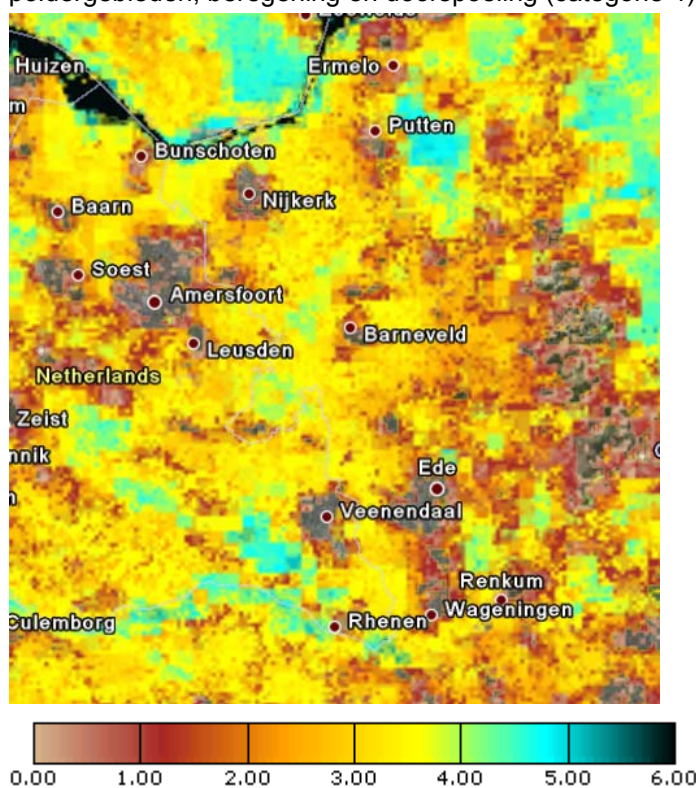
WaterWatch (www.waterwatch.nl) heeft met behulp van satellietbeelden voor heel Nederland de potentiële en actuele verdamping uitgerekend voor het droge jaar 2003. Het verschil tussen beiden, het verdampingstekort, is een directe maat voor het tekort aan water in de bodem. Figuur 24 geeft een overzicht van het cumulatieve verdampingstekort voor het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem. In de periode van januari t/m juni is het verdampingstekort in het hele beheersgebied reeds 100 tot 140 mm. Uit de beelden van juli en augustus is op te maken dat de bossen op de Utrechtse heuvelrug, rond de Planken Wambuis en bij Harskamp het met een verdampingstekort van 20 tot 40 mm goed doen. De heidegebieden gelegen tussen de bosgebieden hebben het zwaar te verduren met verdampingstekorten die tot 120 mm oplopen. Ook het landbouwgebied in het hart van de Gelderse Vallei heeft het in de zomer van 2003 een duidelijk tekort aan bodemvocht en behoort samen met de Groningse Veenkoloniën tot de droogste gebieden van Nederland.



Het waterschap heeft in 2003 veel klachten ontvangen over watertekorten. Vooral het gebied rond Achterveld en de polders rond Bunschoten hebben een tekort aan vocht waardoor de verdamping sterk gaat reduceren. De biomassaproductie van de weilanden rond Bunschoten is in januari t/m juni redelijk, maar in de zomer treedt er reductie op waardoor de grasproductie grotendeels stil komt te liggen. Ondanks dat Bunschoten als een kwelgebied bekend staat, blijkt dat in droge zomers het bodemvocht niet op voldoende niveau kan worden gehouden. Ook het vlakke gebied rond de Barneveldse- en Lunterse Beek is in de zomer van 2003 te droog geweest, op enkele kwelgebieden na. Het streefpeil van de beken kon ternauwernood (Barneveldse Beek) tot niet (Lunterse Beek) worden gehandhaafd.

Met twee hittegolven was ook juli 2006 uitzonderlijk droog. Figuur 25 toont een verdampingsbeeld voor deze periode. Hieruit blijkt dat de landbouwgebieden ten oosten van Barneveld en de landbouwgebieden ten noordoosten van Ede een behoorlijke verdampingsreductie laten zien als gevolg van vochttekort.

Het waterschap heeft de mogelijkheid water aan te voeren vanuit de Randmeren en vanuit de Nederrijn. De landelijke verdringingsreeks bepaalt hoe het beschikbare water in de door het Rijk beheerde wateren wordt verdeeld in tijden van watertekort. De reeks is van toepassing op alle Rijkswateren. In Figuur 26 is de landelijke verdringingsreeks opgenomen. Binnen de categorieën 1 en 2 is sprake van een door het Rijk vastgestelde prioriteitsvolgorde. Binnen de categorieën 3 en 4 is er ruimte voor een regionale prioritering op basis van minimalisatie van de economische en maatschappelijke schade. Voor het IJsselmeergebied is de verdringingsreeks op regionaal niveau uitgewerkt. De maximale inlaatcapaciteit voor het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem vanuit de Randmeren is met 1,1 m³/s gering. Er zijn 3 hoofd-inlaatpunten: Veendijk/Westveen, Nijkerk en Nulde. Het ingelaten water wordt gebruikt voor peilhandhaving in de veengebieden (categorie 1) en het op peil houden van overige poldergebieden, beregening en doorspoeling (categorie 4).



Figuur 25: Verdamping (mm/dag) gemiddeld voor 17, 19 en 21 juli 2006 (bron: www.waterwach.nl)



Voor de Nederrijn is de verdringingsreeks nog niet op regionaal niveau uitgewerkt. De provincie Gelderland is wel van plan dit op korte termijn in gang te zetten. Voor Waterschap Vallei & Eem is het erg belangrijk dat er waterakkoorden worden afgesloten voor waterinname uit de Nederrijn. In de droge zomer van 2003 is nog wel de maximale hoeveelheid van 2,5 m³/s ingelaten maar dit kostte de nodige overredingskracht van het waterschap richting de provincie. Waterinlaat vanuit de Nederrijn is bedoeld voor verdunning van RWZI-effluent in het Valleikanaal en de Eem, het op peil houden van de Heiligerbergerbeek en de Woudenbergse Grift, doorspoeling van de grachten van Amersfoort en beregening (alle categorie 4).



Figuur 26: Landelijke verdringingsreeks (Uit: Handreiking Watertekort en Warmte, Landelijke Commissie Waterverdeling, 2006).

6.3 Verwachtingen voor 2050-2100

6.3.1 GGOR

Zoals in §6.1 reeds vermeld ontstaat watertekort als de watervraag groter is dan het wateraanbod. Uit Figuur 27 blijkt dat voor alle KNMI'06 scenario's de potentiële verdamping in de zomer toeneemt. Voor alles scenario's neemt de watervraag dus toe. Uit de figuur blijkt ook dat het wateraanbod in de vorm van neerslag in de zomer volgens het G en W scenario licht toeneemt. Echter, volgens het G+ en W+ scenario zien we een forse afname van de neerslaghoeveelheid in de zomer. Bovendien kan het wateraanbod ook nog afnemen als gevolg van een beperking in de wateraanvoer vanuit de Randmeren en de Nederrijn. Kortom: het watertekort zal, zeker volgens de G+ en W+ scenario's, fors toenemen.

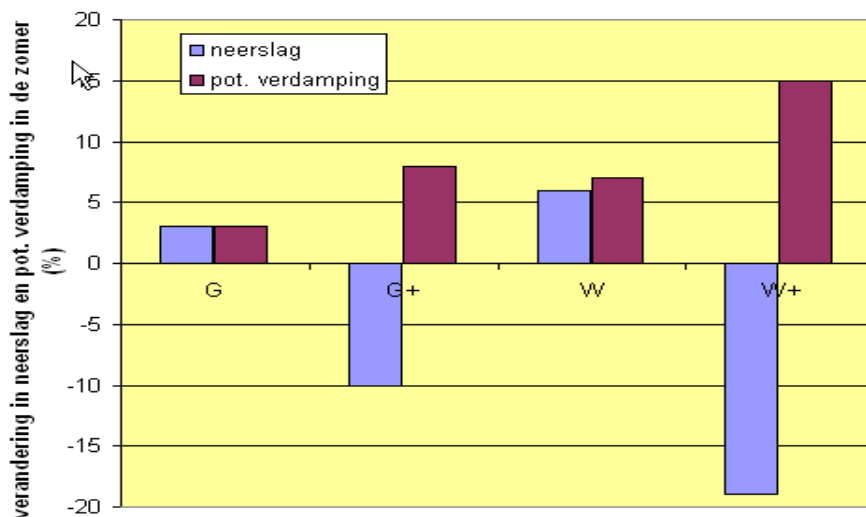
In het kader van deze klimaatverkenning zijn met behulp van hydrologische modellen⁵, die zijn gebruikt voor de GGOR-analyse, veranderingen in GVG en GLG berekend als gevolg van een veranderend klimaat. Figuur 28 geeft de resultaten weer voor het droogste scenario m.b.t. watertekort: het W+ scenario. De GLG neemt duidelijk af. In het lagere deel van het beheersgebied is deze afname maximaal 20 cm. Op de flank van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug kan deze afname oplopen tot meer dan 25 cm. De afname in de GVG is geringer en beperkt zich tot de hogere delen van het beheersgebied.

⁵ De berekende GXG's van vier modellen zijn samengevoegd. Op de Veluwe leidt dit tot een onrealistische overgang in de GXG waarden.



Voor het W+ scenario is met behulp van het Waternoodinstrumentarium de doelrealisatie bepaald voor natuur (Figuur 29). Hierbij is uitgegaan van het huidige landgebruik en de huidige natuurdoeltypen. Er is tevens een kaart opgenomen die aangeeft of de doelrealisatie in het W+ scenario beter of slechter wordt (Figuur 30). Voor het W+ scenario is met behulp van het Waternoodinstrumentarium ook de droogteschade voor de landbouw bepaald (Figuur 31). Het blijkt dat het W+ scenario maar op een gering aantal locaties extra droogteschade veroorzaakt.

In Bijlage I is ook voor de andere klimaatscenario's wijzigingen in GLG en GVG opgenomen. Volgens het G+ scenario neemt de GLG en GVG eveneens af, zij het in mindere mate. In het W en het G scenario nemen zowel GLG als GVG toe wat gunstig is voor de vermindering van de droogteschade in de landbouw en de doelrealisatie natuur.



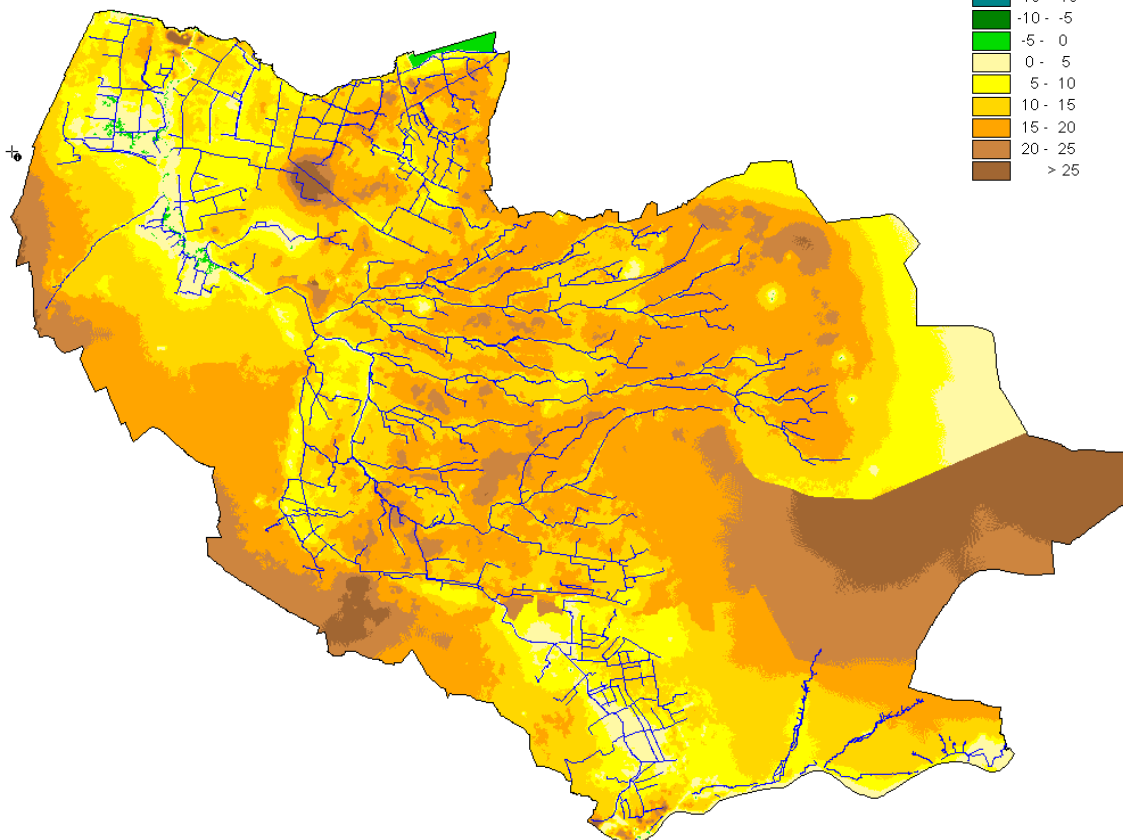
Figuur 27: verandering in de gemiddelde neerslag en potentiële verdamping in de zomer (%) zoals verwacht voor de KNMI'06 scenario's.

De HEN- en SED-wateren binnen het beheersgebied van het Waterschap Vallei & Eem zullen volgens het meest droge W+ scenario minder afvoeren en langduriger droogvallen als gevolg van lagere grondwaterstanden. Voor de Oliemolenbeek en de Halverdasebeek is dit aspect nu reeds problematisch. Nader onderzoek moet bepalen of deze wijzigingen in de afvoervariatie ook voor de overige beken een knelpunt gaan vormen bij het bereiken van de doelrealisatie. Ook het ecologisch functioneren van de zogenoemde natuurparels - meest vennen op de flanken van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug - kan bedreigd worden door droogte als gevolg van de afname van het neerslagoverschot volgens het W+ en G+ scenario.

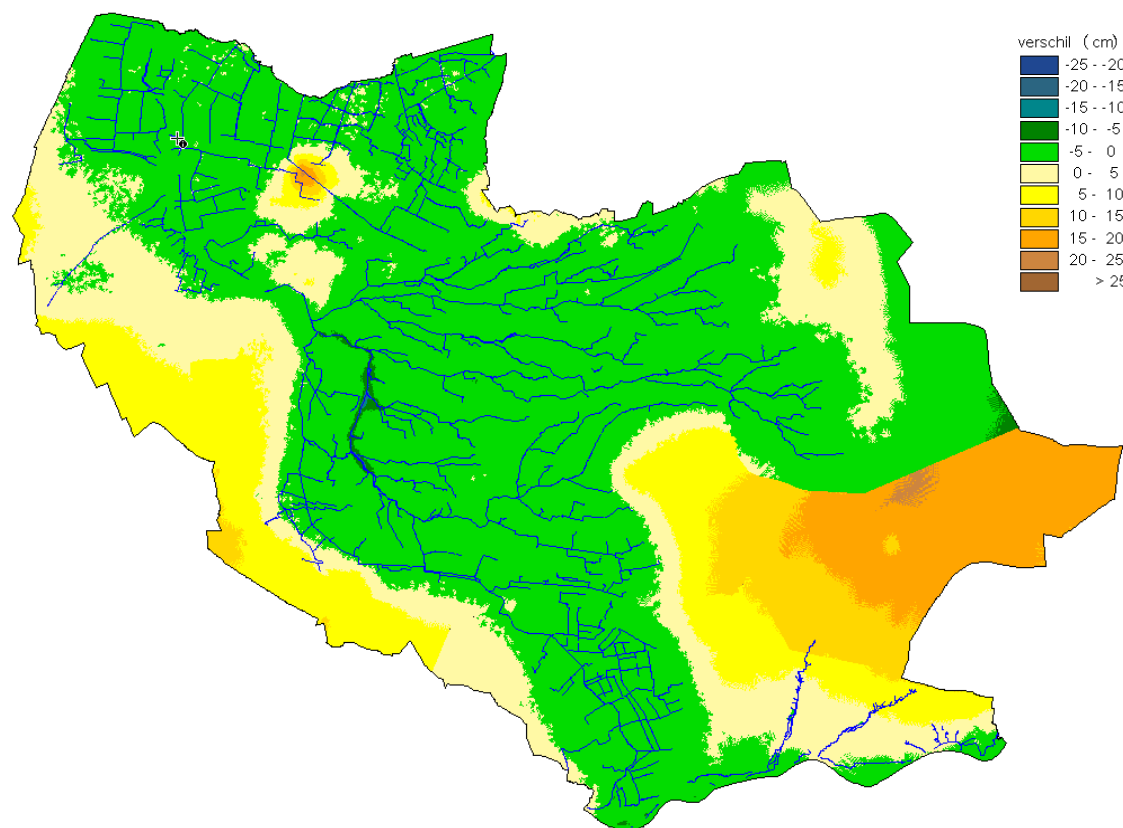
Een ander aandachtspunt is het functioneren van de Ecologische Verbindingszones. Door afnemende grondwaterstanden op de flanken van beide heuvelruggen neemt de afvoer van water via de beken af. Het functioneren van Ecologische Verbindingszones kan door het ontbreken van voldoende stroming, of zelfs droogval, bedreigd worden.

Tenslotte kan opgemerkt worden dat in waterrijk stedelijk gebied zoals wijken in Bunschoten en Amersfoort lagere oppervlaktewaterstanden in de zomer zullen leiden tot extra klachten met betrekking tot de beleving van water. Dit zijn echter gebieden waar momenteel nog een aanvoermogelijkheid is. Echte problemen worden verwacht waar deze mogelijkheid ontbreekt.

(a)

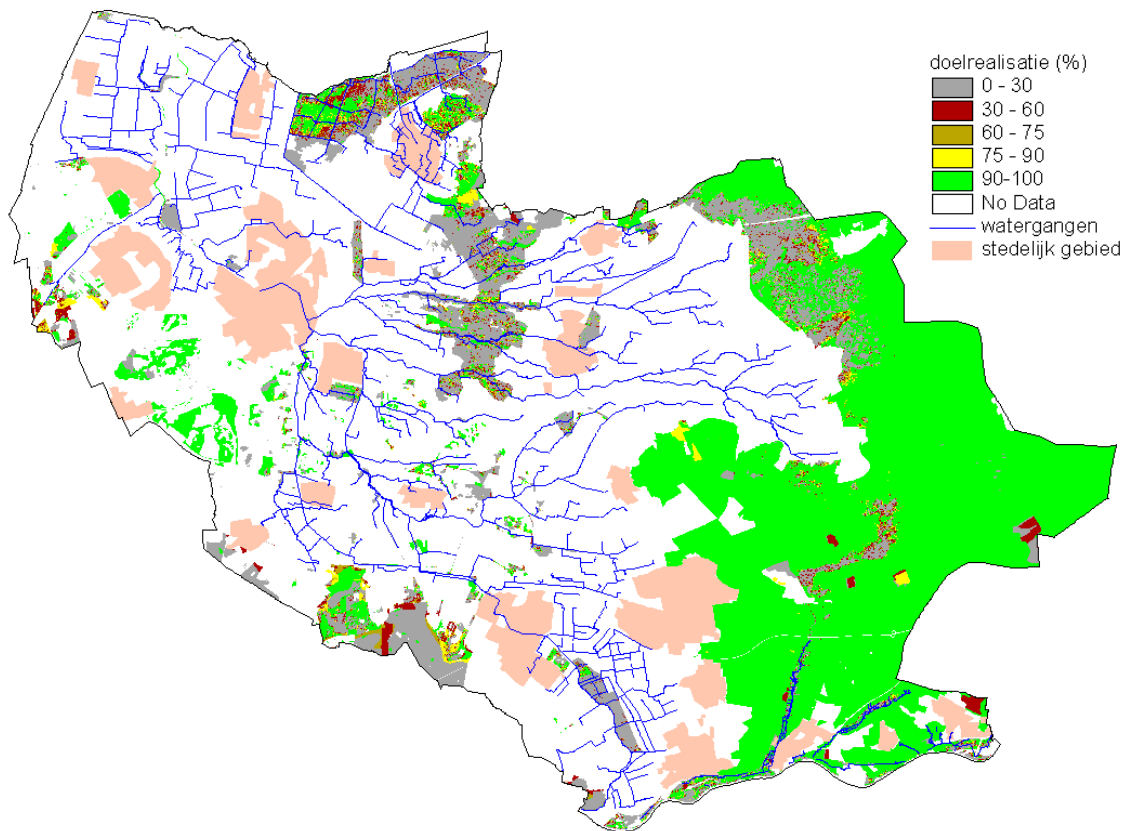


(b)

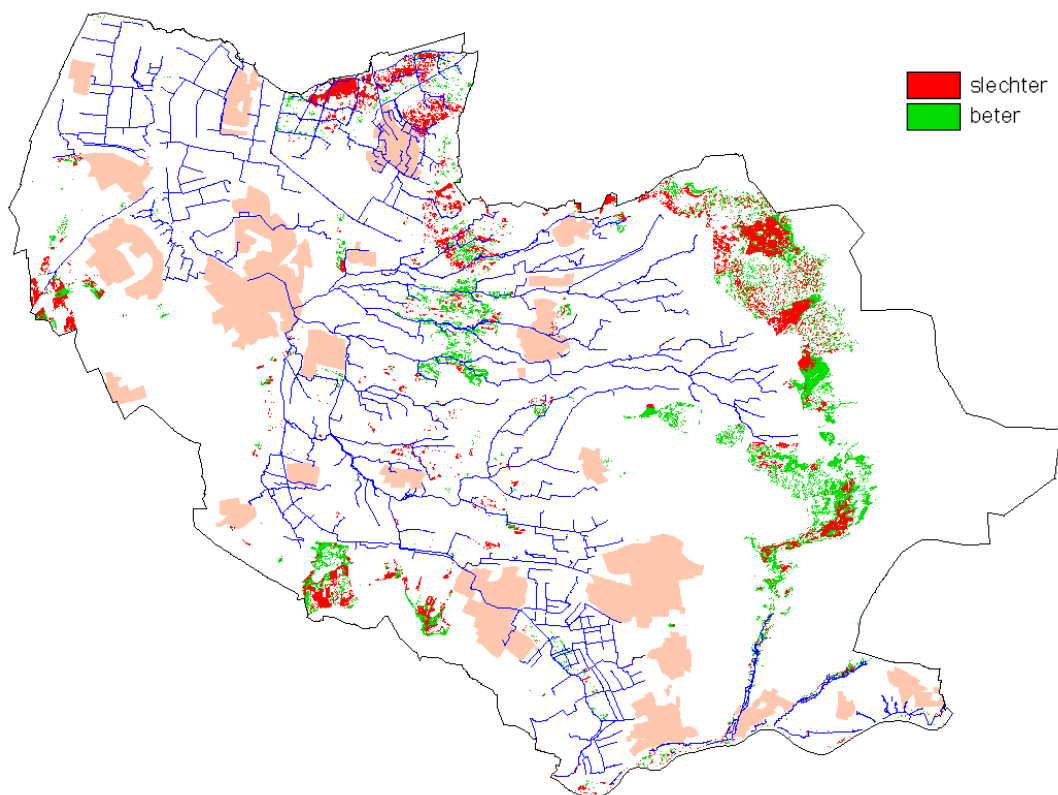


Figuur 28: verschil in GLG (a) en GVG (b) voor het W+ scenario en het huidige klimaat (blauw wordt natter, bruin wordt droger).

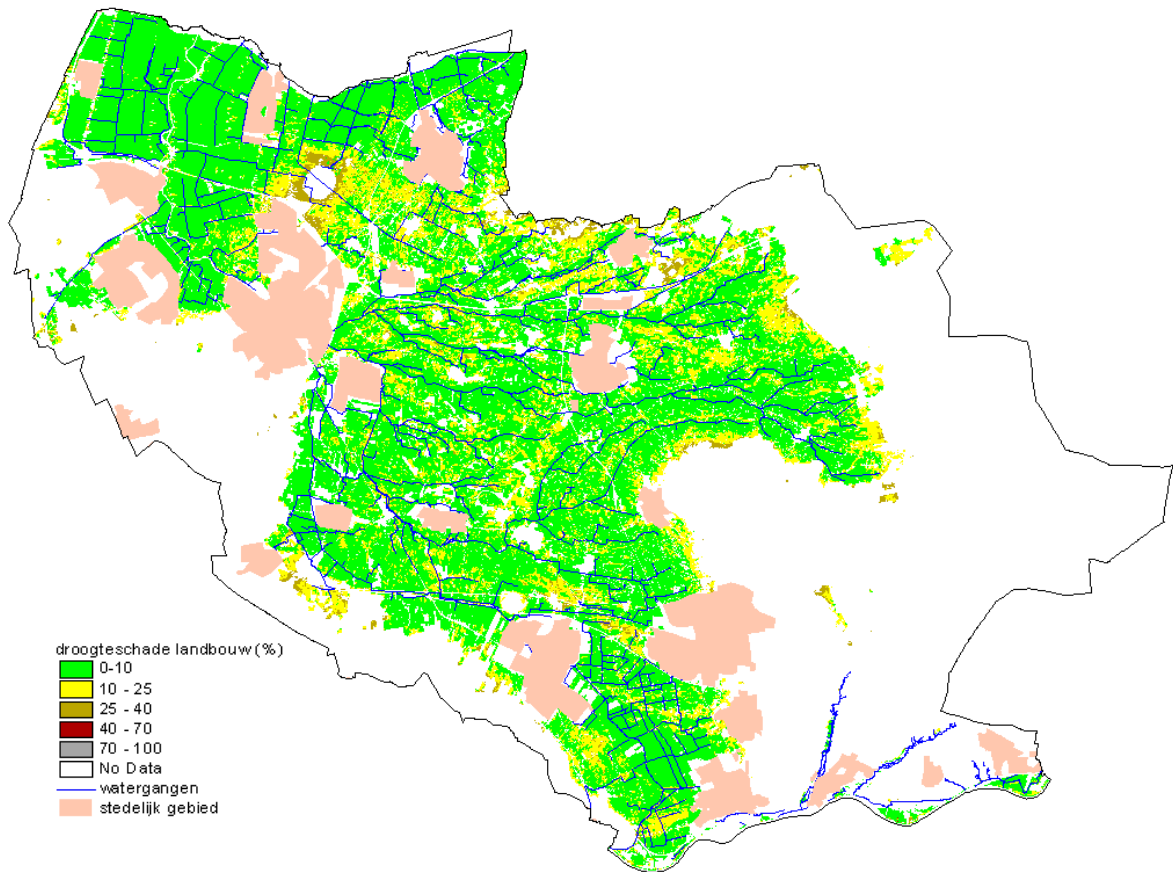




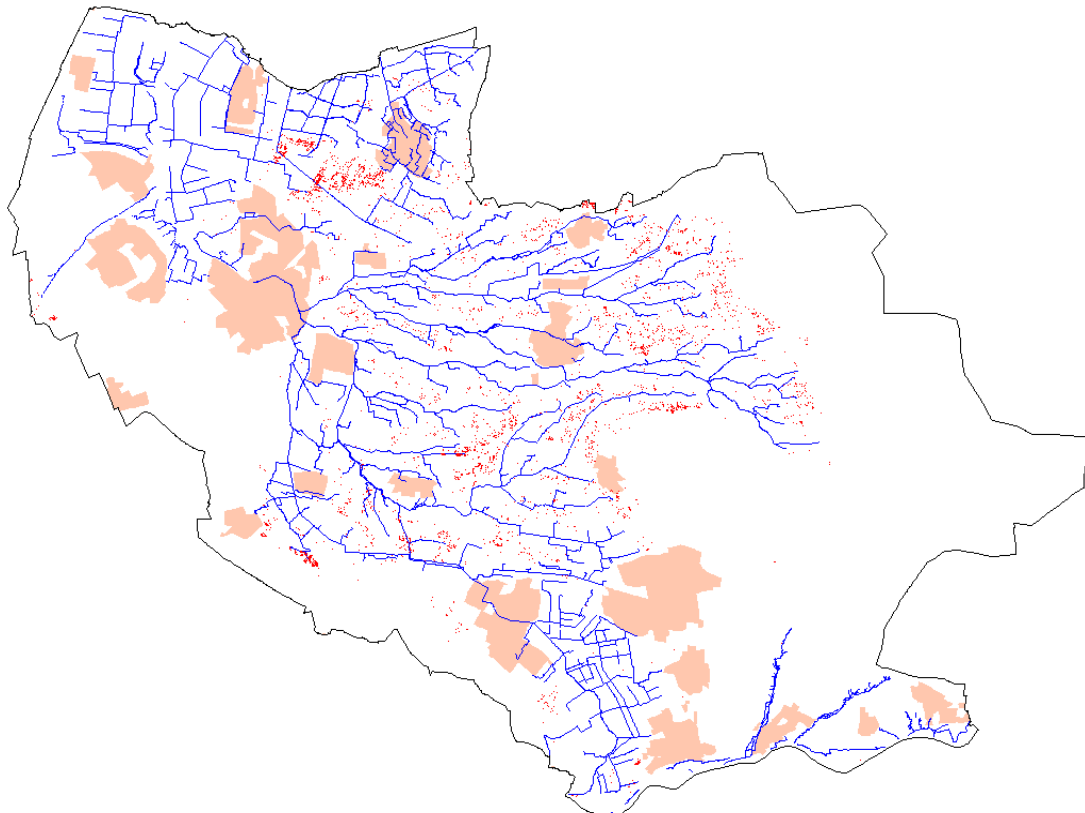
Figuur 29: doelrealisatie natuur voor het W+ scenario.



Figuur 30: verandering in doelrealisatie natuur volgens het W+ scenario ten opzicht van de huidige situatie.



Figuur 31: Droogteschade landbouw volgens het W+ scenario.



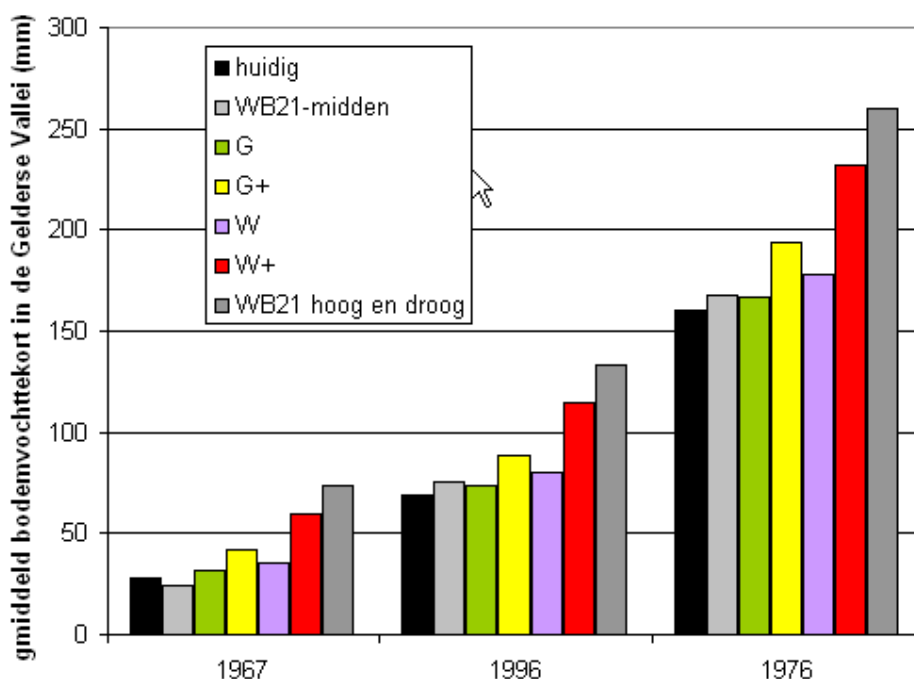
Figuur 32: Locaties (in rood) waar de droogteschade voor de landbouw volgens het W+ scenario meer dan 10% bedraagt en met 5% of meer is toegenomen ten opzichte van de huidige situatie.

6.3.2 Extremen

In de Droogtestudie Nederland (RWS-RIZA, 2005) is geconcludeerd dat grootschalige maatregelen als gevolg van toekomstige droogte volgens de WB21 scenario's waarschijnlijk niet nodig zijn. Naar aanleiding van de KNMI'06 scenario's is de Droogtestudie weer opgestart. De belangrijkste conclusies zijn nog steeds geldig: door klimaatverandering gaan de watertekorten de komende eeuw toenemen. Uit de nieuwe verkenning (RWS-RIZA, 2007) blijkt dat die toename volgens het G+ en het W+ scenario aanzienlijk forser uitvalt dan in de WB21-scenario's was aangenomen. De onzekerheid is nog te groot om nu al kostbare maatregelen te nemen om watertekorten tegen te gaan. Maar de Droogtestudie roept op om extra alert te zijn. Het is verstandig nu alvast te verkennen welke maatregelen genomen kunnen worden als blijkt dat de drogere klimaatscenario's doorzetten. Daarom wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar mogelijke maatregelen om watertekorten in het G+ en W+ scenario te voorkomen, en de kosten daarvan.

Droogtejaren zoals genoemd in §6.2.2 zullen vaker voorkomen. Het toonaangevende tijdschrift Nature meldde dat in 2040 een zomer als die van 2003 wel eens de "gemiddelde zomer" kan worden. Recente modelberekeningen voor de KNMI'06 scenario's uit de Droogtestudie Nederland (www.droogtestudie.nl) kunnen dienen ter ondersteuning van regionale analyses. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor de karakteristieke droogtejaren volgens Tabel 5. Figuur 33 geeft voor de karakteristieke droogtejaren 1967, 1996 en 1976 voor de Gelderse Vallei het gemiddelde bodemvochttekort volgens de verschillende klimaatscenario's.

Het is duidelijk dat volgens vrijwel alle klimaatscenario's het bodemvochttekort toeneemt. De toename is heel gering volgens het WB21-midden scenario (wat vergelijkbaar is met het G scenario). Volgens het W scenario neemt het bodemvochttekort iets meer toe. Volgens het G+ en het W+ scenario neemt het bodemvochttekort toe van 160 mm tot 230 mm voor een extreem droog jaar (1976). Opgemerkt moet worden dat het WB21 hoog en droog scenario het extreemste beeld geeft van de watertekorten rond 2050.



Figuur 33: gemiddeld bodemvochttekort (mm) in het groeiseizoen in de Gelderse Vallei voor de karakteristieke droogtejaren volgens verschillende klimaatscenario's.



In de toekomst zal de verdringingsreeks vaker in werking treden. Bovendien is het waarschijnlijk dat vanwege een toenemende watervraag elders minder water beschikbaar zal zijn voor Waterschap Vallei & Eem.

6.4 Knelpunten en adaptatiemaatregelen

In Figuur 34 zijn de watertekortknelpunten die ontstaan als gevolg van klimaatverandering en wijzigingen in de ruimtelijke ordening, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf, samengevat. Deze knelpunten vereisen een strategie hoe hier mee om te gaan. Vaak is meer dan één oplossingrichting mogelijk en zal een bestuurlijke afweging aangeven waar de voorkeur naar uitgaat. Om dit proces te faciliteren is een adaptatiematrix opgesteld. Deze is opgenomen in Bijlage II.

Maatregelen met betrekking tot het tegengaan van verdroging zijn beperkt mogelijk in het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem. Het deel van het beheersgebied waar water aangevoerd kan worden is beperkt. Echter, voor dit beperkte gebied is het wel belangrijk waterakkoorden af te sluiten. Het systeem wordt vooral gestuurd door water afkomstig van beide heuvelruggen. Maatregelen gericht op het verhogen van de infiltratie op deze heuvelruggen zijn het meest kansrijk.










Onderzoek heeft aangetoond dat het aanbrengen van extreme accoladeprofielen in detailontwatering niet of nauwelijks resulteert in het vergroten van de basisafvoer (HKV, 2007). Bovendien zijn de effecten van maatregelen vaak tegenstrijdig. Zo kunnen maatregelen gericht op verdrogingbestrijding grondwaterstanden wel toe laten nemen maar tevens als gevolg hebben dat kwel omslaat in wegzijging (HKV, 2007) en piekafvoeren toenemen. Een ander voorbeeld is dat maatregelen gericht op beekherstel kunnen leiden tot verdroging.

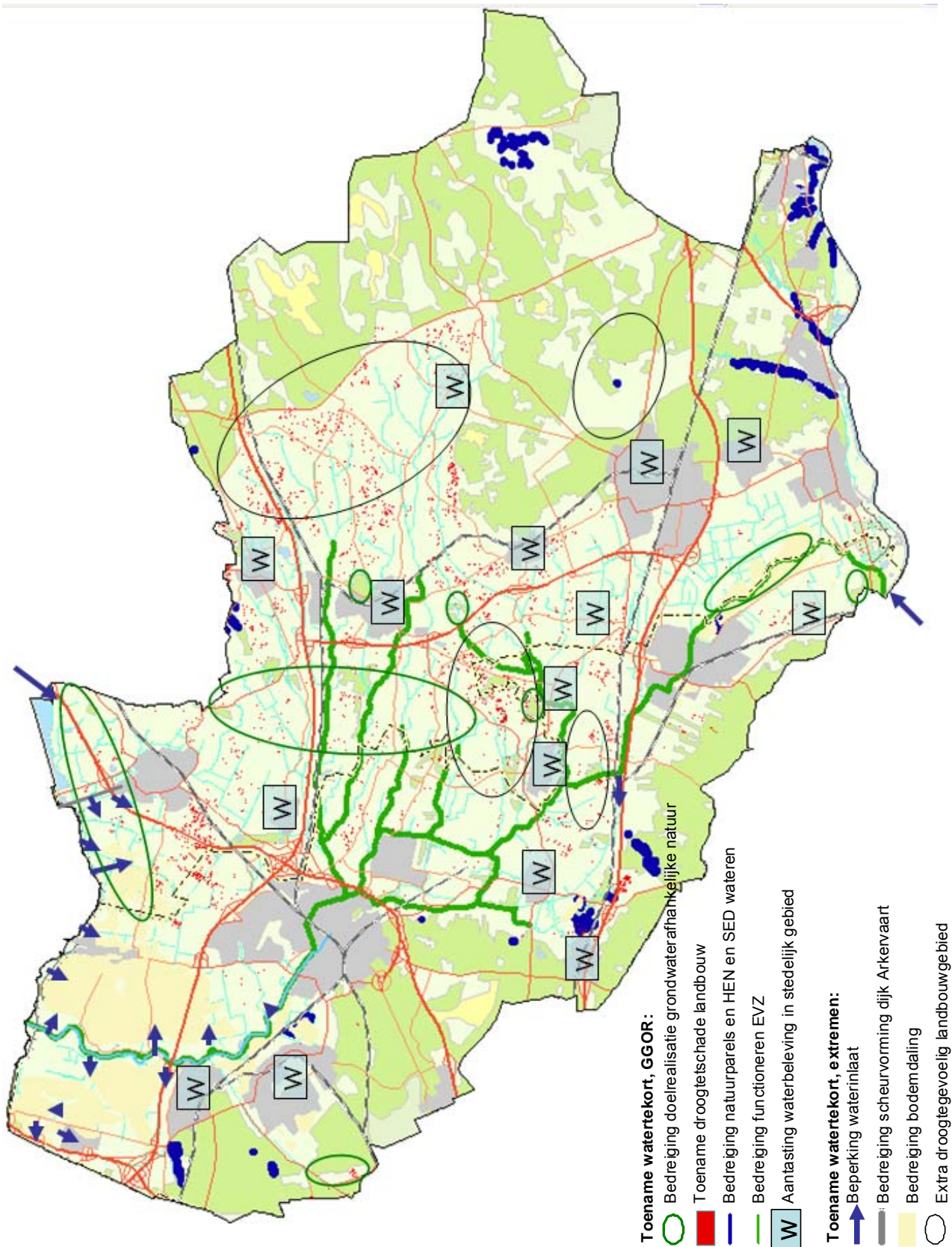
Ook voor droogte zal accepteren van schade en het aanpassen van natuur en landbouw aan drogere omstandigheden belangrijker worden.

In tabel 6 is per knelpunt weergegeven wat mogelijke adaptatiemaatregelen zijn. Deze adaptatiemaatregelen zijn geselecteerd uit de opgestelde adaptatiematrix (zie bijlage II). In bijlage III is een toelichting op de genoemde adaptatiemaatregelen te vinden.



Tabel 6: Knelpunten watertekort en meest relevante adaptatiemaatregelen (nummers verwijzen naar de adaptatiematrix).

| KNELPUNT: TOENAME WATERTEKORT | | ADAPTATIEMAATREGELEN |
|-------------------------------|---|---|
| | Deelsysteem, specificatie | |
| GGOR | Afname doelrealisatie grondwaterafhankelijke natuur  | Functie volgt peil (17) Meer infiltreren op Heuvelrug en Veluwe (1, 21, 35) Verhoging drainagebasis (2, 15, 49) |
| | Toename droogteschade landbouw  | Regulering (1, 47, 51) Verhoging drainagebasis (2, 15, 49) Tijdig inspelen op droogte (12, 16, 57) Meer infiltreren op Heuvelrug en Veluwe (1, 35) |
| | Bedreiging natuurparels en HEN en SED wateren  | Meer infiltreren op Heuvelrug en Veluwe (1, 21, 35) |
| | Bedreiging functioneren EVZ  | Accolade profielen (2) Meer infiltreren op Heuvelrug en Veluwe (1, 21, 35) Waterakkoorden (23) |
| | Aantasting waterbeleving in stedelijk gebied, geen wateraanvoermogelijkheid  | Accoladeprofielen (2) Conservering (7) Flexibel peilbeheer (16) |
| Extremen | Beperking waterinlaat  | Waterakkoorden (23) Droogte management (12) |
| | Bedreiging scheurvorming dijk Arkervaart  | wateraanvoer (12, 23) |
| | Toename bodemdaling  | wateraanvoer (12, 23) |
| | Vaker schade in extra droogtegevoelig landbouwgebied  | Regulering (1, 12) |



Figuur 34: Knelpuntenkaart watertekort.



7 Waterkwaliteit en Ecologie

7.1 Afbakening

Waterkwaliteit en ecologie hangen met elkaar samen en worden daarom integraal beschreven. Dit sluit ook aan bij de aanpak van de Kaderrichtlijn water (KRW). Over het algemeen is er nog weinig bekend omtrent waterkwaliteitsveranderingen als gevolg van klimaatverandering. Wel is duidelijk dat de waterkwaliteit nauw samenhangt met situaties van wateroverlast, watertekort en temperatuur waarover meer bekend is. Met deze aanknopingspunten zal dit hoofdstuk vooral een overzicht geven van alle aspecten rond het thema waterkwaliteit en klimaatverandering. Effecten op de ruimtelijk functies binnen het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem worden in beeld gebracht. De nadruk in dit hoofdstuk zal liggen op kwalitatieve uitspraken betreffende klimaatverandering en waterkwaliteit en ecologie.

7.2 Huidige situatie

7.2.1 Bronnen

Er zijn zeven rioolwaterzuiveringsinstallaties die hun effluent binnen het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem lozen. Dit gezuiverde effluent komt uiteindelijk in de Randmeren terecht. De RWZI Renkum loost direct op de Nederrijn. In de zomerperiode wordt de afvoer en de waterkwaliteit van het Valleikanaal en de Eem grotendeels bepaald door het effluent van zuiveringen en de inlaat van Rijnwater bij de Grebbesluis. Na langere periodes van droogte treden geregeld problemen op in de procesvoering van RWZI's, omdat de samenstelling van het rioolwater afwijkt. Dit heeft een negatief effect op de kwaliteit van het effluent.

Er zijn een groot aantal overstorten van het gemengde stelsel aanwezig in het beheersgebied. Uit onderzoek is gebleken dat ongeveer 60% van de overstortingen plaatsvindt in de maanden juli en augustus wanneer lokaal veel neerslag valt in korte tijd (WVE, 2005). In het buitengebied zijn niet alle panden aangesloten op de riolering. Lozingen op oppervlaktewater via industriële puntbronnen zijn nauwelijks aanwezig. Overigens hebben overstorten en huishoudelijke lozingen vooral een lokaal effect op de waterkwaliteit.

Een belangrijk punt van aandacht en zorg vormen de diffuse lozingen, onder andere vanuit het verkeer, stedelijk gebied, atmosferische depositie, landbouwgronden en boerenerven. In gebieden met (vroegere) intensieve landbouw zijn fosfaatverzadigde gronden aanwezig. De beken die het water uit deze gebieden afvoeren, bevatten in het najaar en winter hoge fosfaatconcentraties als gevolg van af- en uitspoeling. Dit probleem speelt bijvoorbeeld bij de Lunterse beek.

7.2.2 KRW en functies

In het kader van de KRW neemt het waterschap maatregelen om voor 2015 voor alle waterlichamen de Goede Ecologische Toestand te bereiken. In het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem zijn 19 waterlichamen onderscheiden.



De niet-prioritaire stoffen koper (Cu) en zink (Zn) voldoen in de grotere wateren niet aan de norm. De nutriëntengehalten, vooral het fosfaatgehalte, voldoen niet aan de norm die is afgeleid van de doelstelling van het water in kwestie. Daarnaast vormt het stromingsregime van een aantal beken een probleem voor het bereiken van een Goede Ecologische Toestand (GET). Het ontbreken van langdurig, voldoende stroming is het grootste knelpunt. Met name in de zomer en in het najaar kunnen stroomsnelheden te laag zijn. In 2003 zijn grote trajecten van de Brede Beek zelfs helemaal drooggevallen. Er zijn echter ook beken zoals de Grote en Kleine Valkse Beek met een relatief sterke voeding door kwel die het hele jaar voldoende water afvoeren.

Veel Ecologische Verbindingszones (EVZ's) zijn tevens aangewezen als KRW-waterlichaam. Via inrichtingsbeelden is een koppeling gemaakt tussen de KRW- en de EVZ-doelen. Vrijwel alle waterparels, HEN- en SED-wateren zijn geen waterlichamen volgens de KRW maar het waterschap is wel verantwoordelijk voor het goed ecologisch functioneren van deze wateren.

In een aantal Nederlandse zwemplassen veroorzaken hoge temperaturen problemen met betrekking tot blauwalgen. In het beheersgebied van Waterschap Vallei & Eem heeft dit probleem zich nog niet voorgedaan.

Het gebied waar water ingelaten kan worden is beperkt. Waterinlaat aan het begin van de Woudenbergse Grifft dient om enige doorspoeling te bewerkstelligen in de stadgrachten van Amersfoort. De kwaliteit van het water in stedelijk gebied wordt door Waterschap Vallei & Eem in samenwerking met de betreffende gemeenten in beeld gebracht door zogenoemde stadswaterscans.

7.3 Verwachtingen voor 2050-2100

7.3.1 Bronnen

Met betrekking tot de rioolwaterzuiveringsinstallaties is vooral de klimaatverandering in de zomerperiode van belang en het effect daarvan op watertekort (zie hoofdstuk 6). Minder mogelijkheden voor waterinlaat vanuit de Nederrijn betekent nog minder verdunning van het effluentwater van de RWZI's. Naar verwachting zal dit echter niet voor ernstige problemen zorgen daar er op korte termijn verbeteringen in het zuiveringsproces van de RWZI's voorzien zijn. De aandacht richt zich hierbij in het bijzonder op de verwijdering van fosfaat maar als neveneffect wordt tevens een verlaging van de gehalten koper en zink verwacht. Situaties met langere perioden van droogte, afgewisseld met hevige buien, kunnen echter de procesvoering op de RWZI's bemoeilijken en de kwaliteit van het effluentwater negatief beïnvloeden.

Als gevolg van langere perioden van droogte blijft het vuil langer in het rioolstelsel zitten. Met name bij de gemengde riolering heeft dit een negatief effect op de kwaliteit van het overstortwater. Bovendien zal de toename van het aantal hevige buien in de zomerperiode tot een verhoging van het aantal overstortingen leiden.

Met betrekking tot diffuse bronnen kunnen hogere grondwaterstanden volgens het W en G scenario leiden tot een toename van de uit- en afspoeling van fosfaat. Lagere grondwaterstanden volgens het W+ en G+ scenario zorgen voor het vrijkomen van nitraat en sulfaat dat vervolgens in het oppervlaktewater terecht komt. Ook de landgebruiksveranderingen met minder maïs en meer stedelijk gebied en verkeer kan leiden tot wijzigingen met betrekking tot diffuse bronnen in de periode tot 2100.



7.3.2 KRW en Functies

Er is te weinig informatie bekend om uitspraken te doen over het effect van klimaatverandering op concentraties aan niet-prioritaire stoffen en nutriëntengehalten van de waterlichamen. Dit geldt tevens met betrekking tot de functies EVZ, waterparel en HEN- en SED-wateren. Het is wel duidelijk dat volgens het G+ en het W+ scenario het ecologisch functioneren van veel beken bedreigd wordt door onvoldoende stroming of langdurige perioden van droogval (zie ook hoofdstuk 6). Voor vennen en poelen betekent een toename van het watertekort onvoldoende waterdiepte of droogval. Met name in combinatie met de voorziene toename van de temperaturen in de zomer kan dit het ecologisch functioneren van deze stilstaande geïsoleerde wateren ernstig bedreigen.

Door de temperatuurstijging in de zomer warmen ook de zwemplassen eerder op. In de diepe plassen zoals Zeumeren, Arlestrand en Overbosch treedt hierdoor eerder temperatuursgelaagdheid in de zomer op. Zowel voor ondiepe als diepe zwemplassen kan de stijging van de watertemperatuur in combinatie met eutrofiering leiden tot problemen met betrekking tot blauwalgen bloei.

Een afname van de beschikbaarheid van inlaatwater en minder toestroming vanuit het grondwater leidt in stedelijk gebied tot meer waterkwaliteitsproblemen als gevolg van stilstaand water en afnemende waterdiepten. Een toename van blauwalgen, kroos en flap is het gevolg. Ook botulisme en stank kan vaker op gaan treden. Dit is niet alleen schadelijk voor het ecologisch functioneren van de stadswateren maar is tevens nadelig voor de belevingswaarde van water.

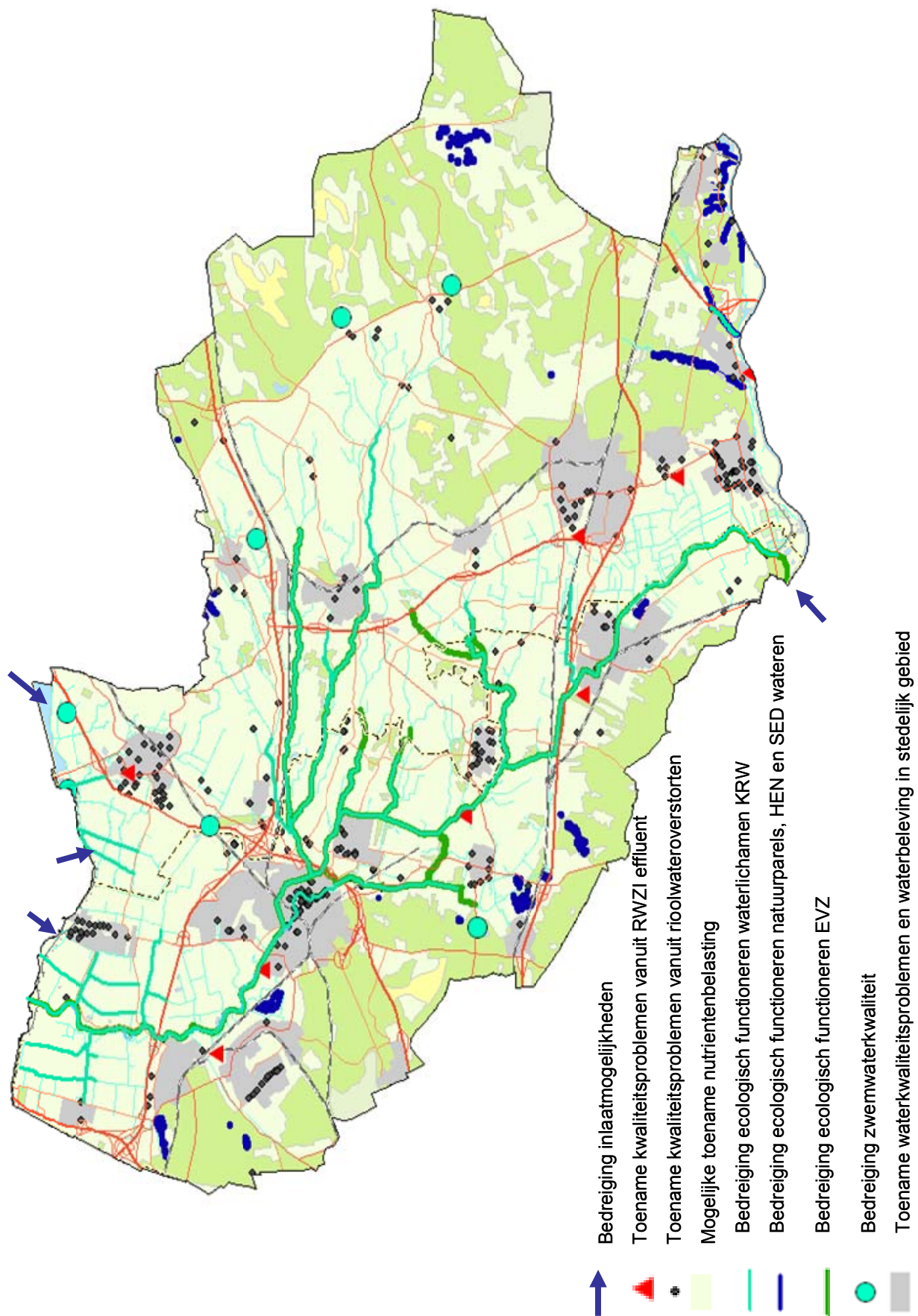
7.4 Knelpunten en Adaptatiemaatregelen

In Figuur 35 zijn de knelpunten op het gebied van waterkwaliteit en ecologie die ontstaan als gevolg van klimaatverandering zoals beschreven in de voorgaande paragraaf, samengevat. Zoals gezegd is nog veel onbekend en kan nader onderzoek de knelpunten concreter maken. Vaak is voor een knelpunt meer dan één oplossingrichting mogelijk. Het is een bestuurlijke afweging voor welke oplossing gekozen wordt. Om dit proces te faciliteren is een adaptatiematrix opgesteld, zoals te zien in bijlage II.

Mogelijke adaptatiemaatregelen hangen vooral samen met het tegengaan van watertekort. Daarnaast zijn maatregelen gericht op een betere doorstroming, saneren van riooloverstorten en baggeren effectief. Met name het aanleggen van vloeiveides gericht op een goede doorstroming van oppervlaktewater in stedelijk gebied moet nader onderzocht worden. Aan het zogenaamde afkoppelen van hemelwater is in de voorbije periode veel aandacht besteed. Het is de vraag of extra inspanning nog resultaat zal boeken.

In Tabel 7 is per knelpunt weergegeven wat mogelijke adaptatiemaatregelen zijn. Deze adaptatiemaatregelen zijn geselecteerd uit de opgestelde adaptatiematrix (zie bijlage II). In bijlage III is een toelichting op de genoemde adaptatiemaatregelen te vinden.













Figuur 35: Knelpuntenkaart waterkwaliteit en ecologie.



Tabel 7: Knelpunten waterkwaliteit en ecologie en meest relevante adaptatiemaatregelen (nummers verwijzen naar de adaptatiematrix).

| KNELPUNT: WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE | ADAPTATIEMAATREGELEN |
|---|--|
| Bedreiging inlaatmogelijkheden  | IJsselmeer als landelijke buffer (19) Inlaatafspraken (23) |
| Toename problemen rond procesvoering RWZI's na langere perioden van droogte  | |
| Toename aantal overstortingen met een slechtere waterkwaliteit (riolering)  | Saneren riooloverstorten (36, 9) Terugslagkleppen in riool (42) Afkoppelen (20, 22, 39, 46, 39, 55, 56, 58, 61) |
| Toename diffuse bronnen: toename af- en uitspoeling van nutriënten  | Regelgeving Grond aankopen als buffer (18) |
| Bedreiging ecologisch functioneren van waterlichamen, natuurparels, HEN- en SED-wateren en EVZ's   | Accoladeprofielen in watergangen (2) Grond aankopen als buffer (18) Meer infiltreren op stuwwallen (1, 35) Extensiveren onderhoud |
| Toename problemen m.b.t. zwemwateren  | Meer infiltreren op stuwwallen (1, 35) Baggeren (26) |
| Toename waterkwaliteitsproblemen in stedelijk gebied, aantasting belevingswaarde van water  | Baggeren (26) Meer doorstroming (16, 23, 33, 57) Meer infiltreren op stuwwallen (1, 35) |

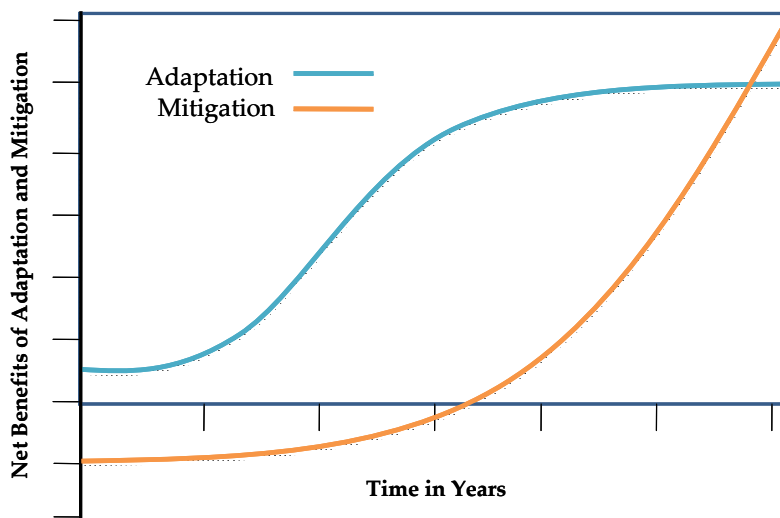


8.1 Achtergrond

Het is duidelijk dat de wereldwijd ingezette klimaatverandering niet direct valt te stoppen. Zelfs indien de uitstoot van broeikasgassen volledig tot nul gereduceerd zou worden, wat niet mogelijk is, zorgen de al aanwezige gassen in de atmosfeer voor een verdere opwarming van de aarde tot in de volgende eeuw. Voor de langere termijn is het echter noodzakelijk om te werken aan een verminderde uitstoot van broeikasgassen, ook wel mitigatie genoemd, om een nog verdere opwarming te voorkomen.

Eén van de grote politieke belemmeringen om concrete mitigatiemaatregelen te nemen, is dat investeringen in adaptatiemaatregelen redelijk snel voordelen bieden, terwijl mitigatiemaatregelen op de korte termijn alleen maar geld kosten (Figuur 36).

Een tweede complicerende factor is dat adaptatie lokaal werkt en mitigatie globaal. Zo heeft het KNMI onlangs gepubliceerd dat Nederland sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur (KNMI, 2008)⁶. Tegelijk is de Nederlandse⁷ uitstoot van CO₂ slechts 0.5% van het wereldtotaal (CDIAC, 2004). Met andere woorden, landen die het meest te lijden hebben onder klimaatverandering moeten investeren in adaptatiemaatregelen om te overleven, terwijl landen die weinig last hebben van klimaatverandering weinig noodzaak voelen om iets te doen aan mitigatie. Nederland is hiervan een typisch voorbeeld waar miljarden aan adaptatie worden uitgegeven, en mitigatie wel beleid maar geen praktijk is.



Figuur 36. Netto baten van adaptatie en mitigatie maatregelen.

De discussie over mitigatie beperkt zich vaak tot CO₂ alleen, terwijl er meerdere broeikasgassen bestaan (H₂O, CO₂, O₃, CH₄, N₂O, CFKs etc). Om deze met elkaar te vergelijken wordt

⁶ Het KNMI geeft hiervoor een aantal mogelijke verklaringen. (i) Meer westenwind aan het einde van de winter en begin voorjaar. (ii) Minder stofdeeltjes (aërosolen) door verminderde luchtverontreiniging sinds 1985. (iii) Minder bewolking in voorjaar en zomer door meer zuiden en oosten wind.

⁷ Emissie in Nederland van CO₂ equivalenten in 2006 was 186 miljard kg (Milieu en Natuur Compendium, 2007). <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/>



er vaak gebruik gemaakt van de term CO₂-equivalent. Deze meeteenheid wordt gebruikt om het opwarmend vermogen van broeikasgassen weer te geven. CO₂ is het referentiegas, waartegen andere broeikasgassen gemeten worden. Zo is het opwarmend vermogen van CH₄ 21 keer hoger dan dat van CO₂ bij een zelfde massa gas; 1 ton CH₄ komt dan overeen met 21 ton CO₂-equivalenten. Andere waarden zijn te vinden in de rapporten van het IPCC (2007).

8.2 Beleid

Op wereldschaal zijn mitigatie afspraken vastgelegd in het Kyoto protocol uit 1997. Het protocol verplicht Nederland om de uitstoot van broeikasgassen in de periode 2008-2012 met 6 procent te verminderen ten opzichte van het 1990 niveau.

Op Europees niveau is overeengekomen dat de uitstoot van broeikasgassen zal worden verminderd met 20% ten opzichte van het 1990 niveau. Nederland gaat in het Regeerakkoord (CDA, PvdA, ChristenUnie, 2007) verder dan de EU: ongeacht acties van andere landen streeft Nederland naar een doelstelling van 30% reductie van broeikasgassen in 2020 ten opzichte van 1990. Het kabinet zal nog bepalen hoeveel van deze reductie in eigen land moet worden behaald.

Van belang voor Waterschap Vallei & Eem is dat de Unie van Waterschappen in juli 2008 de 30% reductie doelstelling heeft overgenomen. In het "Actieplan Klimaat" van de Unie van Waterschappen (UVW, 2007) is het beleid op het gebied van mitigatie is verwoord als: *"Mede in kader van duurzaam waterbeheer, maatschappelijk verantwoord ondernemen en voorbeeldrol overheden met de waterschappen nadenken over wat we zelf kunnen doen aan het beperken van de klimaatveranderingen"*.

8.3 Concrete maatregelen

Interessant is dat in tegenstelling tot adaptatiemaatregelen, er nauwelijks concrete mitigatiemaatregelen worden beschreven die relevant zijn voor waterbeheerders. Er zijn een aantal grootschalige wetenschappelijke onderzoeksprogramma's, vooral in het kader van de subsidieregeling BSIK die zich richten op mitigatie, maar overzichten met mogelijke maatregelen voor waterschappen zijn nog niet beschreven.

Het meest concreet is het zogenoemde 'Optiedocument' (Daniëls, 2006) dat aan de hand van verschillende scenario's de technische mogelijkheden en de daarbij behorende kosten voor vermindering van de uitstoot van broeikasgassen tot 2020 schetst. Dit ECN/MNP noemt de vier belangrijkste maatregelen op basis van nationale kosteneffectiviteit en het potentieel om bij te dragen aan CO₂ reductie: (i) energiebesparing, (ii) kernenergie, (iii) hernieuwbare energiebronnen en (iv) CO₂-opslag. Het is duidelijk dat van deze vier maatregelen vooral de eerste en de derde relevant zijn voor het waterschap.

Een eerste indeling van mogelijke mitigatiemaatregelen die relevant voor het waterschap zijn, kan worden samengevat onder de volgende thema's:

1. Energiebesparing
2. Vermindering broeikasgasuitstoot door bodem/land.
3. CO₂ compensatie.
4. Alternatieve energieopwekking.



8.3.1 Energiebesparing

Energiebesparing is verreweg de meest effectieve manier van mitigatie. Het is goed om een onderscheid te maken tussen directe energiebesparing en energiebesparende maatregelen of investeringen.

Voor het waterschap zijn er een aantal mogelijkheden om direct energie te besparen. Als eerste zijn er de algemene maatregelen voor de gebouwen zoals verlichting en verwarming uitschakelen of een vermindering in gebruik en het terugdringen van fossiele brandstof gebruikende mobiliteit. Een concrete maatregel die het waterschap kan nemen is om bij beslissingen over de inzet van pompen/gemalen ook rekening te houden met de CO₂ uitstoot die dit met zich meebrengt. Zo zouden regiobeheerders bewust gemaakt kunnen worden door in het jaarlijkse waterbeheer verslag niet alleen mee te nemen hoeveel m³ zijn uitgeslagen of ingelaten, maar ook de hoeveelheid energie en CO₂ uitstoot dit heeft gekost, te noemen. Voor zuiveringsinstallaties kan een analoge aanpak gevolg worden.

Energiebesparende maatregelen/investeringen omvatten de zogenaamde standaard maatregelen zoals: isolatiemaatregelen voor gebouwen, de aanschaf van energiezuinige apparatuur, zuinige auto's. Waterschap specifiek kan weer worden gedacht aan de aanschaf van pompen en gemalen. Het zou goed zijn om bij de investeringbeslissing ook de CO₂ uitstoot specifiek mee te nemen.

8.3.2 Uitstoot bodem/land

Het is bekend dat kooldioxide (CO₂), methaan (NH₄) en lachgas (N₂O) emissies uit de bodem voor een groot gedeelte afhangen van de vochttoestand en dus het waterbeheer (Oenema, 2001). Voor wat betreft veengronden is vooral de uitstoot van CO₂ van belang, omdat onder droge omstandigheden meer organisch stof wordt gemineraliseerd. De huidige uitstoot van CO₂ van de 210.000 ha veengronden in Nederland wordt geschat op 4.6 miljoen Mg CO₂ per jaar (Alterra, 2008).

Ook voor graslanden wordt de emissie van methaan en lachgas beïnvloed door de grondwaterstand. Tabel 8 laat een voorbeeld zien waaruit blijkt dat mitigatie voor veengronden vooral bereikt kan worden door te zorgen voor nattere omstandigheden. Voor graslanden op zand en klei zijn drogere omstandigheden iets beter. Uit de tabel blijkt echter dat vooral veengronden gevoelig zijn voor verschillen in grondwaterstanden.

Een concrete mitigatiemaatregel die het waterschap zou kunnen nemen is om bij voorgenomen veranderingen in peilbeheer de invloed van uitstoot van broeikasgassen mee te nemen in de besluitvorming.

Tabel 8. Broeikasgasemissies van methaan en lachgas voor grasland zonder beweiding onder verschillende grondwatertrappen. Bron CLM, 2008.

| | Grondwatertrap | Methaan en lachgas (kg CO ₂ -eq ha ⁻¹) |
|--------------|----------------|--|
| Zand en klei | I tot V | 1727 |
| | VI | 1663 |
| | VII en VII* | 1604 |
| Veen | I | 1663 |
| | II en III | 1910 |



8.3.3 CO₂ compensatie

Het is voor het waterschap onmogelijk om geen broeikasgassen uit te stoten. Om als waterschap toch CO₂ neutraal te ondernemen, is het mogelijk om de uitstoot van broeikasgassen te compenseren. Er bestaat een breed scala van mogelijkheden om dit te doen. De twee meest belangrijke zijn: (i) het vastleggen van de geproduceerde CO₂ in bossen en (ii) het opwekken van niet-fossiele brandstof (zon, wind, water). Het principe van dit zogenoemde klimaat-neutrale ondernemen is dat dit vastleggen of opwekken van alternatieve energie niet zozeer in het eigen gebied hoeft te gebeuren, maar in andere landen en/of werelddelen kan plaatsvinden. Er zijn inmiddels tientallen adviesbureaus die hierop zijn ingesprongen en geraadpleegd kunnen worden hoe dit het best kan worden gedaan. De laatste paar jaar is er echter ook kritiek op deze CO₂ compensatie en is de duurzaamheid van de projecten en de certificering vaak ondoorzichtig.

8.3.4 Niet fossiele energieopwekking

Het gebruik van niet-fossiele energie is een effectieve, maar dure, mitigatiemaatregel. Het is de vraag of het waterschap zich zou moeten toelagen op het produceren van wind- en zonne-energie. Een logischere keus zou kunnen zijn om te overwegen om energie uit waterkracht te winnen. In Nederland zijn er enkele voorbeelden hiervan te vinden: Linne aan de Maas, Lith aan de Maas, ECI Roermond, Volmolen in Waalre, Hooydonkse molen bij Den Bosch, getijdencentrale Afsluitdijk, stuw bij Amerongen in de Nederrijn, Hagestein in de Lek, etc. Het waterschap zou kunnen evalueren of kleinere waterkrachtcentrales in beken die vanuit de hogere delen komen gerealiseerd kunnen worden.

Rioolwaterzuiveringen zijn binnen het waterschap vaak uitermate geschikt om mitigatiemaatregelen te treffen. Deze verbruiken vaak veel energie, maar bieden ook een goede mogelijkheid om biogas op te wekken. Een al vaak toegepaste methode is dat het slib dat na de zuivering overblijft, wordt gebruikt om biogas op te wekken voor de eigen energievoorziening. Nieuwe type bacteriën zijn ontwikkeld die dit nog efficiënter kunnen doen zodat rioolwaterzuiveringen zelfs netto energie opwekkers kunnen worden.



9 Hoe verder?

9.1 Afbakening

Deze verkennende klimaatstudie is uitgevoerd om gebaseerd op bestaande kennis, de klimaatstrategie van het Waterschap Vallei & Eem verder te ontwikkelen. In dit hoofdstuk wordt een eerste aanzet gegeven hoe het Waterschap de informatie uit deze verkennende studie mee kan nemen in diverse beleidsprocessen. Tevens wordt ingegaan op de instrumenten die het waterschap ter beschikking heeft en de mogelijke aanpak tot het daadwerkelijk klimaatbestendig maken van het beheersgebied. Ten slotte wordt aangegeven op welke punten nader onderzoek noodzakelijk is.

9.2 Beleidsprocessen, regels en initiatieven

Er zijn de laatste jaren een groot aantal landelijke beleidsprocessen en initiatieven in gang gezet die van belang zijn voor het tot stand komen van de klimaatstrategie van het waterschap. De meest relevante zullen hieronder kort worden toegelicht.

NBW Actueel. In 2008 wordt naar verwachting de NBW-toetsing van Waterschap Vallei & Eem door de provincies Gelderland en Utrecht vastgesteld. Deze toetsing is gebaseerd op het WB21-midden klimaatscenario. Omdat de inzichten over de wijze van toetsing en de te gebruiken klimaatscenario's gewijzigd zijn, zal in 2012 een nieuwe toets plaatsvinden op basis van de meest recente inzichten. In het NBW Actueel wordt voorgesteld om hiervoor de KNMI'06 klimaatscenario's te gebruiken en wordt per opgave aangegeven met welke klimaatscenario's rekening gehouden moet worden. Uitgaande van de gebiedsspecifieke resultaten van deze klimaatverkenning is het wenselijk om per opgave meer klimaatscenario's te evalueren om zo een beter inzicht te krijgen in kansen en risico's. Dit resulteert in een beter beargumenteerde keuze voor scenario's die uiteindelijk bij de toetsing betrokken worden. Beide aanpakken vereisen ondersteuning van nieuwe modelberekeningen. Het dagelijks bestuur dient dit te accorderen.

Droogteoverleggen. Waterschap Vallei & Eem neemt deel aan de regionale droogte-overleggen voor Noord-Nederland en voor Gelderland / Midden Nederland. Voor de regio Noord-Nederland is de landelijke verdringingsreeks uitgewerkt en gedetailleerd. Deze uitgewerkte afspraken moeten in de komende planperiode worden vastgelegd in een aangepast Waterakkoord met Rijkswaterstaat IJsselmeergebied. Met de regio Gelderland en Midden-Nederland zijn geen nadere afspraken gemaakt over de uitwerking van de reeks. De provincie Gelderland zal dit op korte termijn in gang gaan zetten. Met betrekking tot het belang van waterinlaat vanuit de Nederrijn is het van belang hierin te participeren.

Overlegplatform peilwijziging IJsselmeer en Randmeren. Zoals deze klimaatverkenning laat zien, heeft een eventuele peilverhoging van de Randmeren grote gevolgen voor het waterbeheer en de waterkeringen in het beheersgebied van waterschap Vallei & Eem. Rijkswaterstaat informeert en overlegt met de regionale waterbeheerders. Het is van belang dat het Waterschap Vallei & Eem dit bestaande overlegplatform gebruikt om de informatie uit de



klimaatverkenning te delen met Rijkswaterstaat en andere waterschappen. Momenteel beraadt het Waterschap zich op een standpunt, in lijn met het advies van de Deltacommissie, voor compartimentering van het IJsselmeergebied. Vervolgens moet het waterschap zich beraden op een actieve beïnvloeding richting het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat (ARK). In 2007 is dit nationale programma gestart om ons land aan te passen aan een gewijzigd klimaat. Op het niveau van de provincie Utrecht is ook een adaptatieprogramma opgezet waarbij actieve inbreng van inliggende gemeenten en waterbeheerders wordt gevraagd. Waterschap Vallei & Eem en gemeente Amersfoort hebben de ontwerppoging voor de wijken Vathorst-West en –Noord aangemeld als te ondersteunen project. Hier wordt een duurzaam, robuust en klimaatneutraal watersysteem ontworpen. Dit zal resulteren in een masterplan en waterstructuurplan. Deze plannen moeten door de besturen van de gemeente en van het waterschap worden vastgesteld. Het project zal als pilot inzicht kunnen verschaffen over de haalbaarheid van een klimaatneutrale waterketen, te gebruiken bij het opstellen van een gebiedsdekkende beleidsvisie.

Unie van Waterschappen Voorbeeldenboek. De Unie van Waterschappen heeft een voorbeeldenboek gepresenteerd over adaptatie- en mitigatieprojecten van waterschappen in Nederland. Onder het thema klimaat en beleid is de nu voorliggende klimaatstudie opgenomen. Dit soort initiatieven vestigt de benodigde aandacht op het thema klimaatverandering en Waterschap Vallei & Eem kan zijn voordeel doen bij uitwisseling van kennis en ervaring.

De toekomstige **NBW-toetsing in 2012** geeft goede aanknopingspunten om de opgave voor de thema's wateroverlast, watertekort, stedelijk gebied en waterkwaliteit nader te concretiseren. Naar aanleiding van het toetsresultaat kunnen voor bepaalde deelgebieden die extra bedreigd worden klimaatprojecten opgestart worden.

Deltacommissie. Op 3 september 2008 heeft de Deltacommissie het eindadvies 'Samen werken met water' overhandigt aan minister-president Balkenende en staatssecretaris Huizinga-Heringa van Verkeer en Waterstaat. De commissie onderscheidt concrete aanbevelingen voor de periode tot 2050, een duidelijke visie voor de periode tot 2100 en beschouwingen voor de lange termijn na 2100. Voor de korte en middellange termijn heeft de commissie 12 concrete aanbevelingen gedaan, die met name op het gebied van overstromingen en droogte van belang zijn voor het waterschap.

Een interessante stap die het waterschap zou kunnen nemen is lid worden van de **Vereniging Klimaatverbond Nederland**, ook wel kortweg Het Klimaatverbond genoemd. Deze organisatie is een dynamisch netwerk van gemeenten, provincies, en waterschappen, dat samenwerkt aan projecten, kennis uitwisselt en belangen behartigt om een effectief lokaal klimaatbeleid te verankeren, uit te voeren en zichtbaar te maken. Momenteel zijn 123 gemeenten, 11 provincies en één waterschap (Rivierenland) lid.

9.3 Instrumenten

Watertoets. De watertoets is het instrument waarbij de waterbeheerders een adviserende en toetsende taak uitvoeren binnen ruimtelijke procedures uit de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO). Een aantal van de in deze klimaatstudie voorgestelde adaptatiemaatregelen betreffen een ruimtelijke opgave en moeten via de watertoets worden geïmplementeerd. Een aandachtspunt is dat de rol van de watertoets verandert in de nieuwe WRO.



Peilbesluiten. Bij het opstellen van nieuwe peilbesluiten kunnen adaptatiemaatregelen, zoals bijvoorbeeld het toepassen van flexibel peilbeheer, formeel vastgelegd worden. In de toelichting kan worden aangegeven dat deze vorm van peilbeheer betere randvoorwaarden biedt voor de diverse functies in extreme situaties.

Keur. In 2009 zal het waterschap de keur aanpassen aan de nieuwe Waterwet. Wanneer duidelijk is dat bepaalde adaptatiemaatregelen met betrekking tot klimaatverandering erg effectief zijn, kan het waterschap overwegen deze maatregelen met het opnemen van gebods- of verbodsbepalingen in de keur te stimuleren. Het kan bijvoorbeeld gaan om het verbieden van de aanleg van diepe drainage en daarmee het stimuleren van een flexibel drainniveau. Hierbij kan overwogen worden om te differentiëren en bijvoorbeeld aan te sluiten bij intensiverings- en verwevingsgebieden uit de reconstructie.

Vergunningen. Via het al of niet verlenen van vergunningen kan het waterschap invloed uitoefenen op klimaatadaptaties. De toekomstige nieuwe bevoegdheid van het waterschap voor het verlenen van vergunningen voor kleinere grondwaterwinningen is een klimaatadaptatie met betrekking tot het thema watertekort. Lozingsvergunningen zijn een adaptatiemaatregel op het thema waterkwaliteit.

Pro-actieve houding. Het is van belang dat het waterschap met name op het gebied van de ruimtelijke ordening een pro-actieve houding aanneemt. Het waterschap moet haar kennis over de invloed van klimaatverandering op het watersysteem inbrengen bij provincies en gemeenten. Dit vraagt om inbreng van het waterschap bij de planfase van een nieuwbouwwijk maar ook in een discussie rond de toekomstige haalbaarheid van natuurdoelen.

Waterbeheersplan: Het thema klimaatverandering vormt een onderdeel van het concept waterbeheersplan 2009-2015. Dit plan geeft invulling aan de wateropgave uit het NBW. Deze opgave is gericht op de beperking van overstroming vanuit het oppervlaktewater. Vanwege het ontbreken van concrete opgaven op het gebied van andere vormen van wateroverlast, droogte en waterkwaliteit zijn deze thema's niet uitgewerkt. Wel is opgenomen dat er beleid over adaptatie en mitigatie zal worden ontwikkeld in de komende planperiode. Het is van belang dat het waterschap, ook bij het ontbreken van een concrete opgave, haar klimaatstrategie opneemt in het waterbeheersplan 2015-2021.

Voorlichting: Bewustwording is een belangrijk aspect bij klimaatverandering. Voorlichting aan ingelanden zou vooral moeten gaan over de relatie kosten en risico's. Kiezen we voor lage lasten met een groter risico op overstroming/droogte of hogere lasten met kleinere risico's.

9.4 Nadere uitwerking

De nadere uitwerking om tot een concrete klimaatstrategie te komen zou zich langs twee richtingen moeten ontwikkelen. Ten eerste is het van belang dat de klimaatstrategie een duidelijke regionale component heeft, rekening houdend met de belangen van alle ingelanden. Ten tweede zal de klimaatstrategie zich volgens thematische gebieden verder moeten ontwikkelen. Uiteraard kan alleen de integratie van zowel de thema's als de regionale aanpak leiden tot een duurzame succesvolle klimaatstrategie.

Voor wat betreft de regionale focus geven de verschillende knelpuntenkaarten uit dit rapport duidelijk aan waar regionaal de grootste uitdagingen liggen en met welke adaptatiemaatregelen



hier een mogelijke oplossing voor valt te vinden. Het is belangrijk dat deze knelpuntenkaarten verder gecommuniceerd worden om zodoende verbeteringen en verfijningen aan te brengen, maar ook om draagkracht te creëren.

Deze studie heeft voor de thematische aanpak de nadruk gelegd op de volgende vier thema's: (i) veiligheid tegen overstromingen, (ii) wateroverlast, (iii) watertekort en (iv) waterkwaliteit en ecologie.

- **Veiligheid tegen overstromingen** hangt nauw samen met de plannen voor het IJsselmeergebied. Het vraagt een aanpak in een breder verband en aansluiting op de plannen van de Deltacommissie. Samenwerking is hierbij van groot belang.
- Met betrekking tot **wateroverlast** zijn de knelpunten die klimaatverandering veroorzaakt redelijk in kaart gebracht. Met name in stedelijk gebied zullen de problemen toenemen en is een nadere uitwerking gewenst. Hier komen wateroverlast vanuit het grondwater, het oppervlaktewater en de riolering samen.
- **Watertekort** is tot nu toe onderbelicht geweest in de discussie rond klimaatverandering. De verkennende modelstudie heeft duidelijk gemaakt dat dalende grondwaterstanden een bedreiging gaan vormen voor natuurgebieden, het ecologisch functioneren van beken en stedelijk water.
- Rond het thema **waterkwaliteit en ecologie** en klimaatverandering is weinig bekend. Nader onderzoek is noodzakelijk met name in relatie tot watertekort en stedelijk gebied.

Met betrekking tot mitigatie heeft het waterschap de mogelijkheid om mitigerende maatregelen te treffen die klimaatverandering tegengaan. Een visie op een klimaatneutrale invulling van de waterketen vormt mogelijk een eerste stap.

9.5 Nader onderzoek

Kosten. Ter ondersteuning van het beleid is een kosten/baten analyse noodzakelijk om te bepalen of een maatregel wel of niet genomen moet worden. Een economische analyse van de vier klimaatscenario's, met voor elk scenario een aantal adaptaties, zou kunnen worden doorgerekend. Gezien de onzekerheid in de scenario's zal een globale kosten/baten berekening voldoen.

Risico's. Vanuit het waterbeheer is er traditioneel veel kennis en aandacht voor risico's en herhalingstijden/overschrijdingskansen. In de huidige klimaateffecten studies wordt er echter vaak alleen statisch naar de vier scenario's gekeken. Het is beleidsmatig interessant om meerjarige analyses (bijv. 30 jaar) van elk van deze vier scenario's te combineren tot één verdeling van kansen en risico's.

Waterkwaliteit en ecologie. Er zijn amper studies uitgevoerd die kijken naar de invloed van klimaatverandering op de waterkwaliteit en de ecologie. Een goede aanpak kan zijn om meetgegevens van extreme (droge en natte) jaren in het verleden te vergelijken met "normale" jaren. De resultaten van de extreme jaren kunnen dan als voorbeeld dienen voor bepaalde klimaatscenario's.

Stedelijk gebied. Naar verwachting zullen de problemen in stedelijk gebied toenemen zowel met betrekking tot wateroverlast, watertekort als waterkwaliteit. Dit moet nader geconcretiseerd worden. Een eerste stap hierin is de resultaten van eerdere inventarisaties en onderzoek centraal ter beschikking te krijgen. Samenwerking met gemeenten is hierbij belangrijk.



Watertekort. De problemen rond droogte die als gevolg van klimaatverandering gaan ontstaan, zijn nog niet duidelijk. De afvoeren van beken in relatie tot het ecologisch functioneren, de relatie met waterkwaliteit, de wateraanvoerbehoefte en de mogelijkheden hiertoe, vereisen nader onderzoek.

Kwel en natuurdoelen. Er kunnen grote veranderingen optreden in de mate van kwel in de lagere delen. Het beleid om het peil van de Randmeren drastisch te verhogen zal de kwel in het achterliggende land sterk doen toenemen. De geconstateerde wijzigingen in grondwaterstanden volgens de verkennende GGOR modelstudie wijzen tevens op sterke wijzigingen in kwel/wegzijing. Het is relevant dit te analyseren in samenhang met de doelrealisatie natuur en het eventueel aanpassen van natuurdoelen. Overigens is in de modelstudie geen rekening gehouden met veranderende randvoorwaarden en veranderend landgebruik. Een gedetailleerdere grondwaterstudie is dan ook gewenst.

Afvoer en extremen. De verkennende modelstudie is zeer inzichtelijk geweest met betrekking tot de effecten van klimaatscenario's op de het niveau van Gemiddelde Hoogste-, Voorjaars-, en Laagste grondwaterstand (GHG, GVG en GLG). De mogelijkheden zijn hiermee echter nog niet optimaal benut. Het is wenselijk om het oppervlaktewaterregime nader te analyseren en perioden met teveel of te weinig water nader te beschouwen. Dit zal het klimaatseffect op de doelrealisaties van watergebonden functies inzichtelijk maken en situaties van watertekort en wateroverlast concretiseren.

Bodem-water interactie. Er is weinig bekend over de interactie tussen bodem en openwater, terwijl met name door klimaatverandering hier kansen liggen. De buffercapaciteit van de bodem om water op te vangen tijdens extreme neerslag is zeer groot. Bovendien kan de bodem tijdens droogte zeer veel water vasthouden indien tijdig infiltratie wordt uitgevoerd. Daarnaast is de vochttoestand van de bodem erg belangrijk voor de hoeveelheid broeikasgasemissies.

Hitte-stress: De laatste jaren wordt door het ministerie van VROM in toenemende mate aandacht gevraagd voor de risico's van toegenomen volksgezondheidsproblemen bij toenemende hitte. In 2006 heeft de hitte een significante stijging van het aantal overlijdensgevallen opgeleverd door een lange hete periode. De bouwwijze in steden en het gebruik van groen en water daarbinnen kunnen onderdeel vormen van een adaptatiestrategie. Het waterschap zou hier een bijdrage kunnen leveren. Echter, op het moment is nog niet voldoende informatie voorhanden en is nader onderzoek is gewenst.

Voordelen. Klimaatverandering biedt ook mogelijkheden, kansen en voordelen. Deze zijn amper onderzocht en het zou goed zijn om hier nader naar te kijken.





- Aerts et al. 2008. Aandacht voor veiligheid. Eindrapportage (draft). IVM, Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam.
- Alterra. 2008. Bodemdegradatie veengebieden. http://www2.alterra.wur.nl/NL/cb/Onderzoek/Bodemdegradatie/ST_4_veengebieden.htm
- Bersselaar, van den D., M. Jaarsma, R. Loeve, P. Droogers. 2004. Mogelijkheden tot vasthouden van water in Flevoland. H2O Tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer 24:21-24.
- CDA, PvdA, ChristenUnie (2007), Coalitieakkoord tussen de Tweede Kamerfracties van CDA, PvdA en ChristenUnie, 7 februari 2007
- CDIAC. 2004. List of sovereign states by carbon dioxide emissions due to human activity. Carbon Dioxide Information Analysis Center. <http://cdiac.ornl.gov/>
- CLM. 2008. F.C. van der Schans, E.A.P. van Well, L. Vlaar. Prestaties, potenties en ambities Quickscan landbouw en klimaat. <http://www.clm.nl>
- CPB/MNP/RPB, 2006. Welvaart en leefomgeving. Rapportnummer 500081001. Centraal Planbureau/Milieu- en Natuurplanbureau/Ruimtelijk Planbureau, Den Haag/Bilthoven.
- Cultuurtechnisch Vademecum. 2000. Handboek voor inrichting en beheer van land, water en milieu. Elsevier, Vereniging voor Landinrichting.
- Daniëls, B.W. en Farla, J.C.M. (coörd.) (2006), Optiedocument energie en emissies 2010/2020, ECN-C--05-105/MNP 7730001038, Petten/Bilthoven, maart 2006.
- Deltacommissie, 2008. Samen werken met water, een land dat leeft bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008.
- Droogers, P. en Loeve, R. 2005. Positieve en negatieve effecten van drainage; een analyse in het kader van "Eindadvies Berging en Afvoer" voor Wetterskip Fryslân. Wetterskip Fryslân. FutureWater rapport, Wageningen, 87p
- HKV, 2007. Onderzoeksvragen Waterschap Vallei & Eem.
- Hurk, B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsmen, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout. 2006. KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, KNMI Scientific Report WR 2006-01
- Immerzeel, W.W., P. Droogers. 2008. Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland. FutureWater Report 73.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007. The Fourth Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Assessment Report.
- KNMI, 1999. De Toestand van het klimaat in Nederland 1999. Climate report of KNMI, De Bilt, the Netherlands.
- KNMI, 2006. Climate Change in the 21st century: Four scenarios for the Netherlands; Brochure (16pp), Available from KNMI, PO Box 201, 3730 AE De Bilt, The Netherlands.
- KNMI. 2008. De toestand van het klimaat in Nederland 2008
- Landelijke Commissie Waterverdeling, 2006. Handreiking Watertekort en Warmte.
- Milieu en Natuur Compendium. 2007. <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/>
- Milieu en Natuur Planbureau (MNP), 2007. Nederland Later, Tweede Duurzaamheidsverkenning, deel Fysieke Leefomgeving Nederland. MNP-publicatienummer 500127001/2007.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000. Kabinetsstandpunt Anders omgaan met water: Waterbeleid in de 21^e eeuw.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000. Waterhuishouding in het Natte Hart, WIN-strategie als leidraad voor toekomstig waterkwantiteitsbeheer van het Natte Hart, Eindnota.

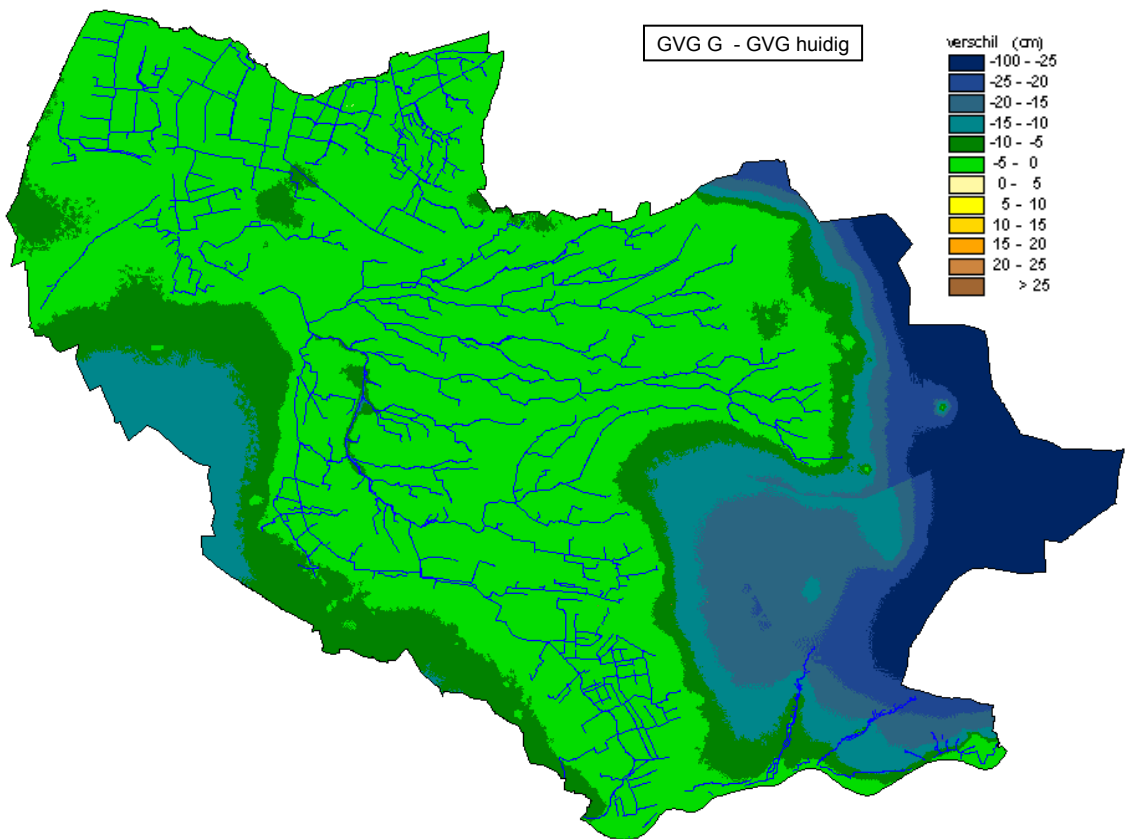
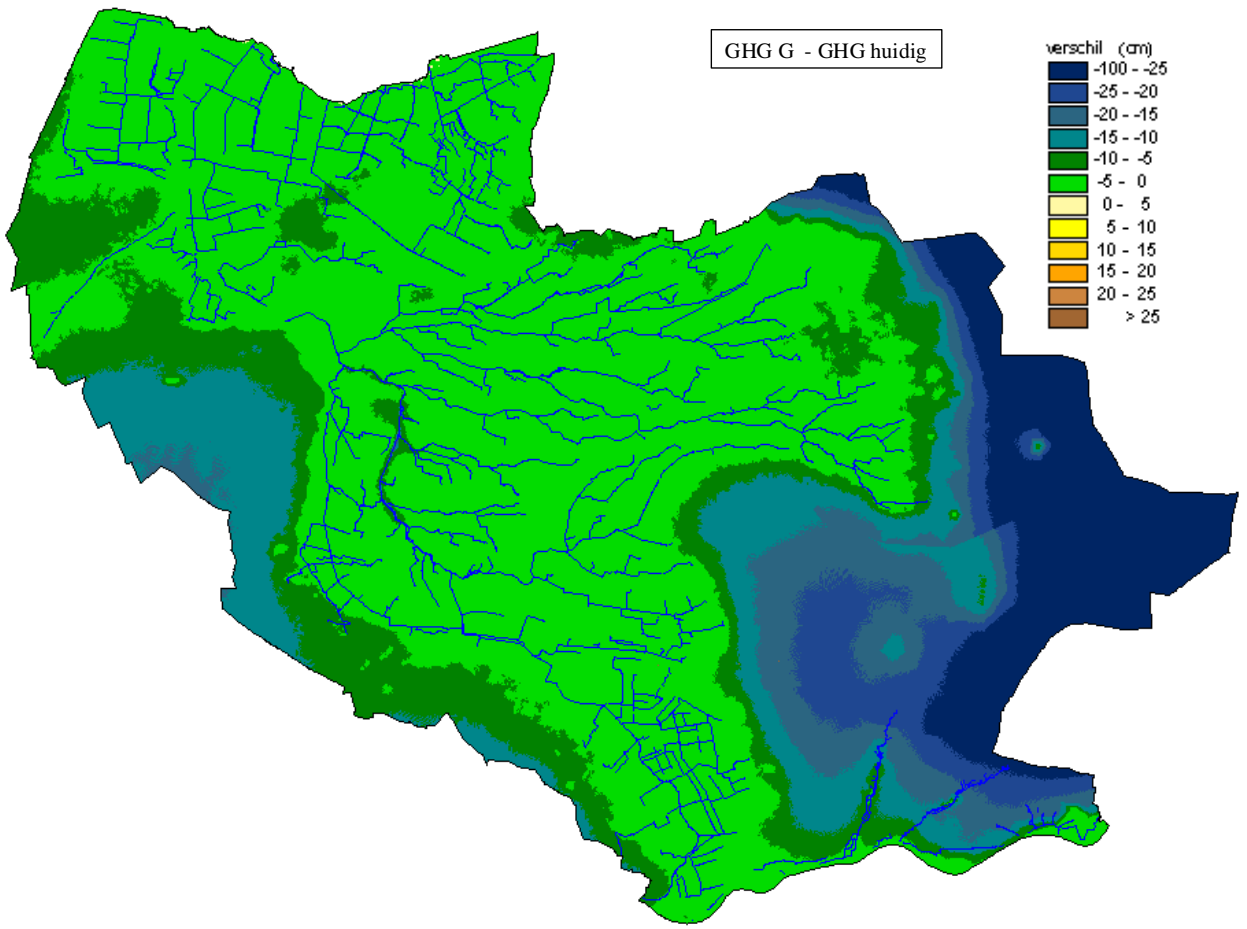
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006. PKB Ruimte voor de Rivier, Investeren in veiligheid en vitaliteit van het rivierengebied.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008 in voorbereiding. Beleidsnota IJsselmeergebied, Keuzes voor veiligheid, watervoorraad, natuur en inrichting (concept 13 juni 2008).
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 2005. Nota Ruimte (deel4). NBW-actueel. 2007. Het Nationaal Bestuursakkoord Water-actueel, versie 30 oktober 2007.
- Nillesen, E.E.M, E.C. van Ierland. 2006. Climate change scientific assessment and policy analysis: climate adaptation in the Netherlands. Wageningen UR, Report 500102 003
- Oenema, O, G.L. Veithof & P.J. Kuikman, 2001. Beperking van emissie van methaan en lachgas uit de landbouw: identificatie van kennishiaten. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 380.
- Reichard, L. ; Spijker, M. ; Tromp, G. 2006. Totstandkoming eerste landelijke toetsingskaart NBW-werknormen. H2O tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling. Nummer 39(2006)16
- Rijkswaterstaat RIZA (2007), Klimaatverandering en de afvoer van Rijn en Maas, RIZA memo WRR/2007-06
- Rijkswaterstaat RIZA, 2005. Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland. Eindrapport. RIZA-nr 2005.016 ISBN 9036957230.
- Rijkswaterstaat/RIZA, 2007. Investeringsruimte voor toekomstige droogte, Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI'06 klimaatscenario's.
- Scott P., D. Stone en M. Allen, 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. Nature nr. 432, pag 610-614.
- UVW, 2007. Actieplan klimaat. Unie van Waterschappen.
- Waterschap Vallei & Eem. 2003. Waterbeheersplan Waterschap Vallei & Eem 2004-2007, water in beweging.
- Waterschap Vallei & Eem. 2005. Jaarverslag Oppervlaktewater 2004.
- Witteveen+Bos, 2008 concept. GGOR-analyse Waterschap Vallei & Eem.

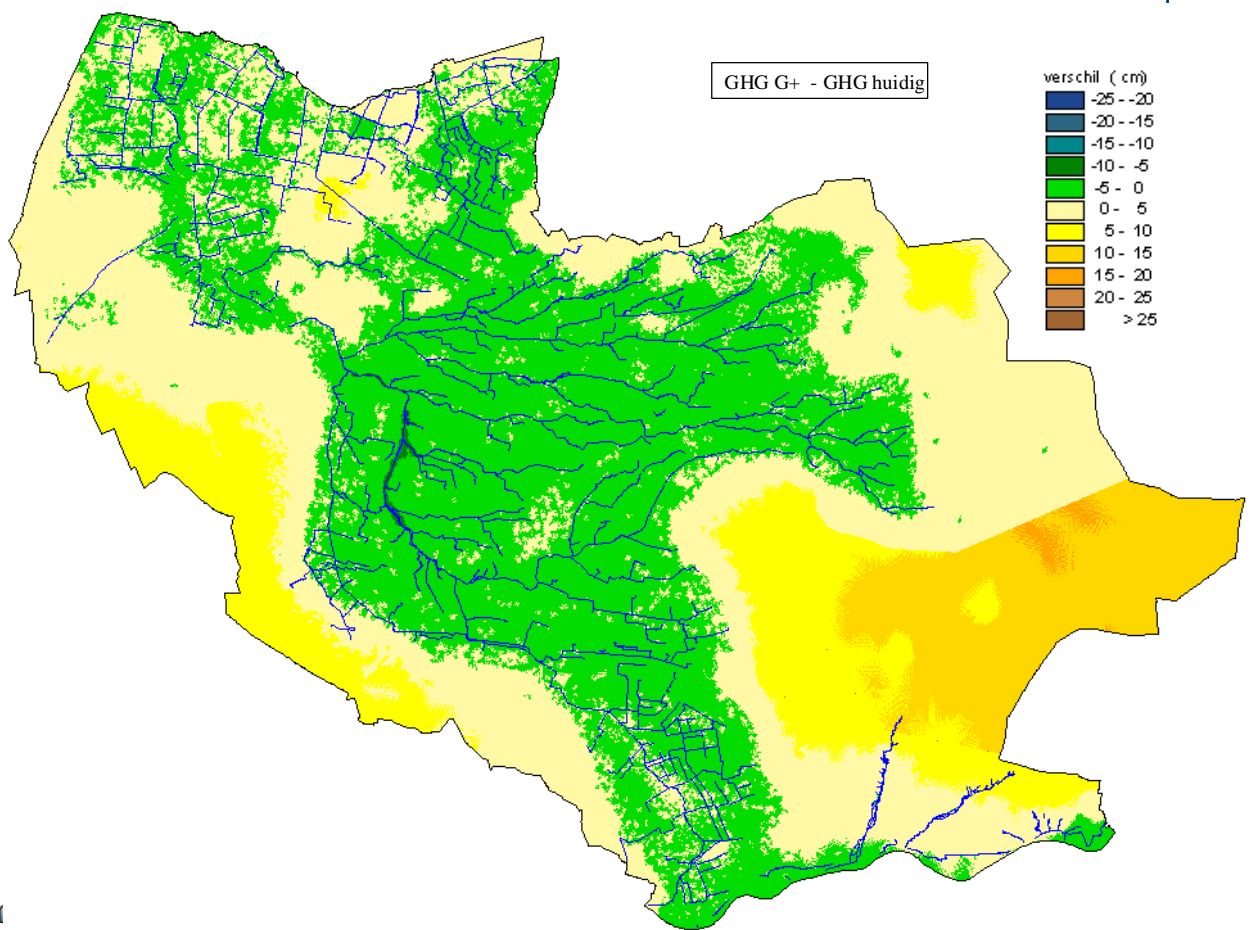
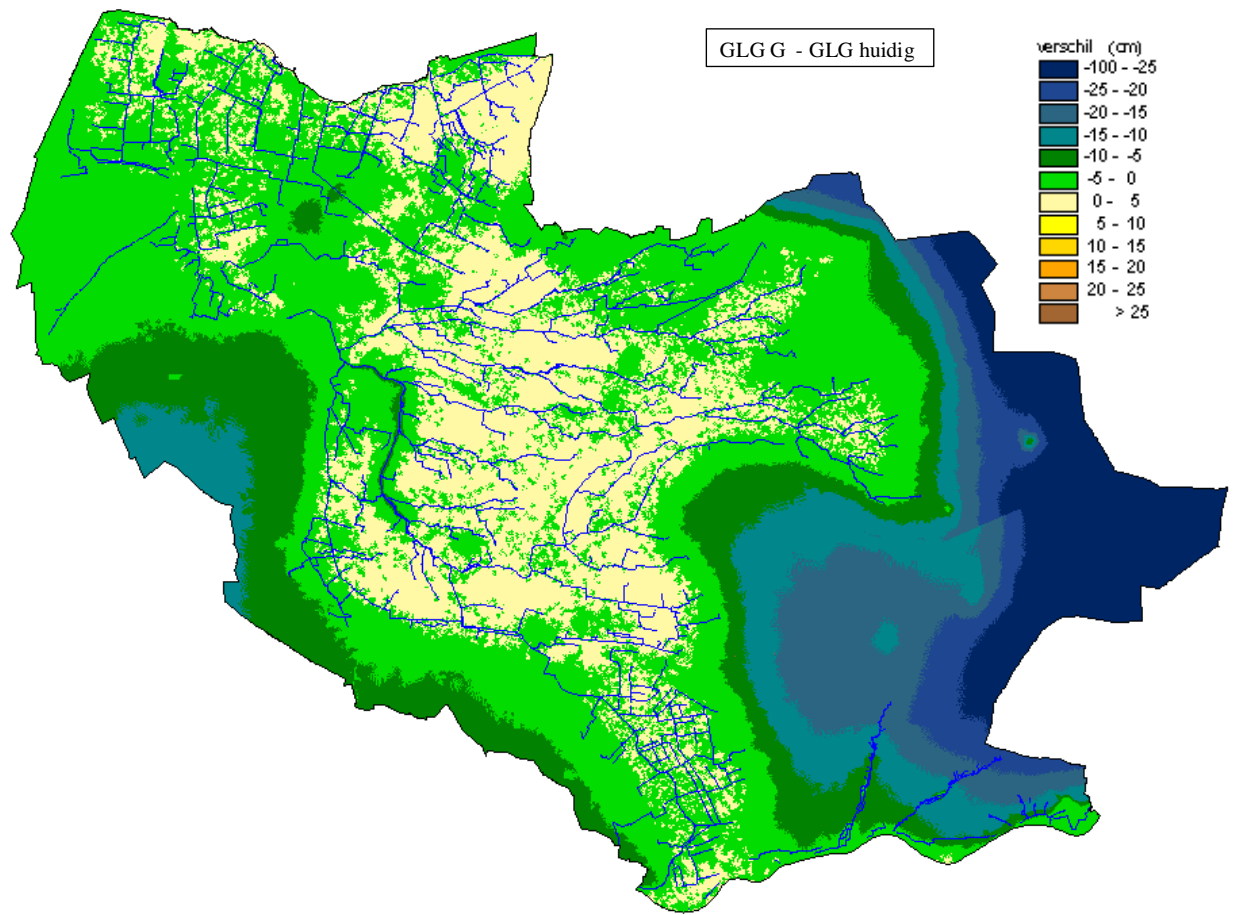


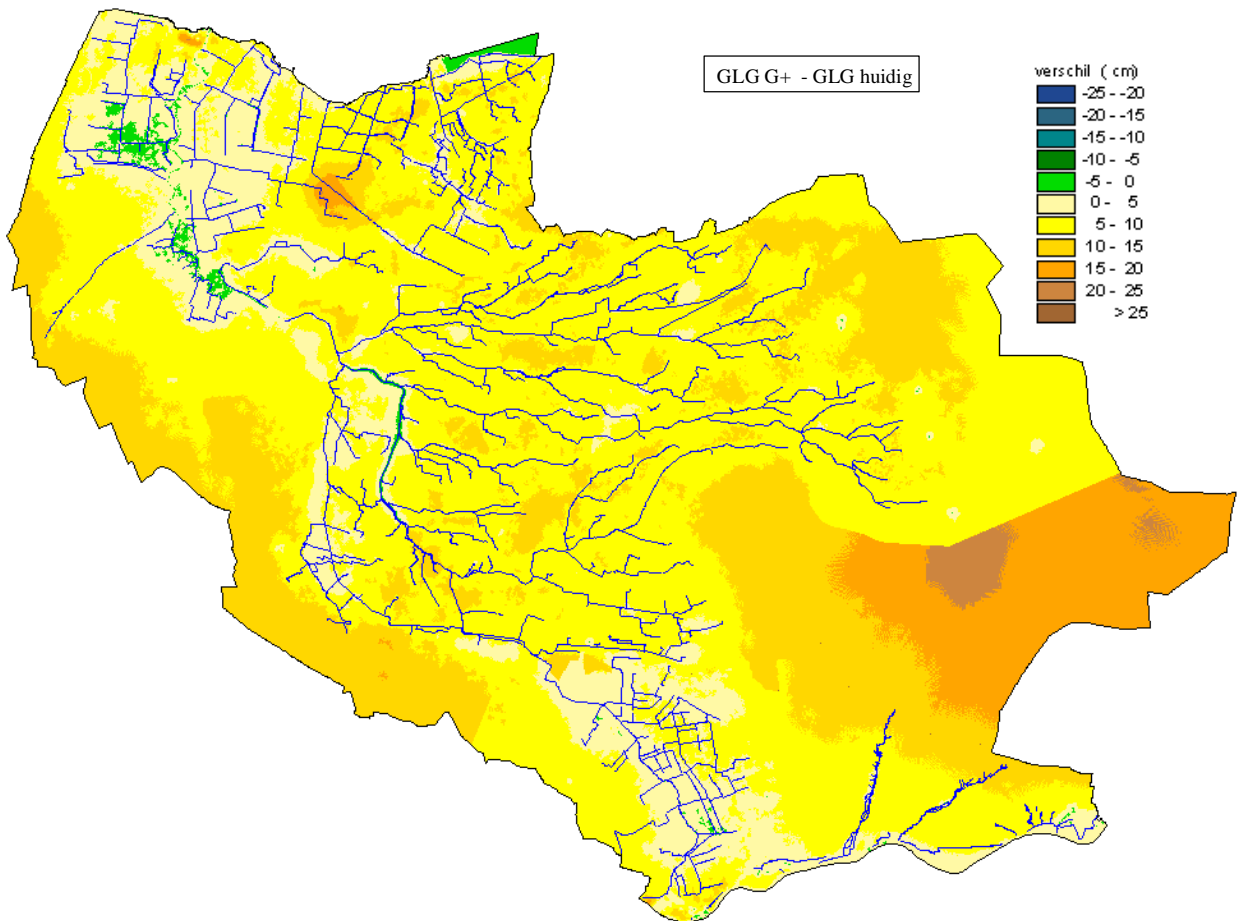
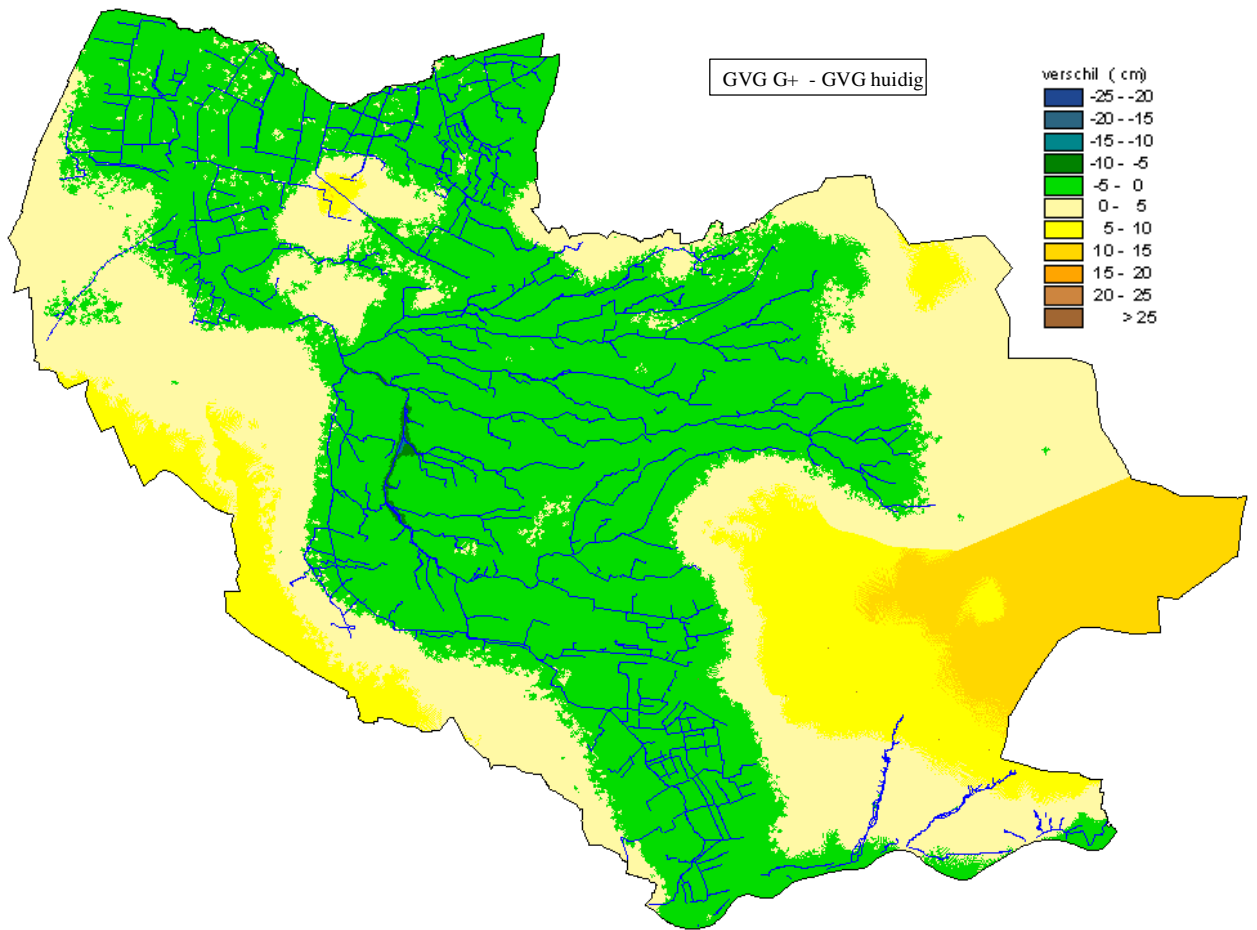
Bijlage I: GHG, GVG en GLG; verschil KNMI'06 scenario's en huidige klimaat

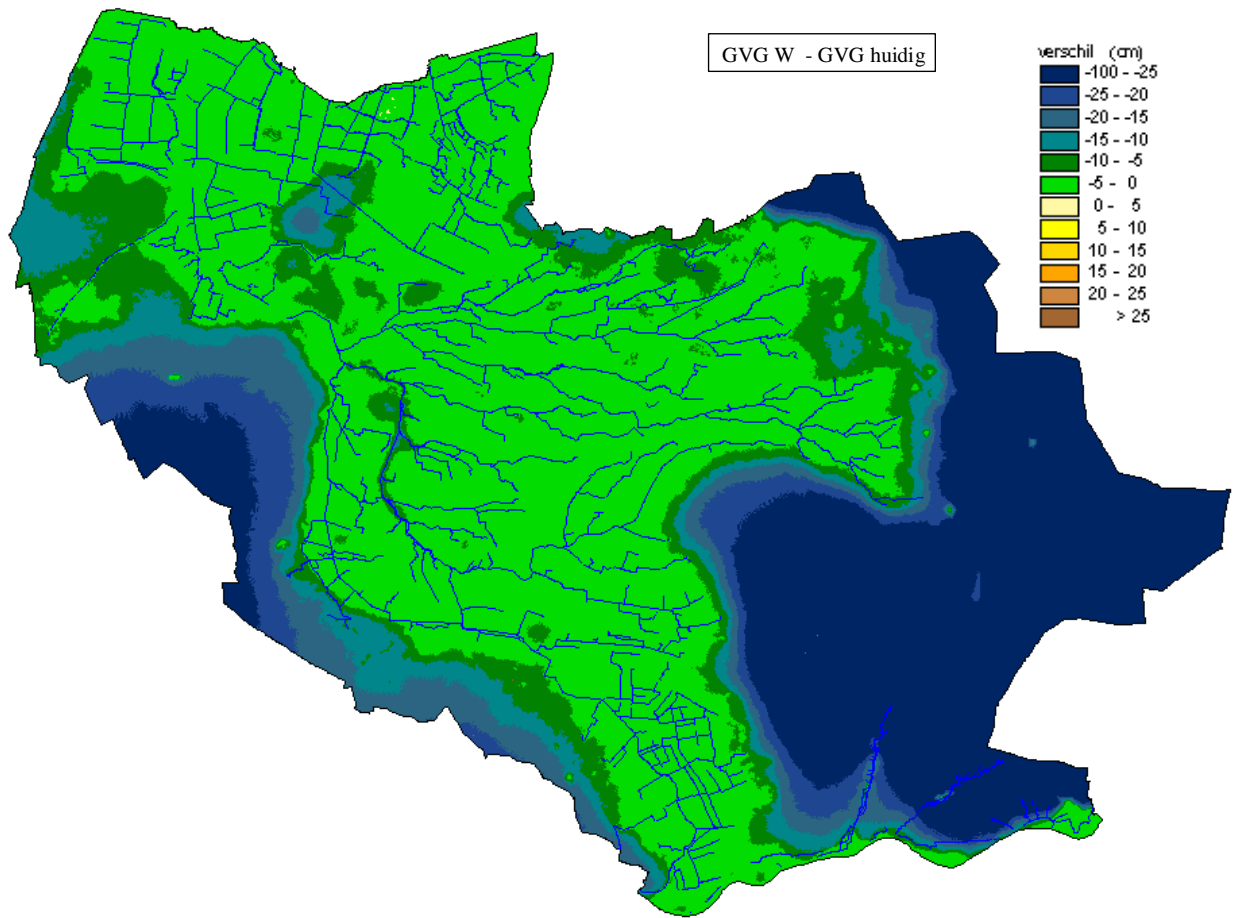
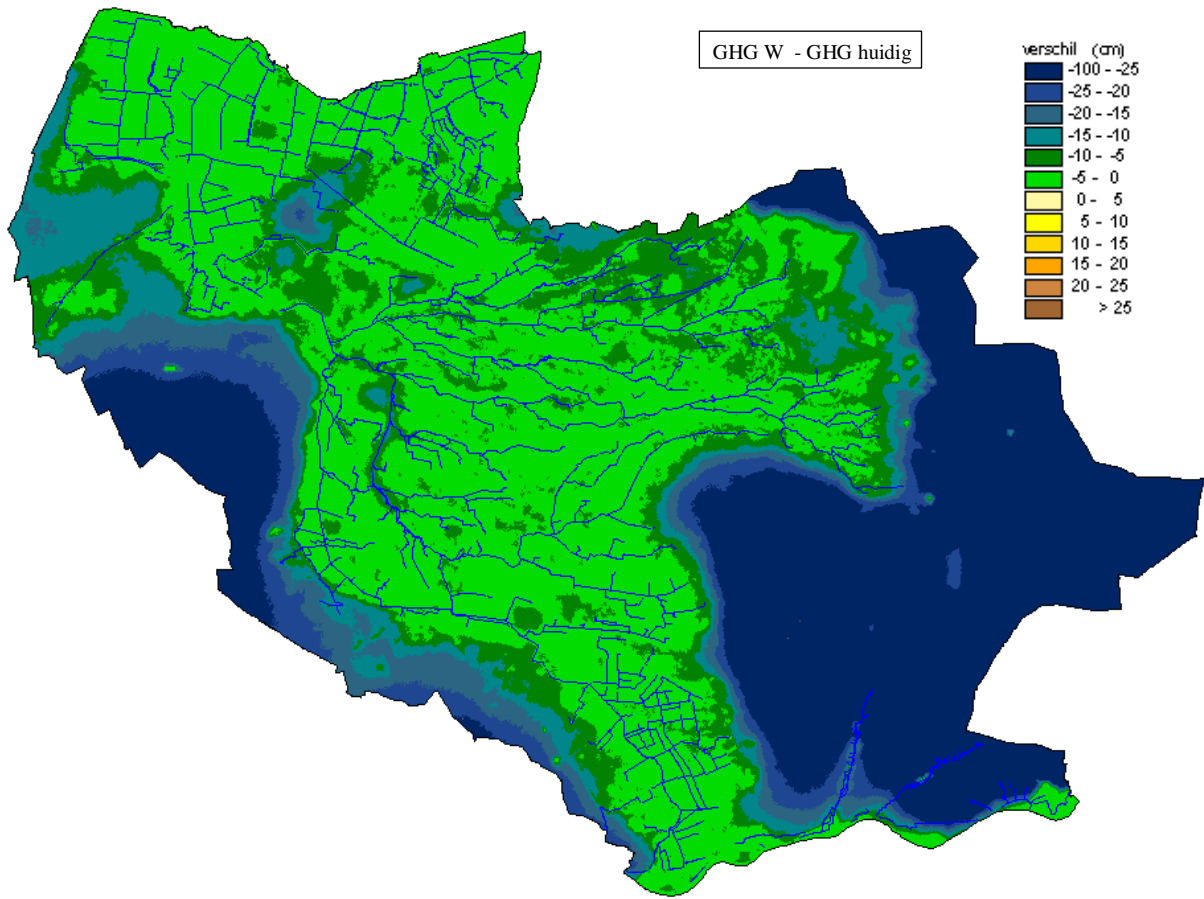
(legenda's: blauw wordt natter, bruin wordt droger)

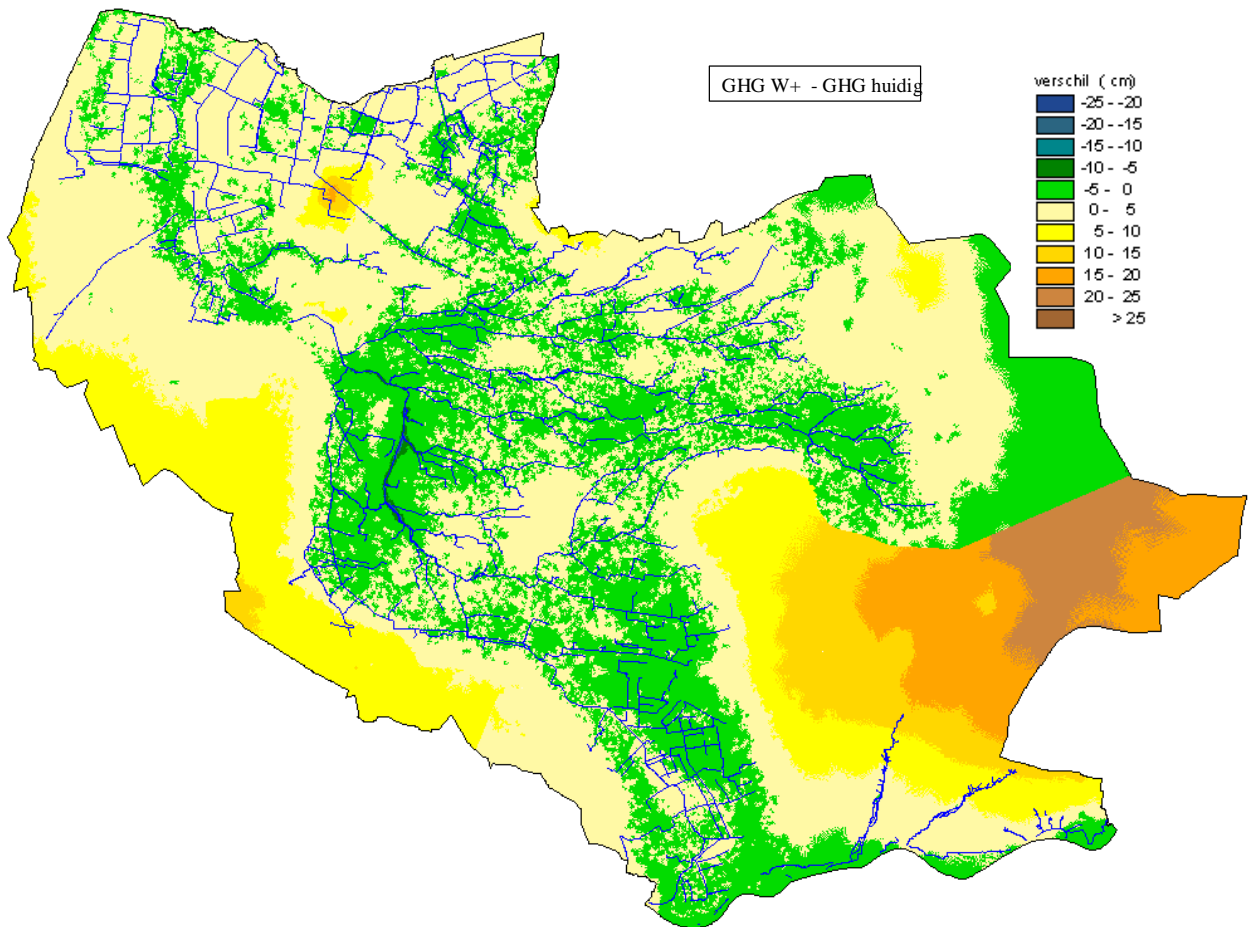
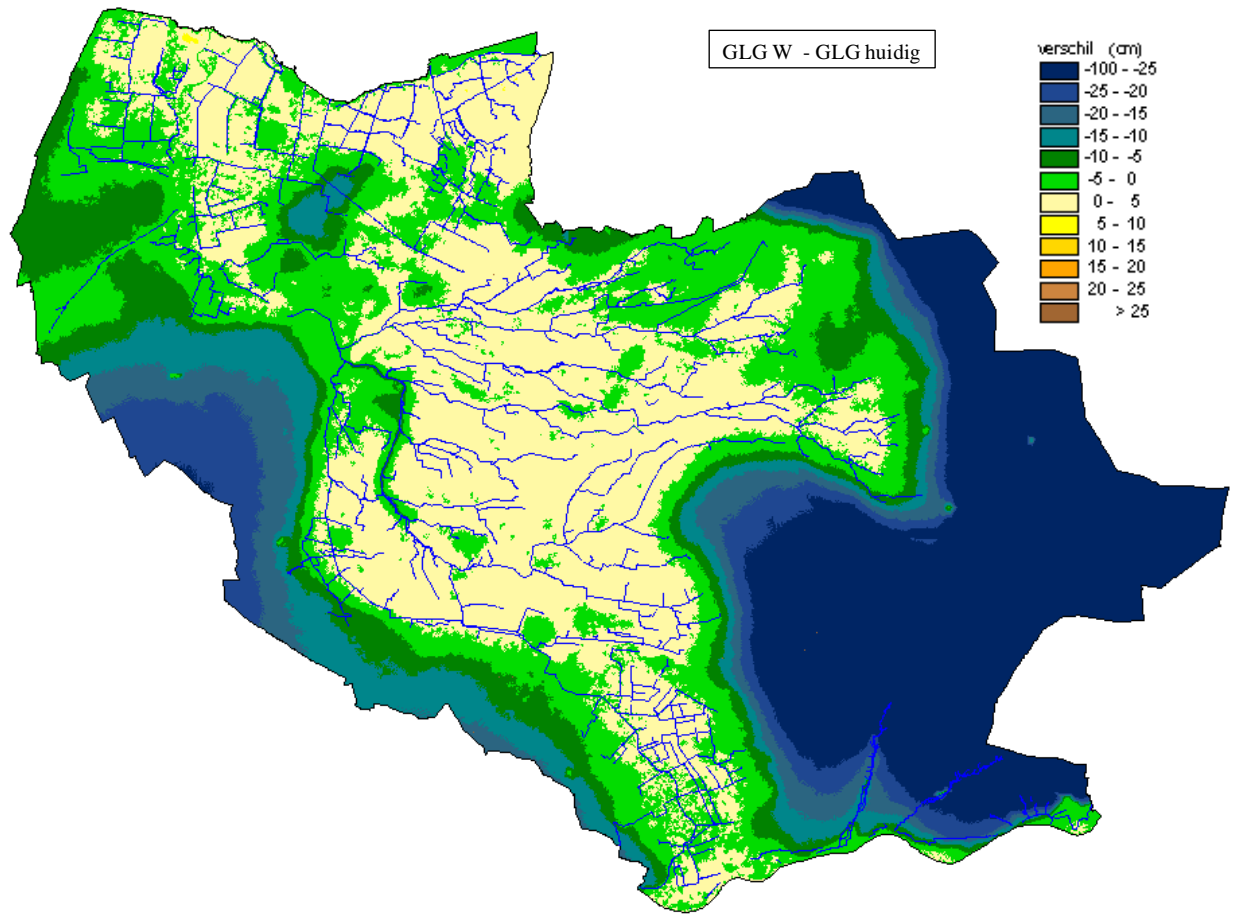


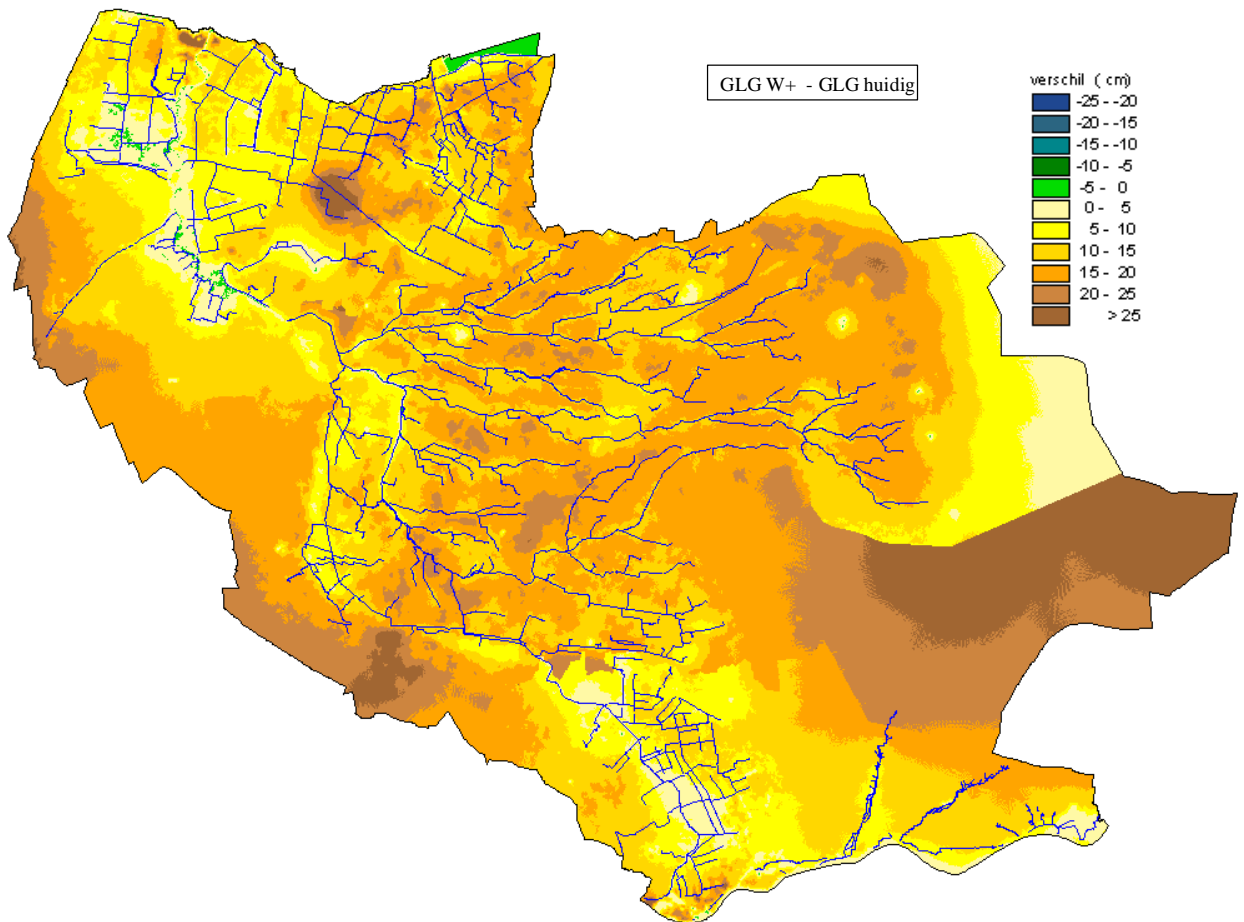
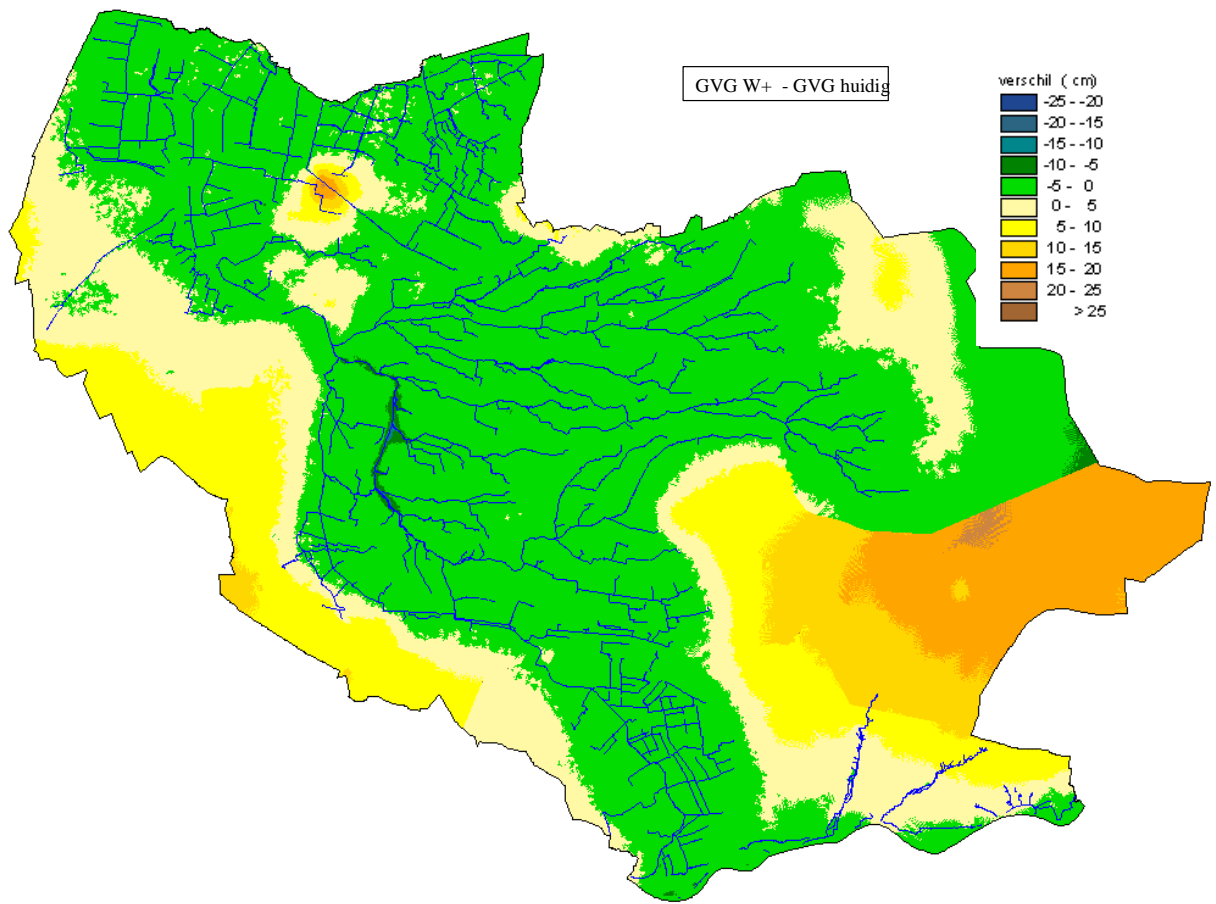














Bijlage II: Adaptatiematrix

De effecten van klimaatverandering, zoals aangegeven in de voorgaande hoofdstukken en de knelpuntenkaarten, vereisen een strategie hoe hier mee om te gaan. Voor de gesignaleerde knelpunten is er vaak meer dan één oplossingsrichting en is het een bestuurlijke keus welke maatregel uiteindelijk geïmplementeerd wordt.

Er zijn een beperkt aantal overzichten van adaptatiestrategieën beschreven, waarbij het rapport van Nillesen en Van Ierland (2006) een aantal hoofdlijnen uitzet. Samenvattend onderscheiden zij de volgende adaptatie categorieën:

- Vasthouden en bergen
- Landgebruik
- Verbreding dijk zones
- Kust riffen
- Aangepaste infrastructuur
- Versterken dijken en dammen
- Vergroten sluizen en stuwen
- Bewustwording
- Samenwerkende organisaties
- Verzekeringen
- Inpolderen gedeelte Noordzee
- Verlaten West Nederland

Bovenstaande indeling is nuttig op hoofdlijnen, maar biedt weinig concrete adaptaties. Er is daarom een adaptatiematrix opgesteld, die bestaat uit concrete adaptatiemaatregelen die ingezet kunnen worden. Voor elke adaptatie is worden aangegeven:

- thema waarop betrekking
 - wateroverlast, overstroming, watertekort, overige
- type
 - constructie
 - stimulering
 - regelgeving
 - beheer
- relevantie voor het Waterschap Vallei & Eem
 - laag, middel, hoog
- complexiteit
 - eenvoudig, neutraal, complex
- kosten/baten
 - negatief, neutraal, positief

De adaptatiematrix is opgesteld met het idee dat vooral de meer innovatieve adaptaties moeten worden opgenomen, omdat deze nieuwe adaptaties het ontwikkelen van een klimaatvisie binnen het Waterschap kunnen versterken. De volledige adaptatiematrix, zoals besproken en vastgesteld tijdens de discussiemiddag op het Waterschap op 15 juli 2008, is te zien in de bijlage.

Hieronder wordt in een viertal tabellen voor elk van de belangrijke thema's (overstroming, wateroverlast, watertekort, waterkwaliteit) de adaptaties die relevant zijn voor het waterschap



genoemd. De nummers bij de adaptaties verwijzen weer naar de adaptatiematrix. Adaptaties die tijdens de discussiemiddag niet als waterschapstaak werden beschouwd, zijn in deze tabellen niet meegenomen. Wel staan deze voor de volledigheid in de adaptatiematrix vermeld.

Tabel 9: Adaptaties relevant voor het thema Overstroming. Alleen adaptaties relevant voor het waterschap zijn opgenomen.

| <i>Adaptatie</i> | <i>Type</i> | <i>Relevantie</i> | <i>Complexiteit</i> | <i>Kosten/Baten</i> |
|----------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| (4) Bewustwording en regelgeving | Regelgeving | hoog | hoog | Positief |
| (6) Compartimentering | Constructie | hoog | laag | Positief |
| (27) Natuurlijke klimaatbuffers | Stimulering | laag | neutraal | Neutraal |
| (44) Uitklapbare waterkering | Constructie | hoog | neutraal | Positief |
| (48) Verhogen dijken | Constructie | hoog | laag | Positief |

Tabel 10: Adaptaties relevant voor het thema Wateroverlast. Alleen adaptaties relevant voor het waterschap zijn opgenomen.

| <i>Adaptatie</i> | <i>Type</i> | <i>Relevantie</i> | <i>Complexiteit</i> | <i>Kosten/Baten</i> |
|---|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| (2) Accolade profielen in watergangen | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (15) Flexibel drainniveau | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (16) Flexibel peilbeheer | Beheer | hoog | neutraal | Positief |
| (17) Functie volgt peil | Beheer | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (18) Grond aankopen voor wateropgave | Beheer | laag | eenvoudig | Negatief |
| (20) Infiltratie in de bodem (wadi's e.d.) | Constructie | hoog | complex | Negatief |
| (22) Infiltratieputten in wegen | Constructie | middel | neutraal | Neutraal |
| (28) Nieuwe grondexploitatiewet (WS kennisinbreng) | Regelgeving | middel | eenvoudig | Neutraal |
| (30) Openleggen van oude watergangen | Constructie | laag | neutraal | Negatief |
| (33) Overstromingsweides | Regelgeving | hoog | neutraal | Neutraal |
| (37) Schaderegeling | Regelgeving | hoog | neutraal | Neutraal |
| (39) Stedelijke diepinfiltratieput | Constructie | middel | eenvoudig | Positief |
| (42) Terugslagkleppen in riool | Constructie | middel | neutraal | Neutraal |
| (45) Vasthouden in haarvaten | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (47) Vergoeding van waterdiensten | Regelgeving | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (49) Verhoging drainage basis | Beheer | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (53) Voormalen | Beheer | laag | eenvoudig | Negatief |
| (55) Water bergen onder wegen | Constructie | middel | neutraal | Neutraal |
| (56) Water bergen op straat | Constructie | middel | neutraal | Positief |
| (58) Waterberging opties in stedelijk gebied (kleinschalig) | Stimulering | middel | neutraal | Neutraal |
| (59) Waterboekhouding en waterfonds | Regelgeving | middel | neutraal | Neutraal |
| (62) Watersysteem ontwerpfase | Constructie | hoog | eenvoudig | positief |
| (63) Waterbergingsgebieden vergroten | Regelgeving | hoog | eenvoudig | positief |



Tabel 11: Adaptaties relevant voor het thema Watertekort. Alleen adaptaties relevant voor het waterschap zijn opgenomen.

| <i>Adaptatie</i> | <i>Type</i> | <i>Relevantie</i> | <i>Complexiteit</i> | <i>Kosten/Baten</i> |
|--|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| (1) Aanvulling gerelateerde grondwater onttrekking | Regelgeving | middel | eenvoudig | Positief |
| (2) Accolade profielen in watergangen | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (7) Conservering van grondwater door middel van stuwen | Constructie | laag | eenvoudig | Neutraal |
| (12) Droogte management | Beheer | laag | eenvoudig | Positief |
| (15) Flexibel drainniveau | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (16) Flexibel peilbeheer | Beheer | hoog | neutraal | Positief |
| (17) Functie volgt peil | Beheer | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (21) Infiltratiebekkens op de heuvelrug | Constructie | hoog | neutraal | Neutraal |
| (23) Inlaat afspraken | Regelgeving | hoog | neutraal | Positief |
| (35) Rijnwater infiltreren op Heuvelrug en Veluwe | Constructie | hoog | complex | Neutraal |
| (47) Vergoeding van waterdiensten | Regelgeving | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (49) Verhoging drainage basis | Beheer | hoog | eenvoudig | Neutraal |

Tabel 12: Adaptaties relevant voor het thema Waterkwaliteit. Alleen adaptaties relevant voor het waterschap zijn opgenomen.

| <i>Adaptatie</i> | <i>Type</i> | <i>Relevantie</i> | <i>Complexiteit</i> | <i>Kosten/Baten</i> |
|--|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| (2) Accolade profielen in watergangen | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (9) Dimensionering riolering | Constructie | middel | neutraal | Negatief |
| (15) Flexibel drainniveau | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (16) Flexibel peilbeheer | Beheer | hoog | neutraal | Positief |
| (26) Maatregelen zwemvijvers (baggeren) | Constructie | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (33) Overstromingsweides | Regelgeving | hoog | neutraal | Neutraal |
| (34) Rietplantage in veenweidegebieden | Beheer | middel | eenvoudig | Neutraal |
| (57) Water inlaten vanuit buitenwater (Randmeren / Rijn) | Beheer | hoog | eenvoudig | Neutraal |
| (62) Watersysteem ontwerpfase | Constructie | hoog | eenvoudig | positief |



Bijlage III: Details adaptatiematrix

1. Aanvulling gerelateerde grondwater onttrekking

| | |
|-----------------|--------------|
| Thema: | Watertekort |
| Type: | Regelgeving |
| Waterschapsaak: | samenwerking |
| Relevantie: | Middel |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | positief |

Duurzaam gebruik van de grondwatervoorraad, waarbij regelgeving vast legt dat de maximale onttrekking gelijk is aan aanvulling in de winter. Hierdoor ontstaat geen schade aan natuur.

Bron: Maatregelenboek droogtestudie. Royal Haskoning, Rob Speets et al., 2004.

<http://www.droogtestudie.nl/bestanden%20fase2a/Achtergrond/10%20Maatregelenboek.pdf>

2. Accolade profielen in watergangen

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| Thema: | Watertekort; Wateroverlast; Kwaliteit |
| Type: | Constructie |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | hoog |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | neutraal |

De dynamiek in het systeem wordt groter, het afvoerpatroon grilliger. Aan de doelstelling van het accoladeprofiel, om tijdens lage afvoeren een redelijke waterdiepte en stroomsnelheid te hebben en tijdens hogere afvoeren niet te sterk oplopende waterstanden wordt voldaan. Door inundatiegebieden aan te brengen, kunnen hoge waterstanden door kortdurende piekafvoeren worden voorkomen.

Bron: Inrichtingsplan Aalderstroom

3. Beregening management

| | |
|-----------------|-------------|
| Thema: | Watertekort |
| Type: | Beheer |
| Waterschapsaak: | nee |
| Relevantie: | hoog |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | neutraal |

De standaard adaptatie voor de landbouw en tuinen

4. Bewustwording en regelgeving

| | |
|-----------------|--------------|
| Thema: | Overstroming |
| Type: | Regelgeving |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | hoog |
| Complexiteit: | hoog |
| Kosten/baten: | positief |

Via een proces van bewustwording ingelanden informeren en door regelgeving kansen en risico's van overstroming en de hieruit volgende schade in regelgeving vatten.

5. Bouwen op (bagger)terpen

| | |
|-----------------|--------------|
| Thema: | Overstroming |
| Type: | Constructie |
| Waterschapsaak: | nee |
| Relevantie: | laag |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | positief |

Bouwen op terpen staat weer in de belangstelling; met name het ophogen met in meer of mindere mate vervuilde bagger.

Bron: Terpen van bagger blijken grote bron van inspiratie. H2O, 2005



6. Compartimentering

Thema: Overstroming
Type: Constructie
Waterschapsaak: samenwerking
Relevantie: hoog
Complexiteit: laag
Kosten/baten: positief

Gevolgen van een mogelijke overstroming inperken door kleinere dijkringen te maken.

7. Conservering van grondwater door middel van stuwen

Thema: Watertekort
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: laag
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Deze adaptatie is ontstaan in de context van het anti-verdrogingsbeleid van de Brabantse politiek. Dit probleem is enige jaren terug door de provincie 'vertaald' in een beregeningsverbod. Boeren, geschrokken van de gevolgen van het beregeningsverbod, zijn toen op initiatief van de ZLTO in actie gekomen door zelf stuwen op hun gronden te plaatsen. Door deze maatregel krijgen ze ontheffing op het beregeningsverbod. Het verdrogingsprobleem - door de provinciale politiek - vertaald naar een beregeningsverbod wordt nu op haar beurt weer - door de boeren - vertaald naar conservering van grondwater door middel van stuwen.

Bron: Innovatie in het regionale waterbeheer; H2O 2003

<http://www.vakbladh2o.nl/>

8. Debietgestuurde emissies

Thema: Kwaliteit
Type: Beheer
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Emissies vanuit rwz aanpassen aan de debieten in het oppervlaktewater.

9. Dimensionering riolering

Thema: Kwaliteit
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: negatief

Capaciteit van riolering voldoende maken om de kans op overstort te verminderen.

10. Drijvende infrastructuur

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: complex
Kosten/baten: negatief

Het ontwerp van de 'waterweg' is toegespitst op een scenario waarbij de drijvende weg dienst doet als alternatieve oeververbinding. Door een uitgekiende uitwerking van de verbinding met de vaste oever kunnen fluctuaties in het waterpeil (denk hierbij aan waterbergingsgebieden met veranderende peilen) zonder problemen worden opgevangen.

Bron: Drijvende wegen in waterbergingsgebieden. H2O, 2002.

<http://www.vakbladh2o.nl/>



11. Drijvende tuinen

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: positief

In nieuwbouw aan het water zouden drijvende tuinen kunnen worden aangelegd. Minder grote claim op "droge" ruimte, maar nog steeds extra waterberging voor piekafvoeren en droogtebestrijding.

Bron: Woonideeënwedstrijd Casa Nova, 2007. <http://www.haaglanden.nl/sites/default/default2.asp?ID=1249&mrkt=1>
<http://www.lvbk.nl>

12. Droogte management

Thema: Watertekort
Type: Beheer
Waterschapsaak: ja
Relevantie: laag
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: positief

Met behulp van satellieten kunnen in tijden van droogte verdampingstekorten waarnemen. Watermanagement kan hierop gerichte maatregelen nemen.

Bron: HydroLook; <http://www.waterwatch.nl/>
<http://www.waterwatch.nl/>

13. Droogte-verzekering/vorming droogtefonds

Thema: Watertekort
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Berekening landbouw in veel gevallen bedoeld voor indekken bedrijfsrisico. Dit kan ook door een verzekering of fondsvorming door de sector. Mogelijk effectieve oplossing voor bedreiging continuïteit agrarische bedrijven bij extreme droogte. Door de maatregel is berekening op minder grote schaal nodig, gunstig voor grondwaterafhankelijke natuur

Bron: Maatregelenboek droogtestudie. Royal Haskoning, Rob Speets et al., 2004.
<http://www.droogtestudie.nl/bestanden%20fase2a/Achtergrond/10%20Maatregelenboek.pdf>

14. Effluent hergebruiken

Thema: Watertekort
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: complex
Kosten/baten: negatief

Effluent hergebruiken tbv. toilet spoelen of tuin sproeien, vermindert watertekorten.

Bron: <http://www.ecological-engineering.nl/>
<http://www.waterharmonica.nl>

15. Flexibel drainniveau

Thema: Wateroverlast; Kwaliteit; Watertekort
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Een pijpje (het pijpje van Van Iersel) zorgt voor een flexibel drainage niveau. Zomerpeil kan langer worden vastgehouden, zodat verdroging wordt voorkomen. Ook zal er minder uitspoeling van nutriënten plaatsvinden.

Bron: SBNL NATUURPRIJS 2005.
http://www.groepsmanager.com/certificering_fsc/pdf/JuryrapportSBNL2005.pdf



16. Flexibel peilbeheer

Thema: Wateroverlast; Kwaliteit; Watertekort

Type: Beheer

Waterschapsaak: ja

Relevantie: hoog

Complexiteit: neutraal

Kosten/baten: positief

Binnen bepaalde marges worden korte-termijn peilschommelingen geaccepteerd. Flexibel peilbeheer is vernieuwend wanneer waterbeheerders op grotere schaal anticiperen op neerslagoverschotten en tekorten in het peilbeheer.

Bron: Flexibel peilbeheer in veenweidegebied

<http://www.vakbladh2o.nl/>

17. Functie volgt peil

Thema: Watertekort; Wateroverlast;

Type: Beheer

Waterschapsaak: samenwerking

Relevantie: hoog

Complexiteit: eenvoudig

Kosten/baten: neutraal

Met dit beleidsprincipe wordt getracht een trendbreuk in te zetten: niet langer wordt het watersysteem aangepast aan gebruiksfuncties, maar gebruiksfuncties worden aangepast aan het watersysteem.

Bron: http://www.zuid-holland.nl/index/ontwerp_beleidskader_peilbeheer_2007.pdf

18. Grond aankopen voor wateropgave

Thema: Wateroverlast

Type: Beheer

Waterschapsaak: ja

Relevantie: laag

Complexiteit: eenvoudig

Kosten/baten: negatief

Door de strategische aankoop van grond, bouwen waterschappen een grondpositie op; door kavelruil kunnen vervolgens de gronden op de juiste plek voor waterberging worden verwerven.

19. IJsselmeer als landelijke buffer

Thema: Watertekort

Type: Beheer

Waterschapsaak: nee

Relevantie: hoog

Complexiteit: complex

Kosten/baten: positief

IJsselmeer als buffer voor watertekorten en overschotten.

Bron: Maatregelen moeten gevolgen hitte en droogte indammen, VEMW 19-7-2006

http://www.vemw.nl/vemw/mcsmambo.p?M5NextUrl=MVMRNEWS&M5NextScrn=RNEWS&asn_id=20060719E

20. Infiltratie in de bodem (wadi's e.d.)

Thema: Wateroverlast

Type: Constructie

Waterschapsaak: ja

Relevantie: hoog

Complexiteit: complex

Kosten/baten: negatief

Elke bodem heeft ruimte die niet wordt gebruikt; bij infiltratie wordt juist van die ruimte handig gebruik gemaakt. De neerslag gaat niet naar de waterzuivering of het oppervlaktewater, maar wordt in de bodem opgenomen. Het bekendste voorbeeld van dit principe is de wadi. Een wadi kan tijdelijk onder water staan. Vervolgens infiltreert het water vanuit de wadi in de bodem. Andere voorbeelden van infiltratie vanaf het maaiveld zijn infiltratievelden, doorlatende verhardingen, infiltratiegoten en filterbermen.



21. Infiltratiebekkens op de heuvelrug

Thema: Watertekort
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Droogte verminderen door bovenop de heuvelruggen water te infiltreren.

Bron: <http://www.sieker.de/modules/wfsection/article.php?articleid=14>

22. Infiltratieputten in wegen

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Wegoppervlak afkoppelen en lokaal laten infiltreren in putten in de weg.

Bron: <http://www.sieker.de/modules/wfsection/article.php?articleid=14>

23. Inlaat afspraken

Thema: Watertekort
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: samenwerking
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Een concreet operationeel plan klaar hebben liggen om tijdens droogte water in te laten

24. Kelders onder gebouwen, kassen, huizen

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: negatief

In dichtbebouwde gebieden waar onvoldoende ruimte is voor open water kan ondergrondse waterberging een oplossing voor het bestrijden van wateroverlast bieden. Deze berging kan plaatsvinden onder verschillende gebruiksfuncties, zoals wegen, gebouwen of kassen. Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft onderzoek verricht naar de mogelijkheden van kelders onder kassen en wil met private partijen een pilot opstarten.

Bron: AD, 6 juni 07

<http://www.hhnk.nl/>

25. Landbouw aanpassen aan verdroging

Thema: Watertekort
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Voorbeelden van nieuwe productiesystemen: zoute teelt, citrus, visteelt.

Bron: Leven met Water (project Zilte Landbouw Texel); Innovatienetwerk de Zilte Proeftuin

<http://www.innovatienetwerk.org/>



26. Maatregelen zwemvijvers (baggeren)

| | |
|-----------------|-------------|
| Thema: | Kwaliteit |
| Type: | Constructie |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | hoog |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | neutraal |

Zwemvijvers verdiepen om zodoende de waterkwaliteit in stand te houden of te verbeteren.

27. Natuurlijke klimaatbuffers

| | |
|-----------------|--------------|
| Thema: | Overstroming |
| Type: | Stimulering |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | laag |
| Complexiteit: | neutraal |
| Kosten/baten: | neutraal |

Bestaande of nieuw te ontwikkelen (natuur)gebieden kunnen de eerste klappen opvangen bij droogte, wateroverlast, stormen en zeespiegelrijzing. In deze klimaatbuffers krijgen natuurlijke, opbouwende processen opnieuw de ruimte. Belangrijke buffers waar plannen voor in ontwikkeling zijn: de Biesbosch, de Waddenzee, de Wieden-Weerribben, het Weeterbos en achter de Hondsbossche Zeewering.

Bron: Natuurlijke klimaatbuffers. Adaptatie aan klimaatverandering: wetlands als waarborg.

http://www.stroming.nl/hw_klimaatbuffers.html

28. Nieuwe grondexploitatiewet (WS kennisinbreng)

| | |
|-----------------|---------------|
| Thema: | Wateroverlast |
| Type: | Regelgeving |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | middel |
| Complexiteit: | eenvoudig |
| Kosten/baten: | neutraal |

Biedt gemeenten een handvat om de kosten voor waterberging bij projectontwikkelaars te verhalen. Het centrale begrip van het kostenverhaal is de grondexploitatie. Alle kosten van de grondexploitatie van een locatie komen voor kostenverhaal in aanmerking. Het gaat daarbij om kosten van aanleg (kosten van beheer vallen buiten de grondexploitatie) zoals onder andere de kosten van bouw- en woonrijp maken, de kosten van de aanleg van groenvoorzieningen en waterpartijen.

Bron: <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=21753#50>

<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=21753#50>

29. Oogstschadeverzekering

| | |
|-----------------|---------------|
| Thema: | Wateroverlast |
| Type: | Stimulering |
| Waterschapsaak: | nee |
| Relevantie: | laag |
| Complexiteit: | neutraal |
| Kosten/baten: | neutraal |

Verzekering van oogstschade op akkerbouwbedrijven is op dit moment mogelijk, maar met een hoog eigen risico. Circa 50% van akkerbouwers heeft een hagelverzekering; slechts 13% heeft een regenverzekering.

Bron: LEI rapport: http://www.lei.dlo.nl/publicaties/PDF/2007/6_07_07_07.pdf

<http://www.lei.nl>

30. Openleggen van oude watergangen

| | |
|-----------------|---------------|
| Thema: | Wateroverlast |
| Type: | Constructie |
| Waterschapsaak: | ja |
| Relevantie: | laag |
| Complexiteit: | neutraal |
| Kosten/baten: | negatief |

Het openleggen van oude watergangen kan een bijdrage leveren aan herstel van cultuurhistorische waarden en het creëren van waterberging.



31. Optimaliseren van water in de glastuinbouw

Thema: Watertekort
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Optimum zoeken voor watersysteem op bedrijfsniveau (opvang regenwater, hergebruik gietwater, riolering) en regionale watersysteem.

Bron: Waterkader Haaglanden
<http://www.waterkaderhaaglanden.nl/>

32. Overstromingsverzekering

Thema: Overstroming
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: laag
Kosten/baten: positief

*Uitgaande van het principe dat risico = kans * gevolg, zou een verzekering het mogelijk maken dat dijkhoogten (=kans) lager worden. Het vergrote risico zou dan verzekeraar moeten zijn.*

33. Overstromingsweides

Thema: Wateroverlast; Kwaliteit;
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Extreem accoladeprofiel, waarbij weides droog staan bij normale situaties en de overblijvende watergang dan voldoende doorstroming heeft.

34. Rietplantage in veenweidegebieden

Thema: Kwaliteit
Type: Beheer
Waterschapsaak: samenwerking
Relevantie: middel
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Teelt van riet in veenweidegebieden is misschien een economisch aantrekkelijke optie bij een hoog water peil; het voorkomt verdere inklinking, beperkt de beheerskosten en legt CO2 vast.

Bron: Innovatienetwerk de Rietplantage
<http://www.innovatienetwerk.org/>

35. Rijnwater infiltreren op Heuvelrug en Veluwe

Thema: Watertekort
Type: Constructie
Waterschapsaak: samenwerking
Relevantie: hoog
Complexiteit: complex
Kosten/baten: neutraal

Droogte verminderen door Rijnwater infiltreren.

36. Saneren riooloverstorten

Thema: Kwaliteit
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: negatief

Bestaande riooloverstorten verwijderen en al het water naar rwz

37. Schaderegeling

Thema: Wateroverlast
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Ingelanden vergoeden voor wateroverlast in plaats van constructie maatregelen te nemen.

38. Scheiden van hemelwater (afkoppelen)

Thema: Kwaliteit
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Via afvoergoten of een hemelwaterriool wordt het schone hemelwater gescheiden van het vuile afvalwater uit huishoudens en bedrijven. Hierdoor wordt voorkomen dat schoon hemelwater onnodig naar de waterzuivering gaat of - gemengd met vuil water - via riooloverstorten in het oppervlaktewater belandt. Tijdens pieken in de neerslag is wel meer opvangcapaciteit nodig elders in het watersysteem (in bodem dan wel oppervlaktewater).

Bron: <http://www.hhnk.nl/asp/get.asp?xdl=../views/rinternet/xdl/Page&ItmIdt=00005882&SitIdt=00000012&VarIdt=00000001#Scheidenvanhemelwater>

<http://www.hhnk.nl/>

39. Stedelijke diepinfiltratieput

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: positief

De stedelijke diepinfiltratieput heeft een doorsnede van 80 centimeter met daarin een buis van 30 centimeter die 50 meter de grond ingaat. Op die diepte wordt het regenwater makkelijk in de bodem opgenomen. Een aantal ondiepe infiltratieputten met genoeg capaciteit om normale buien op te vangen worden gekoppeld met in het laagstgelegen gedeelte van de straat de diepinfiltratieput. Het water dat niet door de ondiepe infiltratieputten kan worden opgevangen, stroomt vanzelf in de diepe put

Bron: Diepinfiltratieput Rijssen in gebruik genomen. H2O 2005

<http://www.vakbladh2o.nl/>

40. Sturing via RO (normen en zonering)

Thema: Overstroming
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: nee
Relevantie: hoog
Complexiteit: hoog
Kosten/baten: positief

Overstromingsgevoelige gebieden niet aanwijzen als bouwgrond.



41. Sturing via ruimtelijke ordening

Thema: Wateroverlast
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: nee
Relevantie: hoog
Complexiteit: complex
Kosten/baten: positief

Wateroverlast voorkomen door de ruimtelijke bestemming in overlastgebieden aan te passen.

42. Terugslagkleppen in riool

Thema: Wateroverlast; Kwaliteit;
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Terugslagkleppen in het riool kan wateroverlast in kwetsbare onderdelen van rioolstelsel voorkomen.

Bron:
<http://www.denhaag.nl/smartsite.html?id=5528>

43. Tijdelijke opslag hemelwater

Thema: Watertekort; Kwaliteit;
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Benutten van hemelwater is een speciale toepassing van afkoppelen. Schoon hemelwater wordt niet afgevoerd, maar zoveel mogelijk ter plaatse gebruikt voor natuur of recreatie of voor huishoudelijke doeleinden. Omdat vraag en aanbod van regenwater niet altijd op elkaar aansluiten, moet het tijdelijk worden opgeslagen. Benutten van hemelwater in en om de woning is tevens geschikt om burgers meer bewust te maken van de waarde en de mogelijkheden van regenwater.

Bron: <http://www.hhnk.nl/asp/get.asp?xdl=../views/rinternet/xdl/Page<mldt=00005882&Sitldt=00000012&Varldt=00000001#Scheidenvanhemelwater>
<http://www.hhnk.nl/>

44. Uitklapbare waterkering

Thema: Overstroming
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

De Dutchdam is een uitklapbare, aluminium waterkering die in of op bestaande waterkeringen kan worden gebouwd. In tijden van (extreem) hoogwater kan de kering worden uitgeklapt. Doordat de constructie in een goot in de grond wordt gebouwd, is het ruimtebeslag miniem. Bovendien kan de noodkering in zeer korte tijd worden opgeklapt.

Bron: `Ei van Columbus` voor Dutchdam. H2O, 2006
<http://www.dutchdam.nl/>

45. Vasthouden in haarvaten

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Kleine toevoer stroompjes naar grotere afwateringseenheden worden wel haarvaten genoemd. Met behulp van kleine stuwjes in deze haarvaten kunnen piekafvoeren worden afgeremd.

Bron: <http://www.nederlandleeftmetwater.nl/Waterbeleid-21ste-eeuw>
http://www.nederlandleeftmetwater.nl/docuser/Advies_Commissie_Waterbeheer_21ste_eeuw.pdf



46. Vegetatiedaken

Thema: Wateroverlast
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Opvang en verdamping van neerslag. Daarnaast opvang van fijnstof, isolatie van woningen, ruimtelijke kwaliteit.

Bron: <http://www.dakweb.nl/rh/97-11/97-11-18.htm>;

http://duurzaam bouwen.senternovem.nl/nieuws/de_rol_van_vegetatiedaken_voor_het_binnenmilieu/;

<http://productie.wisl.nl/LevenMetWater/webdocs/inspiratieboekjeruimtevoorwater.pdf>

47. Vergoeding van waterdiensten

Thema: Watertekort; Wateroverlast;
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

De opties variëren van een jaarlijkse vergoeding (= blauwe diensten) tot een eenmalige afwaardering van getroffen percelen. Aandachtspunt is het Brussel-proof maken van de regelingen. Blauwe diensten zijn inspanningen die grondeigenaren en grondgebruikers kunnen leveren ten behoeve van het waterbeheer.

48. Verhogen dijken

Thema: Overstroming
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: laag
Kosten/baten: positief

Verhogen van dijken is de meest standaard methode van beveiligen tegen overstromingen.

49. Verhoging drainage basis

Thema: Watertekort; Wateroverlast;
Type: Beheer
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Verhoging drainagebasis in combinatie met intensivering detailontwatering. Hierdoor is een aanzienlijke verhoging van grondwaterstanden mogelijk zonder vernattingschade te veroorzaken.

Bron: Maatregelenboek droogtestudie. Royal Haskoning, Rob Speets et al., 2004.

<http://www.droogtestudie.nl/bestanden%20fase2a/Achtergrond/10%20Maatregelenboek.pdf>

50. Ver-loof-ing van bossen als droogtebestrijding

Thema: Watertekort
Type: Beheer
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Het omzetten van donker naaldbos in loofbos, waardoor de verdamping in de winter sterk afneemt en de aanvulling van de grondwatervoorraad toeneemt, vormt een effectieve maatregel om verdroging te verminderen.

Bron: DLG (2001). Regeling Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging (GEBEVE) 3e voortgangsrapportage. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Dienst Landelijk Gebied, Utrecht

<http://www.milieuennatuurcompendium.nl/>



51. Verplaatsing / beperking droogtegevoelige teelt

Thema: Watertekort
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Door reallocatie van teelten (teelt volgt peil) kan een deel van de bestaande droogteproblematiek worden opgelost. Stimulering functieverandering en/of locatie. Bijvoorbeeld door risico's duidelijk te maken. Bewustwording creëren over kansen van watertekorten door droogte.

Bron: Maatregelenboek droogtestudie. Royal Haskoning, Rob Speets et al., 2004.

<http://www.droogtestudie.nl/bestanden%20fase2a/Achtergrond/10%20Maatregelenboek.pdf>

52. Verzekering tegen wateroverlast

Thema: Wateroverlast
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Verzekering van wateroverlastschade aan gebouwen is op dit moment mogelijk, maar wordt niet door verzekeraars geprofileerd en is nauwelijks onder burgers bekend.

Bron: Klimaat voor ruimte programma

<http://ivm5.ivm.vu.nl/adaptation/project/ncip>

53. Voormalen

Thema: Wateroverlast
Type: Beheer
Waterschapsaak: ja
Relevantie: laag
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: negatief

Bij verwachte wateroverlast door extreme neerslag de buffercapaciteit van het gebied vergroten door preventief te pompen.

54. Warmtewinning uit grondwater

Thema: Overige
Type: Constructie
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: negatief

Warmtewinning uit grondwater kan bijdragen aan de vermindering van grondwateroverlast.

Bron: <http://www.iftechnology.nl/>

http://www.iftechnology.nl/home.php?menu=3&sub=2&content=3_2

55. Water bergen onder wegen

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Waterberging onder wegoppervlak, met scheiding van riool- en regenwater.



56. Water bergen op straat

Thema: Wateroverlast
Type: Constructie
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Waterbergen op straat is technisch mogelijk en kan een grote bijdrage leveren aan piekberging en daarmee in stedelijke gebieden schade als gevolg van wateroverlast helpen voorkomen (stellen de VNG en RIONED). Waterbergen op straat kan zowel in bestaand als nieuw stedelijk gebied toegepast worden. De technieken zijn voorhanden om water bergen op straat mogelijk te maken. Waterberging op straat is een combinatie van techniek (hoe ontwerp je het technisch?) en beleving (hoe creëer je acceptatie voor water op straat?).

Bron: Brochure: Visie van stichting RIONED: Klimaatverandering, hevige buien en riolering
<http://www.riool.net/riool/binary/retrieveFile?instanceid=20&itemid=3199&style=default>

57. Water inlaten vanuit buitenwater (Randmeren / Rijn)

Thema: Kwaliteit
Type: Beheer
Waterschapsaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: neutraal

Doorspoelen met schoon water vanuit de Randmeren en de Rijn.

58. Waterberging opties in stedelijk gebied (kleinschalig)

Thema: Wateroverlast
Type: Stimulering
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Op kleine schaal, daken, tuinen, parken, water tijdelijk opslaan.

59. Waterboekhouding en waterfonds

Thema: Wateroverlast
Type: Regelgeving
Waterschapsaak: ja
Relevantie: middel
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: neutraal

Projectontwikkelaars dienen een bepaald areaal waterberging te realiseren. Realiseren ze meer, dan worden ze beloond; realiseren ze minder, dan moeten ze betalen aan een waterfonds. De nieuwe grondexploitatiewet kan hiertoe een wettelijke basis bieden. In de waterboekhouding worden de bovenmaatse waterbergingen positief ingeboekt, en de ondermaatse waterbergingen negatief. Onlangs proef gestart met Schiphol en Rijnland.

Bron: Haarlems Dagblad 12 aug 2007.

60. Watertolerante gewassen

Thema: Wateroverlast
Type: Stimulering
Waterschapsaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Hoge piekafvoeren bedreigen steden en dorpen benedenstrooms; intensieve landbouw bovenstrooms kan zich niet veroorloven water vast te houden. Watertolerante gewassen zouden dit wel mogelijk maken.

Bron: <http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/nod/onderzoek/OND1324385/>

<http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/nod/onderzoek/OND1324385/>



61. Watertuin

Thema: Wateroverlast
Type: Stimulering
Waterschaptaak: nee
Relevantie: laag
Complexiteit: neutraal
Kosten/baten: positief

Opvangen van regenwater in tuinen van burgers in steden draagt bij aan het oplossen van de stedelijke wateropgave. Betrokkenheid van burgers in de stedelijke wateropgave scheelt ruimte, geld en draagt bij aan brede betrokkenheid bij water.

Bron: <http://www.stowa.nl/>
<http://www.stowa.nl/>

62. Watersysteem ontwerpfase

Thema: Wateroverlast; Kwaliteit;
Type: Constructie
Waterschaptaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: positief

Tijdens de ontwerpfase van het watersysteem kan meer nadruk gelegd worden op het optimaliseren van doorstroming. Meer doorstroming kan ook worden bereikt door een watersysteem te ontwerpen met grote, diepere, geconcentreerde waterpartijen bevat die in verbinding staan met elkaar.

63. Waterbergingsgebieden vergroten

Thema: Wateroverlast
Type: Regelgeving
Waterschaptaak: ja
Relevantie: hoog
Complexiteit: eenvoudig
Kosten/baten: positief

In het kader van de WB21 maatregelen zijn waterbergingsgebieden vastgesteld. Om grotere wateroverlast op te vangen kunnen de bestaande gebieden worden uitgebreid.

