



Brede, gebiedsspecifieke verkenning van effecten van klimaatverandering, in samenhang met toekomstscenario's en trendmatige ontwikkelingen



Copyright © 2012

Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



Deltares: M. Hoogvliet, R. Brolsma, D. Hendriks, M. Kuijper, A. Visser
TNO: W. Appelman, T. van Harmelen
Alterra: M. van Eupen, H. Goosen, M. de Groot, R. Smidt
Geodan Next: A. Koekoek, E. Koomen
HKV: R. Versteeg, A. Roelevink



Deltares
Enabling Delta Life



Geodan next

ALTERRA
WAGENINGEN UR

HKV
LIJN IN WATER

KvK rapportnummer
ISBN

030A/2010
978-94-90070-35-9

Dit onderzoeksproject (projectnummer HSHL06/HSHL12; projecttitel Brede, gebiedsspecifieke verkenning van effecten van klimaatverandering in samenhang met toekomstscenario's en trendmatige ontwikkeling) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

1

Brede, gebiedsspecifieke verkenning van effecten van klimaatverandering, in samenhang met toekomstscenario's en trendmatige ontwikkelingen

Projectnummer KvK HSHL06_12

KvK rapportnummer KvK/030A/2010

ISBN 978-94-90070-35-9

Auteur(s)

Deltares	M. Hoogvliet R. Brolsma D. Hendriks M. Kuijper A. Visser
TNO	W. Appelman T. van Harmelen
Alterra	M. van Eupen H. Goosen M. de Groot R. Smidt
Geodan Next	A. Koekoek E. Koomen
HKV	R. Versteeg A. Roelevink

2

Brede, gebiedsspecifieke verkenning van effecten van klimaatverandering, in samenhang met toekomstscenario's en trendmatige ontwikkelingen

Projectnummer KvK HSHL06_12
KvK rapportnummer KvK/030A/2010
ISBN 978-94-90070-35-9



Deltares
Enabling Delta Life



ALTEERRA
WAGENINGEN **UR**

Dit onderzoekproject (HSHL06_12) is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoekprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van VROM.

Het project is uitgevoerd door de volgende partijen:

- Deltares
- TNO
- Wageningen Universiteit
- Geodan Next
- HKV.

Het project is door bovengenoemde partijen opgezet, op uitnodiging van en in nauwe samenspraak met het Projectbureau Waterkader Haaglanden¹ (WKH), dat de Kennis voor Klimaat onderzoeken in de hotspot Haaglanden coördineert. Co-opdrachtgevers voor het project zijn:

- Provincie Zuid-Holland
- Stadsgewest Haaglanden
- Hoogheemraadschap van Delfland.

Bij dit rapport is een separate managementsamenvatting uitgebracht: projectnummer HSHL06_12, rapportnummer KvK/030B/2010.

Copyright © 2010

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

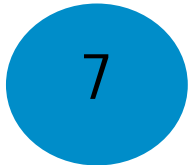
¹ Samenwerkingsverband tussen het Stadsgewest Haaglanden en de negen Haaglanden-gemeenten, het Hoogheemraadschap van Delfland en de provincie Zuid-Holland

Inhoudsopgave

Summary	8
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Kader, vraag- en doelstelling	12
1.3 Aanpak	14
1.4 Leeswijzer	18
Deel A: Voorziene trends en ontwikkelingen	19
2 Klimaatverandering	20
2.1 Grondbeginselen klimaatverandering en –scenario's	20
2.2 Klimaatverandering in regio Haaglanden	24
2.2.1 Hoe verschilt Haaglanden van omliggend gebied?.....	24
2.2.2 Wat gebeurt er in de kustzone?	26
2.2.3 Wat gebeurt er in de stad?	28
2.3 Conclusies	30
3 Ruimtelijke ontwikkelingen	32
3.1 Huidig ruimtegebruik	32
3.2 Toekomstige ontwikkelingen en trends.....	34
3.3 Twee toekomstvarianten met ruimtelijke ontwikkelingen	36
3.3.1 Methodische verschillen tussen de varianten	37
3.3.2 Twee ruimtelijke toekomstbeelden voor 2020	38
3.3.3 Twee ruimtelijke toekomstbeelden voor 2040	42
3.4 Conclusies - uitleggen versus verdichten.....	45
Deel B: Effecten op componenten van het fysiek systeem.....	48
4 Bodem en grondwater	49
4.1 Bodemdaling	49
4.1.1 Ontstaan van bodemdaling	49
4.1.2 Effect van klimaatverandering op bodemdaling	50
4.1.3 Klimaat effect op bodemdaling in Haaglanden	51
4.1.4 Resulterende risico's	54

4.1.5	Uitstoot van broeikasgassen.....	56
4.1.6	Tegengaan van bodemdaling.....	57
4.1.7	Conclusies.....	58
4.2	Grondwateroverlast.....	60
4.2.1	Effect van neerslagtoename.....	60
4.2.2	Effect van zeespiegelstijging.....	62
4.2.3	Conclusies.....	63
5	Veiligheid – stabiliteit waterkeringen.....	64
5.1	Opbouw en voorkomen polder/boezemkaden, veendijken.....	64
5.2	Risico's voor waterkeringen in Haaglanden.....	67
5.2.1	Afname van stabiliteit door vernatting.....	68
5.2.2	Afname van stabiliteit door droogte.....	69
5.2.3	Monitoring van waterkeringen.....	71
5.3	Conclusies.....	72
6	Oppervlaktewateroverlast.....	75
6.1	Wateropgave bij KNMI'06 scenario's onduidelijk.....	75
6.2	Normen voor wateroverlast.....	76
6.2.1	NBW-normering.....	76
6.2.2	Gehanteerde normeringssystematiek.....	78
6.3	Huidige wateropgave.....	83
6.4	Wateropgave onder de KNMI'06 scenario's.....	85
6.5	Conclusies.....	89
7	Watervoorziening.....	91
7.1	Aanvoerroutes en afspraken.....	91
7.2	Actuele knelpunten – ervaringen uit de zomer van 2003.....	95
7.3	Toename van kans op droogte en externe verzilting.....	97
7.4	Verkenning klimaatbestendigheid inlaatpunten.....	101
7.5	Conclusies.....	107
8	Waterkwaliteit.....	112
8.1	Gebruik en kwetsbaarheid van oppervlaktewater.....	112
8.2	Belangrijke punten van zorg.....	114
8.2.1	Riooloverstort en waterzuivering.....	114
8.2.2	Stijging watertemperatuur.....	116

8.2.3	Zwemwater.....	117
8.2.4	Voorkomens van exoten in aquatisch systeem.....	120
8.2.5	Beleving van water (stedelijk gebied).....	121
8.3	Beleidslijnen en -instrumenten voor waterkwaliteit.....	122
8.4	Conclusies	124
Deel C: Klimaatverandering en prominente functies		126
9	Buitengebied – ‘Gras’.....	127
9.1	Landbouw	128
9.1.1	Huidig beleid en voorziene knelpunten.....	128
9.1.2	Klimaat effecten landbouw	129
9.1.3	Uitgelicht: invloed van weersextremen op productie gras	131
9.1.4	Minder koeien in de wei.....	137
9.2	Natuur.....	139
9.2.1	Klimaat effecten op natuur	140
9.2.2	Natuur wint areaal maar verliest kwaliteit.....	144
9.3	Recreatieve regio?.....	145
9.4	Conclusies	146
10	Stedelijk gebied – ‘Stad’.....	149
10.1	Ontwikkeling stedelijk gebied.....	149
10.2	Infrastructuur.....	151
10.3	Mobiliteit	162
10.4	Economie	164
10.5	Leefbaarheid.....	166
10.6	Conclusies	169
11	Glastuinbouw – ‘Glas’	173
11.1	Inleiding	173
11.2	Huidige situatie en beleid: herstructurering en verdichting.....	173
11.3	Trends en ambities sector	176
11.4	Systeemcomponenten en klimaatverandering.....	178
11.4.1	Watervoorziening en waterberging.....	180
11.4.2	Teelt en gewasgroeiomstandigheden	184
11.4.3	Energievraag- en voorziening	186
11.4.4	Transport	187
11.4.5	Bedrijfszekerheid en schade.....	187



11.5	Conclusies - knelpunten en kansen	188
11.5.1	Bouwstenen voor adaptatie – ervaringen uit projecten	189
11.5.2	Eindconclusie - glastuinbouw, blijft deze peiler boven NAP?....	192
Deel D: Naar een regionale adaptatiestrategie.....		193
12	Handelingsperspectief	194
12.1	Fysiek systeem – wat kunnen we doen?	194
12.1.1	Bouwstenen adaptatiestrategie	194
12.1.2	Kennishiaten.....	198
12.2	Gebruiksfuncties – wat kunnen we doen?	200
12.2.1	Buitengebied – ‘Gras’	200
12.2.2	Stedelijk gebied – ‘Stad’	201
12.2.3	Glastuinbouw – ‘Glas’	204
Literatuur.....		206
Bijlage A: Uitkomst brede inventarisatie klimaateffecten		213
Bijlage B: Klimaatverandering in Zuid-Holland op de kaart.....		225
Bijlage C: klimaatverandering in verschillende schaalniveaus van de stad.....		235
Bijlage D: Ruimtelijke ontwikkelingen in Wonen en Glas, 2040.....		237
Bijlage E: Overzicht stad en klimaateffecten in Haaglanden.....		239

8

Summary

We are certain that our climate is changing. It is also becoming clearer what these changes will encompass in terms of weather patterns and sea level rise. The resulting overall picture is alarming, which calls for mitigation and adaptation.

The exact effects of climate change and the nature of adaptive measures, differ between areas. Mainly dependent on physical and socio economic characteristics, area specific problems but also opportunities arise. With the right knowledge, these can be translated into efficient area specific measures and actions. The steps from effect to solution take shape in a regional adaptation strategy.

The objective of this project is to cluster fragmented information about effects, supply focus and bring regional socio economic changes and policies into the equation. All this with the purpose to strengthen the knowledge foundation for the adaptation strategy of the Haaglanden region.

Climate change

The KNMI'06 scenarios provide information about climate change in The Netherlands. General expectations are:

- Temperature rise continues
- Winters will be wetter
- Summers will be dryer
- Summer peak rainfall will become more intense
- Changes in wind climate will be small compared to natural variations
- Sea level rise continues.

The most important drivers for effects in the Haaglanden region are (besides sea level rise, which is a universal concern for The Netherlands) the rise in rainfall amount, rainfall intensity and temperature rise, resulting in more severe drought situations.

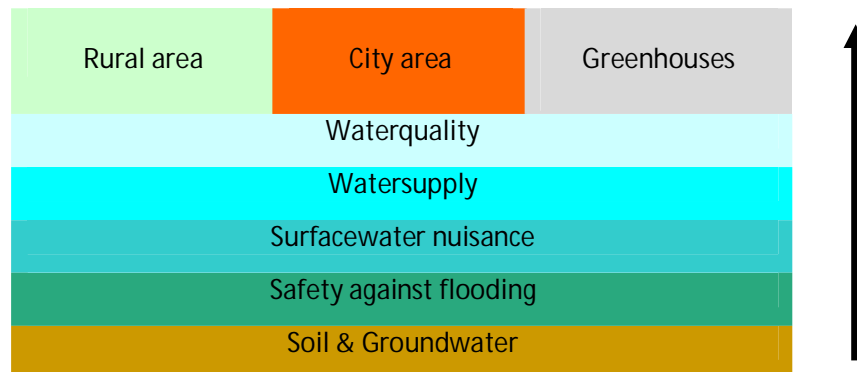
Spatial trends

The spatial distribution of landuse in Haaglanden depends strongly on the success of the regional policy regarding spatial planning. The most important aspect is inner-city compaction. When the ambitious goals of current policies are not met, socio economic trends will result in a further expansion of the city areas, to the expense of valued rural areas.

Prominent effects

The combination and interference of climate change and socio economic trends result in specific effects. The diagram below describes the themes and landuse types that were analyzed on effects. Together the rural area (agriculture, nature and recreational areas), city area and greenhouses cover most of the Haaglanden region.

9



Shortlist of identified effects, relevant for the regional adaptation strategy:

- Faster progress of land subsidence
- Increase of dynamics of groundwater levels in city areas (higher highs, lower lows)
- Increase in chance of deformation and failure of peat dikes and embankments
- Increase in flooding risks
- Increase in water nuisance (caused by groundwater, rainfall and surface water)
- Increase in drought situations and water demand
- Increase in internal salinization through groundwater and inoperative water intake works caused by salinization of the main water system
- Decrease in water quality
- Increase of pressure on the current agricultural business model
- Decrease in nature values
- Advance of exotic species and infestations
- Several complications concerning utilities (energy, drinking water, infrastructure, buildings)
- Heat stress.

Although the emphasis of this study lies on identifying possible problems, opportunities are also present. This applies for instance to recreation and greenhouses. An adaptation strategy should also act on these opportunities.

In addition to the identified effects, suggestions for measures to be considered in the adaptation strategy are given. Also deficiencies in knowledge and recommendations for further research are described.

Coping with water nuisance encompasses a main part of the strategy. Although policies in Haaglanden have always been on the forefront, climate change will bring greater challenges that require additional efforts. The threat of failing water supply, because of greater water demand and inoperative water intake works, and decrease of water quality also deserve special attention in the strategy. Providing more vegetation and water in city areas helps contain heat stress and add to water storage capacity during extreme rainfall. Such meas-

ures that in addition guaranty liveability and enjoyment of city areas, should be high on the agenda.

Resistance, resilience, flexibility and timing

Because we are not sure what the magnitude of the changes will be and how fast they will evolve, an adaptation strategy demands building blocks that provide resistance, resilience and flexibility. Resistance is necessary to cope with extreme conditions. Resilience is needed to recover fast, as soon as conditions are normal again. In particular uncertainty about the pace in which changes will evolve and the magnitude of effects, ask for flexibility. It should always be possible to adapt policies and measures as soon as new knowledge is available or new experiences are gained.

10

Timing is crucial in adaptation. The trick is to choose the optimum moment of intervention. Taking measures too soon may lead to over investment and unnecessary restraints on social activities. Waiting too long leads to higher damages and higher costs for measures, because delayed intervention always turns out to be more costly than timely prevention.

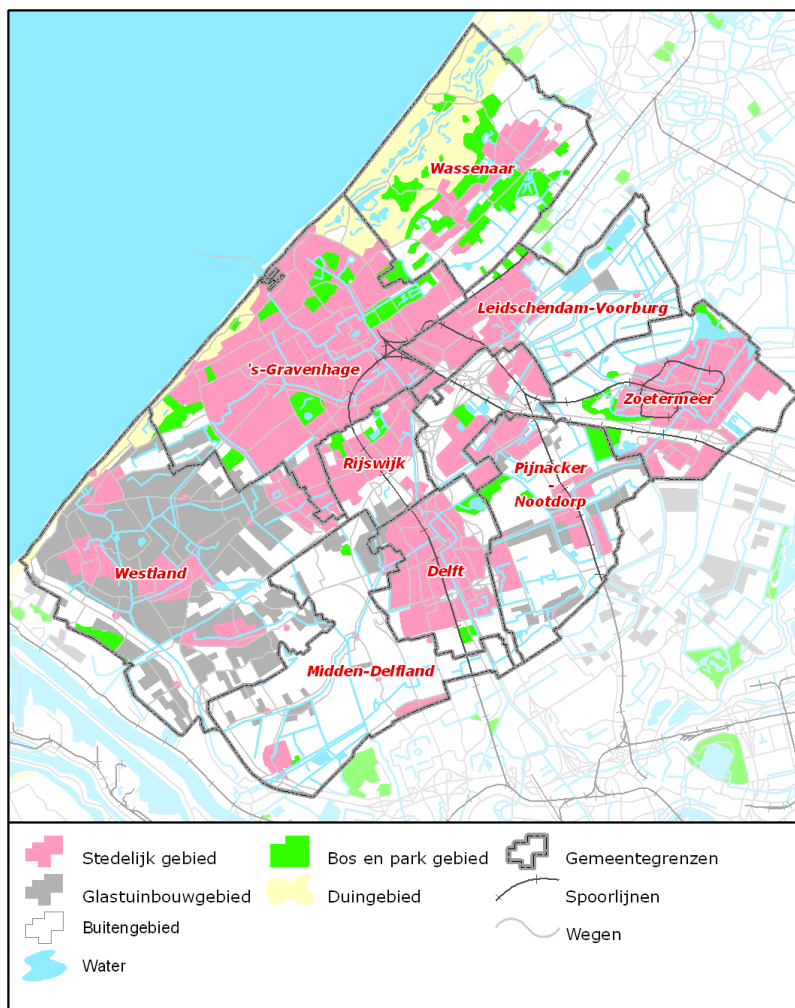
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

11

Het grondgebied van het stadsgewest Haaglanden wordt zeer intensief gebruikt. Dit brengt zowel voordelen als complicaties met zich mee. Ruimtelijke ontwikkelingen zoals de veranderende locaties van kassencomplexen en de opkukkende bebouwing zijn bijvoorbeeld als gevolg van het toenemende verharde oppervlak oorzaken van wateroverlast. Water wordt snel afgevoerd en de bergingscapaciteit in het gebied staat onder druk. Het ruimtegebrek voor water is momenteel al een knelpunt, waardoor maatregelen worden genomen. Klimaatverandering zal naar verwachting voor een verdere complicatie van dit probleem zorgen.

De toename van de kans op wateroverlast is niet het enige effect dat klimaatverandering met zich meebrengt. Er zijn vele effecten mogelijk. Haaglanden wil dan ook meer zicht krijgen op de potentiële effecten van klimaatverandering die specifiek zijn voor de regio: waar moet de aandacht in dit gebied voornamelijk naar uitgaan? Het is daarbij ook wenselijk om die effecten te relateren aan de ruimtelijke ontwikkelingen die in de komende decennia worden voorzien. Deze gecombineerde informatie komt van pas bij het geven van richting aan kennisontwikkeling over maatregelen die Haaglanden klimaatbestendiger zullen maken en houden. Dit is voeding voor de totstandkoming van een regionale klimaat adaptatiestrategie.



Figuur 1: Stadsgebwest Haaglanden

1.2 Kader, vraag- en doelstelling

Om te komen tot klimaatadaptatie is een stapsgewijze aanpak nodig. Voordat adaptieve maatregelen ontwikkeld kunnen worden, moeten we de huidige en (bandbreedte in de) toekomstige situatie goed kennen en begrijpen. En om adaptieve maatregelen te laten slagen is een veranderingsproces nodig, zowel in de besluitvorming op bestuurlijk en bedrijfseconomisch niveau als in het gedrag van burgers. De volgende stappen zijn dan ook noodzakelijk:

1. Verkrijgen van kennis van klimaatverandering (meteorologie)
2. Opdoen van kennis van effecten van klimaatverandering. Hoe kwetsbaar is Haaglanden?
3. Verkennen van mogelijke maatschappelijke, economische en daaruit volgende ruimtelijke ontwikkelingen
4. Selecteren en ontwikkelen van adaptieve maatregelen
5. Implementeren van adaptieve maatregelen

In dit project zijn stappen 2 en 3 genomen, en wordt voorgesorteerd op stap 4. In stap 2 is op basis van thans beschikbare kennis en informatie een verkenning uitgevoerd naar de gevoeligheid van het gebied voor klimaatverandering en de effecten daarvan op voorname functies en waarden in Haaglanden. In stap 3 is gezocht naar de betekenis van nationale en regionale sociaaleconomische ontwikkelingen en trends voor de ruimtelijke inrichting van Haaglanden. Er is vervolgens gezocht naar de lokale impact van te verwachten klimatologische veranderingen, ruimtelijke veranderingen, en de onderlinge relaties tussen die veranderingen.

Vraagstelling

De centrale vraag in het project is: voor welke functies en op welke delen van Haaglanden heeft klimaatverandering dusdanige effecten dat deze meegenomen moeten worden in nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen en aanpassingen? En andersom: welke mogelijke ruimtelijke ontwikkelingen en functies krijgen te maken met welke effecten van klimaatverandering? De centrale vraag is in het onderzoek gesplitst in de volgende delen:

- wat zijn de effecten van klimaatverandering op waterbeheer, gezondheid, recreatie, leefbaarheid, veiligheid, luchtkwaliteit, energievraag, economie, natuur, landbouw, enz.
- in welke mate worden de effecten beïnvloed door lokale karakteristieken zoals bodemtype, watersysteem, landgebruikstypen, enz.
- welke veranderingen zijn te verwachten in het huidige gebruik van de ruimte in Haaglanden als gevolg van sociaaleconomische ontwikkelingen?
- welke toekomstige ontwikkelingen zullen op welke wijze te maken krijgen met effecten van klimaatverandering?

Doelstelling

Doel van het project is om de effecten van klimaatverandering op functies en waarden specifiek voor de hotspot Haaglanden te inventariseren, verwachtingen ten aanzien van klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen bijeen te brengen en hun interferentie te onderzoeken. Er is daarbij hoofdzakelijk gelet op prominente ontwikkelingen/trends die van invloed zijn op de ruimtelijke inrichting van de regio. Er is gestreefd naar het ontwikkelen van een eenduidig, overkoepelend beeld over de effecten van klimaatverandering, uitgesplitst naar voor de regio relevante thema's en sectoren. De uitkomsten geven aan welke onderwerpen in ieder geval in de regionale adaptatiestrategie van de hotspot Haaglanden moeten worden opgepakt.

Het onderzoek is verkennend, agenderend en programmerend. Er worden nog geen concreet uitgewerkte inrichtingsmaatregelen geschetst, met hun consequenties.

1.3 Aanpak

Het project is in vier stappen uitgevoerd: eerst een definitiefase en daarna drie vervolgvactiteiten.

Stap 1) Definitiefase

In deze eerste stap is een brede inventarisatie uitgevoerd van mogelijke effecten van klimaatverandering in het gebied. Er is voor gekozen om binnen de Hotspot Haaglanden het aantal te beschouwen thema's niet vooraf te limiteren. Dat betekent dat in beginsel zo veel mogelijk thema's die de ruimtelijke en strategische beslissingen in het gebied van Haaglanden kunnen beïnvloeden, zijn bekeken.

De inventarisatie bestond uit deskresearch (verzamelen en bestuderen van rapportages en literatuur) en de consultatie van experts bij de onderzoeksinstellingen. De resultaten van de inventarisatie zijn samengevat in een tabel, die is opgenomen in bijlage A.

Gedurende de inventarisatie is onder meer gebruik gemaakt van de '*klimaat-scan*', die onderdeel is van het voor een ieder benaderbare Geoportaal Klimateffecten (<http://klimateffectatlas.wur.nl>). In dit geoportaal is informatie bijeengebracht die kan worden gebruikt voor het inschatten van de effecten van klimaatverandering op de (toekomstige) gebruiksfuncties in een gebied. Deze informatie bestaat vooralsnog uit kaarten met temperatuur- en neerslaggegevens en kaarten met gegevens over watertekort, wateroverschot en overstromingen. In de toekomst wordt de informatie uitgebreid met onder andere gegevens over verzilting en hitte in de stad. Ook de scenariokaarten van het KNMI zijn in het Geoportaal Klimateffecten aanwezig.

De klimaat-scan geeft een eerste beeld van de belangrijkste klimaatopgaven in het gebied. Gezien het landelijke karakter van de effectdata is de bruikbaarheid op het schaalniveau van de regio beperkt, maar de quickscan geeft wel een eerste indruk van de belangrijkste effecten.

De stakeholders in het gebied zijn de voornaamste eindgebruikers van de resultaten. Het betreft overheidspartijen (provincie, waterschap, gemeenten en regionale samenwerkingsverbanden) die nu voor inrichtingskeuzen in het gebied staan. Om aan hun kennisbehoefte te voldoen en aansluiting met de praktijk te waarborgen, is voor vertegenwoordigers van de stakeholders een 'arena' georganiseerd waarin een meer gedetailleerde invulling is gegeven aan de onderzoeksvragen (verbeteren van focus) en de te bereiken resultaten. Basis voor het denkproces in de Arena vormde de brede effecteninventarisatie. Tezamen met de stakeholders zijn keuzes gemaakt: welke effecten en ontwikkelingen zijn zeker relevant en verdienen daarom in de vervolgstappen van de studie de meeste aandacht.

Stap 2) Schets van te verwachten ruimtelijke ontwikkelingen

De te verwachten economische en maatschappelijke ontwikkelingen in de regio zijn geanalyseerd, enerzijds door uit te gaan van de ambities en beleidsvoor-nemens van de stakeholders (bijvoorbeeld in het Regionaal Structuurplan) en anderzijds door uit te gaan van een meer trendmatige variant. Er is een verta-

ling gemaakt van deze ontwikkelingen naar toekomstbeelden van het ruimtegebruik in Haaglanden, gebruik makend van het modelinstrument Ruimtescanner (<http://www.lumos.info/landusescanner.php>).

Stap 3) Uitwerken klimaateffecten

Als 'prominent' getypeerde klimaateffecten zijn uitgewerkt binnen de compartimenten bodem, grondwater, watervoorziening en -kwaliteit, veiligheid (als functie van stabiliteit waterkeringen; risico op overstroming vanuit zee is niet beschouwd) en wateroverlast. Vervolgens zijn effecten nader gespecificeerd voor de drie belangrijkste landgebruikstypen in Haaglanden:

- Gras (buitengebied)
- Stad (stedelijk gebied)
- Glas (glastuinbouwgebied)

Aangezien deze landgebruikstypen nagenoeg het volledige grondgebied van Haaglanden dekken en omdat het onderzoek- en uitvoeringsprogramma van Waterkader Haaglanden (WKH) gestructureerd is naar deze driedeling, is de driedeling ook in voorliggende studie als mal gebruikt.

De studie richt zich voornamelijk op effecten die omstreeks 2050 kunnen optreden.

16

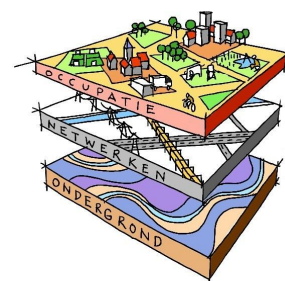


Figuur 2: Thematische compartimenten (fysieke systeem, voorzieningen en landgebruik) waaruit project is opgebouwd en corresponderende lagen uit Lagenbenadering VROM. Per thema is aangegeven in welk hoofdstuk van dat wordt behandeld.

Lagenbenadering

De Ruimtelijke Verkenningen 2000 en de Nota Ruimte introduceren de Lagenbenadering als systematiek en als methodiek waarmee ruimtelijke ontwikkelingen kunnen worden geanalyseerd en gestuurd. De benadering deelt de ruimte op in drie fysieke planningslagen, elk met een eigen dynamiek:

- De ondergrond of basislaag bestaat uit bodem, water en hoogteligging
- De netwerklaag is het geheel van verbindingen en knooppunten die tezamen de infrastructuur vormen voor verkeer en vervoer
- De occupatielaag omvat het fysieke patroon dat voortkomt uit menselijke activiteiten als wonen, werken en recreëren.



De essentie van de Lagenbenadering is het verschil in dynamiek en kwetsbaarheid tussen de lagen; trage dynamiek en grote kwetsbaarheid in de basislaag, hoge dynamiek in de occupatielaag. Dit bepaalt de volgorde van het plannen met de lagenbenadering. Een verstandige ruimtelijke ordening richt eerst de laagdynamische lagen in, om vervolgens de mogelijkheden en beperkingen hiervan bij de ontwikkeling van het ruimtegebruik te benutten. Zo wordt het langetermijnbelang van een goede ondergrond eerst gewaarborgd om vervolgens als voorwaardenschepend en voorwaardenstellend uitgangspunt te dienen voor de wensen en belangen in de occupatielaag.

Lagenbenadering en klimaatadaptatie

De onderverdeling naar thematische compartimenten, die is gehanteerd bij het onderzoek naar klimaateffecten, is geïnspireerd op de lagenbenadering van de Nota Ruimte. In de klimaatdiscussie is de lagenbenadering erg bruikbaar en geeft op hoofdlijnen de volgende handvatten:

- De sleutel en het startpunt van klimaatadaptatie ligt in de basislaag (ondergrond, het fysieke systeem). Klimaatbestendige inrichting van de basislaag is een exclusieve verantwoordelijkheid van de overheid. Het algemene handelingsperspectief is hier: maak maximaal gebruik van het grote adaptieve vermogen van natuurlijke systemen
- Richting occupatielaag treedt de overheid terug en is het speelveld (ook) voor private partijen en burgerbelangen. Er zijn meerdere handelingsperspectieven, bijvoorbeeld meekoppelen met de basislaag (de enige optie voor de functie natuur) of bewust kiezen voor ontkoppelen daarmee wordt de klimaatbestendige inrichting van Nederland een gestructureerd proces van co-creatie door de 4 B's: bestuur, bureaucratie, bedrijf en burger.

Het onderscheid tussen Gras, Stad en Glas is niet alleen een onderscheid naar landgebruik, maar automatisch ook een onderscheid naar de belangrijkste opgaven en ambities die voor Haaglanden gelden. Ook die zijn meegenomen in voorliggende studie: er is beoordeeld of uit klimaatverandering knelpunten volgen voor de ambities en opgaven.

Actuele ruimtelijke opgaven Haaglanden op hoofdlijnen (bron: WKH)

Om de economische groei en bevolkingsaanwas te kunnen blijven accommoderen zullen er tienduizenden woningen gebouwd moeten worden. Hierbij is gekozen voor herstructurering en verdichting van bestaand stedelijk gebied en wordt ingezet op multifunctioneel grondgebruik en het beperken van verdere verharding. Dit is nodig om de leefbaarheid van de regio, die nu al onder druk staat, blijvend te garanderen en de wateropgave te realiseren.

Om de kwaliteit van de leefomgeving verder te verbeteren zal er tevens geïnvesteerd moeten worden in het realiseren en behouden van een regionale groenstructuur en betere verbindingen tussen kust en achterland, en stad-land overgangen. Het karakteristieke open landelijke gebied moet worden behouden. Daarvoor zijn, naast de agrarische sector, nieuwe economische dragers nodig.

In de glastuinbouwgebieden van het Westland en Oostland staat herstructurering hoog op de agenda. Schaalvergroting is nodig, milieueisen moeten worden gerealiseerd en de omgevingskwaliteit moet omhoog. Het is een uitdaging om slimme en aantrekkelijke combinaties te zoeken van glastuinbouwproductie, de inrichting van het landschap, woningbouw en water.

Uitgebreide beschrijvingen van ambities en opgaven voor Haaglanden zijn in diverse documenten vastgelegd, zoals het Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020 (Stadsgewest Haaglanden) en het de Provinciale Structuurvisie (Provincie Zuid-Holland). Bij het evalueren van het belang van klimaateffecten voor Haaglanden zijn deze opgaven in beschouwing genomen.

Stap 4) Interferentie tussen klimaateffecten en ruimtelijke ontwikkelingen
Op basis van de resultaten van de twee voorgaande stappen is bepaald waar welke klimaateffecten problemen zullen opleveren voor toekomstige ontwikkelingen in de sectoren gras, stad en glas, en of er ontwikkelingen zijn die additi-
onele complicaties of kansen met zich meebrengen ten aanzien van klimaatef-
fecten.

1.4 Leeswijzer

Klimaatverandering is een complex onderwerp. Er moet rekening worden ge-
houden met velerlei effecten, die vaak ook weer aan elkaar zijn gerelateerd via
feedback relaties. Dit is inherent aan de systeemopbouw van onze ondergrond
en leefomgeving. Allerlei componenten zijn met elkaar verbonden en reageren
op elkaar als radertjes in een uurwerk. Deze complexiteit uit zich ook wanneer
over klimaateffecten moet worden gerapporteerd. De problematiek is inte-
graal. Het is daarom mogelijk om vanuit verschillende aanliegroutes het pro-
bleem te benaderen en hierover te schrijven. Ook elke lezer zal, gedreven door
zijn specifieke interesses of belangen, een specifieke aanliegroute prefereren.

Om zoveel mogelijk lezers te bedienen is ervoor gekozen om in dit rapport
twee aanliegroutes te onderscheiden: een benadering van effecten, knelpun-
ten en bouwstenen voor adaptatie voor componenten van het fysieke systeem
(hoofdstukken 4 t/m 8), en een benadering gericht op prominente landge-
bruiksfuncties (hoofdstukken 9, 10, 11). De integraliteit van de problematiek
komt voornamelijk in de hoofdstukken over gebruiksfuncties tot uiting.

Elk hoofdstuk geeft een totaalbeeld van de uitwerking van klimaatverandering
op dat thema of die functie. Dit leidt ertoe dat op verschillende plaatsen in het
rapport effecten van bijvoorbeeld bodemdaling worden beschreven (redundan-
tie), maar voorkomt de noodzaak tot veel verwijzingen en geblader. Een lezer
die alleen geïnteresseerd is in een bepaald thema (zoals watervoorziening of
glastuinbouw), kan zich door deze opzet in principe tot dat hoofdstuk beper-
ken.

Deel A: Voorziene trends en ontwikkelingen

19



2 Klimaatverandering

Een klimaateffect studie begint bij het beschouwen van de te verwachten mate van klimaatverandering. Dat wordt in dit hoofdstuk gedaan. Allereerst door de algemeen geldende klimaatscenario's voor Nederland te beschrijven, en vervolgens door aan te geven hoe de regio Haaglanden verschilt en met welke klimaatfactoren in Haaglanden vooral rekening moet worden gehouden. Deze factoren zijn bepalend voor de effecten die in de navolgende hoofdstukken worden beschreven, en uiteindelijk voor de adaptatiestrategie.

2.1 Grondbeginselen klimaatverandering en –scenario's

Dat de aarde snel opwarmt als gevolg van een door de mens versterkt broeikaseffect is pas tien jaar geleden afdoende aangetoond. In 1995 kon het hoogstens 'aannemelijk' worden genoemd en voor die tijd was het alleen een vermoeden. Tot 1980 was er zelfs nauwelijks belangstelling voor. Inmiddels wordt de opwarming algemeen beschouwd als een van de grootste problemen waarvoor de mensheid zich geplaatst ziet.

Wat is klimaat?

Het klimaat is het gemiddelde weer in een bepaald gebied over een langere periode. Bij een beschrijving van het klimaat wordt informatie gegeven over o.a. de gemiddelde temperatuur in verschillende seizoenen, de neerslag, uren zonneschijn, etc. Ook een beschrijving van de (kans op) extremen hoort bij de beschrijving van het klimaat. Vaak wordt een periode van 30 jaar gebruikt om de gemiddelden en extremen van het klimaat te bepalen (dit is een standaard volgens de World Meteorological Organization). Een periode van 30 jaar bevat een groot deel van de natuurlijke variatie tussen jaren. Het KNMI maakt elke 10 jaar een overzicht van het klimaat op verschillende plaatsen in Nederland. De laatst beschreven periode is die van 1971-2000 (KNMI, 2009).

Welke klimaatverandering hebben we recentelijk al gezien?

Vooral sinds het eind van de jaren tachtig is de gemiddelde *temperatuur* in Nederland flink gestegen. Alle jaren vanaf 2001 t/m 2009 behoren tot de top 10 van de wereldwijd warmste jaren sinds het begin van de waarnemingen aan het eind van de 19^e eeuw. De zomers werden warmer, de winters minder koud. Het KNMI heeft op basis van waarnemingen geconstateerd dat de temperatuur in Nederland en de ons omringende landen de afgelopen jaren ongeveer twee keer zo snel is gestegen als de wereldgemiddelde temperatuur. Deze toename lijkt systematisch te zijn en berust zeer waarschijnlijk niet op een natuurlijke schommeling (Klein Tank en Lenderink, 2009).

De jaarlijkse *neerslag* in Nederland is de afgelopen eeuw met ongeveer 18 procent gestegen. En steeds vaker valt neerslag in de vorm van intense buien. In het *windklimaat* is niet veel verandering te zien. De mondiale stijging van de *zeespiegel*, die het gevolg is van smelten van landijs en het uitzetten van op-

warmend water, komt door lokale effecten zoals bodemdaling in de Nederlandse omgeving harder aan dan elders in de wereld. De zeespiegel stijgt hier sinds de jaren twintig al in een constant tempo, een versnelling daarin is nog niet waargenomen. De wereldgemiddelde zeespiegelstijging over de 20ste eeuw was 17 cm. In de periode 1993-2003 was de zeespiegelstijging 3,1 mm per jaar. In Nederland is de zeespiegel met een geleidelijke snelheid van 2,5 mm/jaar ($\pm 0,6$ mm/jaar) gestegen in de afgelopen eeuw. In de periode 1990-2006 is de zeespiegel voor onze kust dus met bijna 4 cm gestegen (KNMI, 2009).

Wat zijn klimaatscenario's?

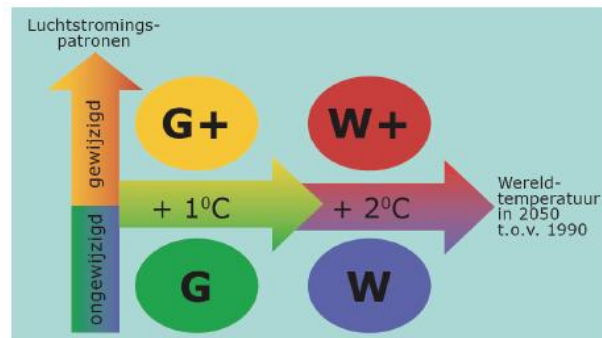
Klimaatscenario's zijn consistente en plausibele beelden van een mogelijk toekomstig klimaat. Ze geven in samenhang aan in welke mate temperatuur, neerslag, wind, etc. kunnen wijzigen bij een bepaalde mondiale klimaatverandering. Klimaatscenario's zijn geen lange termijn weersverwachtingen: ze doen geen uitspraken over het weer op een bepaalde datum, maar alleen over het gemiddelde weer en de kans op extreem weer in de toekomst (KNMI, 2009).

KNMI'06 klimaatscenario's

Hoe het klimaat in Nederland verandert is vooral afhankelijk van de wereldwijde temperatuurstijging en van veranderingen in de stromingspatronen van de lucht in onze omgeving (West Europa) en de daarmee samenhangende veranderingen in de wind. De indeling van de klimaatscenario's is daarom op deze twee aspecten gebaseerd. Kenmerken van alle KNMI'06 klimaatscenario's zijn:

- Opwarming zet door
- Winters gemiddeld natter
- Zomers gemiddeld droger
- Heviger extreme zomerbuien
- Veranderingen in het windklimaat klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid
- Zeespiegel blijft stijgen.

Blijft de luchtaanvoer globaal zoals die was, dan zal de neerslag in winter en zomer langzaam blijven groeien. Verandert het patroon (is onderdeel van de '+' scenario's), dan kan de neerslag 's winters heel sterk toenemen en in de zomer juist afnemen. Daardoor zou onder meer de afvoer van de Maas en Rijn grote schommelingen kunnen vertonen. De verwachting is dat de Rijn steeds meer het karakter krijgt van een regenrivier, met hogere afvoeren 's winters en lagere afvoeren 's zomers.



G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Tabel 1: Klimaatscenario's rond 2050 voor Nederland ten opzichte van 1990 (www.knmi.nl/klimaatscenarios/).

De temperatuurstijging in de scenario's W en W+ is 2 maal de temperatuurstijging in de scenario's G en G+. De temperatuurstijging in 2100 in de scenario's G en G+ is gelijk aan de temperatuurstijging in 2050 in de scenario's W en W+. Dit geldt ook voor de andere klimaatvariabelen, behalve voor zeespiegelstijging. Dit betekent bijvoorbeeld dat beleid dat gericht is op het W en W+ scenario zich in snelheid zal onderscheiden van beleid gericht op het G en G+ scenario.

Samen geven deze KNMI'06 klimaatscenario's een groot deel van de range voor het mogelijke toekomstige klimaat in Nederland weer, op basis van onze huidige kennis. Het zijn min of meer de hoekpunten waarbinnen we verwachten dat ons toekomstig klimaat zich zal ontwikkelen: op basis van onze huidige kennis verwachten we dat de kans groter is dat ons toekomstige klimaat zich zal ontwikkelen binnen deze vier hoekpunten dan daarbuiten.

Onzekerheden

Over sommige klimaatvariabelen kunnen met meer zekerheid uitspraken worden gedaan dan over andere variabelen. In voorliggende studie zijn de onzekerheden gebruikt om de waarschijnlijkheid van het optreden van effecten in te schatten. Om een indruk te geven is hieronder aangegeven wat de relatieve zekerheid is van de uitspraken over de verschillende klimaatvariabelen. Over het algemeen neemt de onzekerheid toe in de volgende rijtjes van links naar rechts:

Temperatuur > Zeespiegel > Neerslag > Wind
 Neerslag winter > Neerslag zomer
 Gemiddelden > Eens per 10 jaar extremen

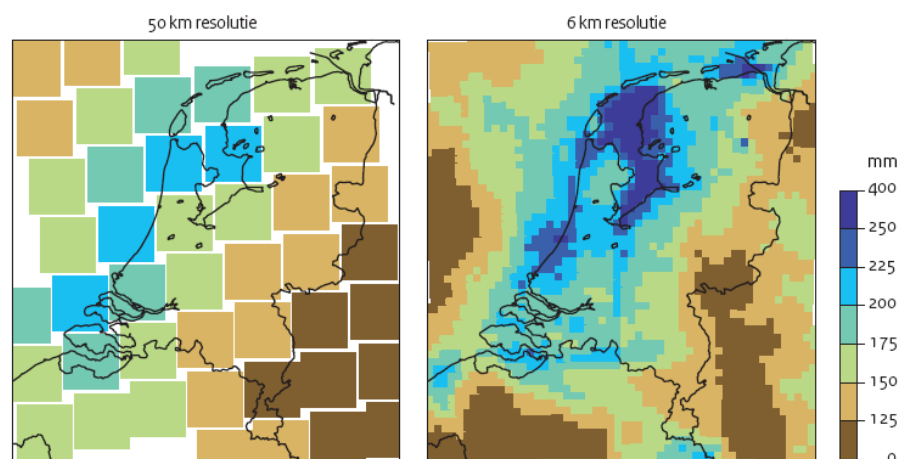
Actualiteit klimaatscenario's

De wetenschap ontwikkelt telkens nieuwe kennis over het klimaatsysteem. Gebaseerd op deze kennis worden geactualiseerde projecties gemaakt van de klimaatveranderingen die samenhangen met de wereldwijde opwarming. Deze projecties vormen de basis voor een toekomstige generatie klimaatscenario's voor Nederland. Voor het maken van regionale klimaatscenario's is veel informatie uit mondiale en regionale klimaatmodellen nodig. Nieuwe klimaatscenario's voor Nederland worden rond 2013 verwacht (KNMI, 2009).

De algemene scenario's voor toekomstige klimaatverandering in Nederland die het KNMI in 2006 heeft uitgegeven zijn in 2009 geëvalueerd, aan de hand van actuele wetenschappelijke ontwikkelingen. Uitkomst is dat ook volgens de huidige inzichten de vier KNMI'06 scenario's tezamen de meest waarschijnlijke veranderingen in Nederland beschrijven, met bijbehorende onzekerheden (Klein Tank en Lenderink, 2009).

Vertaling van landelijke scenario's naar regionaal niveau

De KNMI'06 scenario's gaan uit van één vaste waarde voor de temperatuur- en neerslagveranderingen voor geheel Nederland. De gebruikte klimaatmodellen voor de KNMI'06 scenario's bevatten geen realistische beschrijving van de lokale temperatuur van het Noordzeewater. Ook is de gebruikte ruimtelijke resolutie onvoldoende om bijvoorbeeld kustneerslag te kunnen onderscheiden van de neerslag in het binnenland. Lange klimaatsimulaties met regionale modellen waarin de invloed van het Noordzeewater realistisch wordt meegenomen zijn op dit moment niet beschikbaar. Dit maakt de uitspraken over de toekomstige regionale klimaatverandering in de navolgende paragraaf 2.2 nog indicatief: zij kunnen nog niet op basis van modeluitkomsten worden geverifieerd en gekwantificeerd.

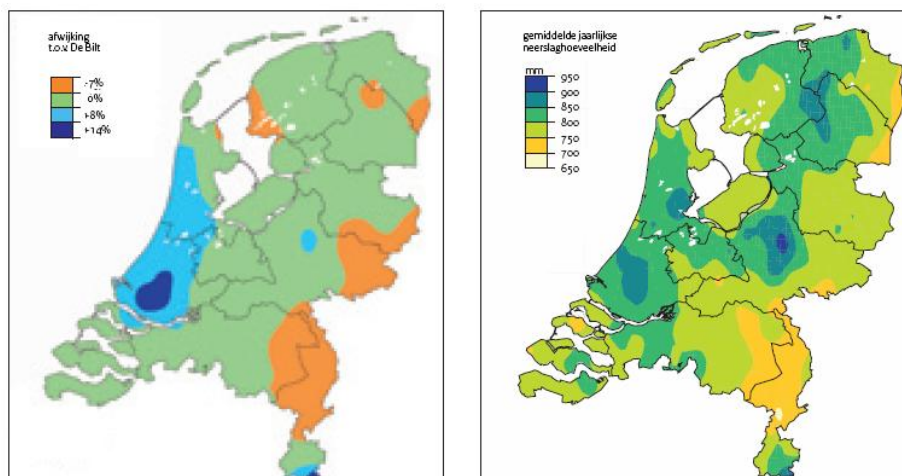


Figuur 3: Modelweergave van de neerslagverdeling in augustus 2006. Links: de 50 km resolutie versie die is gebruikt voor de KNMI'06 scenario's. Rechts: een 6 km resolutie versie, waar het KNMI momenteel onderzoek mee doet naar regionale verschillen in klimaatverandering binnen Nederland (Klein Tank en Lenderink, 2009). Uitkomsten op basis van deze lagere resolutie zijn voor een regionale studie gewenst, maar waren voor onderhavige studie nog niet beschikbaar.

2.2 Klimaatverandering in regio Haaglanden

2.2.1 Hoe verschilt Haaglanden van omliggend gebied?

De informatie en cijfers uit de KNMI'06 scenario's zijn nog steeds geldig en zijn daarom ook in voorliggende studie als uitgangspunt gebruikt. De scenario's zijn echter opgesteld voor geheel Nederland en missen nuanceringen voor de verschillende regio's. Dat is ten dele ook niet mogelijk, aangezien de modellen waarmee de scenario's zijn geconstrueerd daarvoor een te lage resolutie hebben. Echter, sommige klimaatfactoren kunnen voor de regio Haaglanden wel nader worden genuanceerd: er kan worden aangegeven of de klimaatfactoren in Haaglanden meer of minder tot uiting komen ten opzichte van het Nederlands gemiddelde. In het document 'Klimatschetsboek Nederland' (KNMI, 2009) worden regionale klimaatverschillen in Nederland uitvoerig beschreven. En het KvK-project "HSHL05/HSRR04 Regiospecifieke klimaatinformatie voor Haaglanden en regio Rotterdam" is volledig aan dit vraagstuk gewijd. De eindresultaten van dit project waren gedurende voorliggende studie echter nog niet beschikbaar. Daarom is uitgegaan van de KNMI'06 scenario's, aanvullende informatie uit het Klimatschetsboek, getransformeerde data van lokale meetstations en richtinggevend tussenresultaten m.b.t. hitte in de stad en neerslag van HSHL05/HSRR04. Figuur 4 illustreert de regionale verschillen die binnen Nederland heersen voor extreme en gemiddelde jaarlijkse neerslag. De donkerblauwe vlek in Zuid-Holland is daarbij natuurlijk opmerkelijk en bepalend voor het relatieve belang van neerslag voor Haaglanden, in verhouding tot de rest van Nederland.



Figuur 4: Regionale verschillen in de neerslagstatistiek. De kleuren in de linker kaart verbeelden het verschil in dagextreme neerslag ten opzichte van De Bilt (gebaseerd op meetreeksen van 141 stations, 1951-2005). Ter vergelijking geeft de rechter kaart de regionale verschillen in de totale jaarlijkse neerslaghoeveelheid (gemiddelde, gebaseerd op meetreeksen van 283 stations, 1971-2000) (Klein Tank en Lenderink, 2009).

Hoewel er geen 1-op-1 relatie is tussen de gemiddelde neerslag en het aantal dagen met ≥ 15 mm, lijken de gebieden in Figuur 4 met een hogere gemiddelde

neerslag ook iets meer dagen met ≥ 15 mm te hebben. In de toekomst zullen deze ruimtelijke patronen waarschijnlijk blijven bestaan.

Bijlage B bevat een serie kaarten die toont hoe het klimaat in Haaglanden is (periode 1976 – 2005) en hoe die kan veranderen onder W en W+ scenario's in 2050 en 2100. De kaarten zijn gemaakt met data uit het Geoportaal Klimateffecten (<http://klimateffectatlas.wur.nl>). De ruimtelijke verschillen die de kaarten tonen worden veroorzaakt door verschillen in metingen die op weerstations zijn gedaan. Dit zijn dus ruimtelijke verschillen in het huidige klimaat. Aangezien er nog geen informatie beschikbaar is over mogelijke wijzigingen van het ruimtelijk patroon onder invloed van klimaatverandering, zijn de patronen in de kaarten voor 1976-2005 (huidig klimaat) en voor de toekomst in principe hetzelfde. Alleen de legenda's veranderen.

De kaarten zijn voornamelijk vervaardigd om duidelijk te maken hoe de meteorologie in Haaglanden verschilt van het omliggende gebied in Zuid-Holland. Op het schaalniveau van Haaglanden zelf tonen de kaarten geen of nauwelijks verschillen, wat overigens niet betekent dat er geen verschillen zijn (zie de hierna volgende paragrafen). De kaarten tonen ook hoe verschillend de uitkomsten onder een W of W+ scenario kunnen zijn. Met name voor de factoren neerslag en het aantal tropische dagen is dit verschil tekenend (zie Tabel 2).

Parameter	huidig	W 2050	W+ 2050
Gemiddelde neerslag (jaar)	850-880 mm	940-970 mm	850-880 mm
Gemiddelde neerslag (winterhalfjaar)	450-475 mm	500-525 mm	500-525 mm
Gemiddelde neerslag (zomerhalfjaar)	400-425 mm	425-450 mm	Circa 350 mm
Aantal dagen met ≥ 15 mm neerslag (per jaar)	10-12	Circa 14	Circa 12 ²
Aantal tropische dagen ≥ 30 °C (per jaar)	Circa 2	4-6	Circa 10

Tabel 2: Verandering van prominente meteorologische parameters in Haaglanden onder W en W+ scenario in 2050, ten opzichte van huidige situatie (1976-2005). Cijfers corresponderen met figuren in Bijlage B (bron: Geoportaal Klimateffecten).

Een viertal algemene constateringingen die gelden voor Zuidwest Nederland zijn (voorlopige conclusies HSHL05/HSRR04):

- Verschillen in de vochtbeschikbaarheid van de bodem (afhankelijk van o.a. vegetatie en grondwaterspiegel) in Zuidwest Nederland zorgen voor regionale verschillen in (met name) temperatuur en luchtvochtigheid.
- Door verschillen in ruwheid van het landschap, alsmede de gradiënt in afstand tot de kust, zijn er in Zuidwest Nederland verschillen in

² KNMI heeft aangegeven dat deze verwachting voor de kustzone waarschijnlijk een onderschatting is. De verwachting moet gelijk gesteld worden met de verwachting voor het W scenario (circa 14 dagen).

windsnelheid.

- Er zijn in Zuidwest Nederland regionale verschillen in neerslag en extreme neerslag.
- Door het zeewindeffect ontstaan er vooral in het voorjaar en in de eerste helft van de zomer soms scherpe verschillen in temperatuur, vocht, wind en bewolking. Hierdoor kunnen in deze weerselementen vrij grote verschillen ontstaan over een afstand van enkele kilometers.

2.2.2 Wat gebeurt er in de kustzone?

Het grondgebied van Haaglanden valt binnen wat vaak de 'kustzone' wordt genoemd. Voor die zone gelden specifieke meteorologische kenmerken die hieronder zijn toegelicht en ook tot uiting komen in de kaarten van bijlage B.

Neerslag – het kusteffect

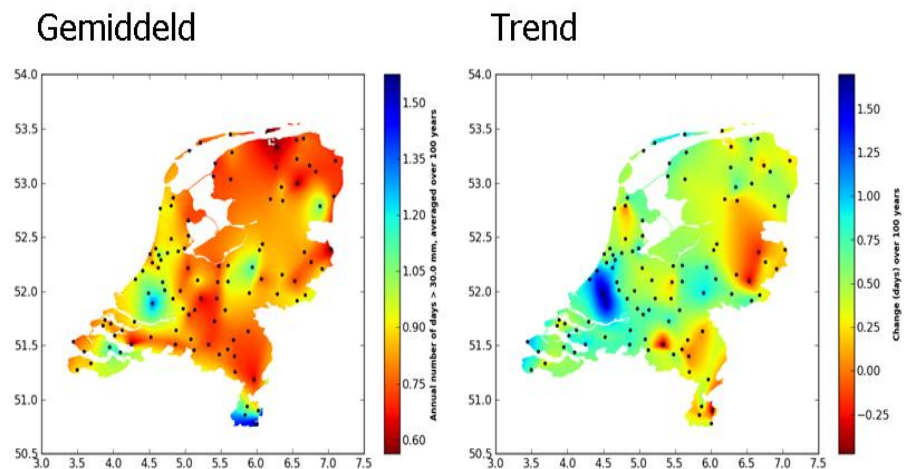
De temperatuur van de Noordzee heeft een aantoonbare invloed op de neerslagverdeling binnen Nederland. Bij bepaalde luchtstromingspatronen kan aan de kust tot ongeveer 15% meer neerslag vallen per graad Celsius temperatuurstijging van de Noordzee. Dit zijn voornamelijk situaties waarbij koude en onstabiele lucht over een warme Noordzee wordt aangevoerd. Dit effect is het sterkst tot ongeveer 30 kilometer landinwaarts (het volledige Haaglanden areaal), en doet zich vooral voor in de tweede helft van de zomer en in de herfst.

Evenals op het land, lijkt ook de temperatuur van de Noordzee sneller te stijgen dan de wereldgemiddelde temperatuur. Dit is echter moeilijker vast te stellen omdat lange en uniforme tijdreeksen van de Noordzeetemperatuur schaars zijn. Uit waarnemingen blijkt de kuststrook in de nazomer en herfst gemiddeld natter geworden dan het binnenland. Een oorzakelijk verband met de stijgende Noordzeetemperatuur is waarschijnlijk.

De KNMI'06 scenario's bevatten geen ruimtelijke differentiatie in klimaatverandering tussen de kustregio's en de regio's landinwaarts. Nader onderzoek naar aanleiding van de extreme neerslag in augustus 2006 en de rol van het warme Noordzee water, geven aan dat de gebruikte temperatuurafhankelijkheden voor extreme zomerneerslag in de G+ en W+ scenario's waarschijnlijk te laag zijn voor de kustregio's. Daardoor lijkt de kans op wateroverlast in de kustregio's onder de G+ en W+ scenario's onderschat. De waarden voor de G en W scenario's geven een aannemelijke bovenlimiet voor de veranderingen in de G+ en W+ scenario's.

Hoewel het project HSHL05/HSRR04, dat regionale verschillen in klimaatverandering onderzoekt, nog niet is afgerond, zijn er wel enkele voorlopige tussenresultaten beschikbaar. Voor neerslag is gebleken dat regionale verschillen in extreme neerslaghoeveelheden afwijken van de regionale verschillen in de gemiddelde neerslaghoeveelheden. Vooral in Zuid-Holland namen in de afgelopen eeuw de extreme dagwaarden in de neerslag toe, zie Figuur 5. Dit is een voor Haaglanden belangrijke trend die zich mogelijk zal voortzetten.

1910- 2009



Figuur 5: Aantal dagen met >30 mm neerslag per jaar (bron: KNMI, 25 juni 2010). Linker kaart: aantal dagen per jaar met >30 mm neerslag, gemiddeld over 100 jaar. Rechter kaart: verandering in aantal dagen over 100 jaar.

Temperatuur

Als gevolg van de overheersende zuidwestenwind in Nederland is de temperatuur langs de kust in de winter wat hoger dan meer landinwaarts, en in de zomer wat lager dan landinwaarts. Als gevolg hiervan is het aantal warme, zomerse en tropische dagen, en het aantal vorstdagen, langs de kust lager dan landinwaarts. Ijsdagen, waarbij het de hele dag vriest, treden vooral op bij noorden- tot oostenwinden, waardoor het land-zee-effect minder duidelijk is. Ook de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid zonnestraling en het gemiddeld aantal zonschijnuren is langs de kust hoger. Deze ruimtelijke patronen zullen in de toekomst blijven bestaan (KNMI, 2009).

Neerslagtekort

Doordat er binnen Nederland regionale verschillen zijn in neerslag en verdamping, bestaan er ook regionale verschillen in het maximale neerslagtekort en het moment in het jaar waarop dat wordt behaald. In de vroege zomer hebben de kustregio's vaak iets minder bewolking dan meer landinwaarts gelegen regio's. Het gevolg is dat er aan de kust dan vaak iets minder neerslag valt en dat de zonneschijnduur en dus de verdamping er iets groter zijn. Beide effecten leiden tot een groter neerslagtekort. Rond 2050 neemt het neerslagtekort in de klimaatscenario's niet sterk toe, maar wel in de scenario's G+ en W+. Een zomer als 2003, zou rond 2050 onder het W+ scenario vrij normaal worden (KNMI, 2009).

Storm en stormvloed

Op basis van de huidige kennis bestaat het vermoeden dat de veranderingen in de sterkte van de stormen op de gematigde breedten klein zullen zijn. Er bestaan echter nog veel onzekerheden met betrekking tot wind en stormen. Stormvloeden aan de Nederlandse kust treden op bij stormen uit westelijke tot noordelijke richtingen. De wind zorgt dan voor extra wateropzet, dat wil zeggen de wind stuwt het water extra op tegen de kust. De modelberekeningen die

voor de vier KNMI'06 scenario's zijn gebruikt geven aan dat de verandering van het aantal stormen uit deze richtingen gering is. Op basis hiervan wordt niet verwacht dat als gevolg van de mogelijke veranderingen in wind de stormvloed en uit westelijke en noordelijke richtingen zullen toenemen. Dat neemt niet weg dat de waterstand bij stormvloed wel zal toenemen als gevolg van zeespiegelstijging (KNMI, 2009).

Zeespiegel

De KNMI'06 klimaatscenario's vermelden een absolute zeespiegelstijging in 2050 aan de Nederlandse kust die varieert tussen de 15 cm en 35 cm. Omstreeks 2100 varieert de stijging tussen de 35 cm en 85 cm. Voor de tweede helft van de 21ste eeuw geven de scenario's een bovengrens van 50 cm zeespiegelstijging in 50 jaar (ofwel een snelheid van 1 m per eeuw). Verkenningen van de zeespiegelstijging in de 22ste eeuw geven aan dat het tempo in die periode nog kan versnellen tot een bovengrens van ongeveer 1,5 m per eeuw. Schattingen voor deze zichttermijn zijn echter zeer onzeker vanwege het grote gebrek aan kennis over het gedrag van ijskappen op Groenland en Antarctica.

De absolute zeespiegelstijging is overal langs de Nederlandse kust gelijk. De wateropzet als gevolg van wind en stormen kan wel langs de kust verschillen. In de KNMI'06 scenario's wordt de absolute zeespiegelstijging gepresenteerd, wat ongeveer overeenkomt met de verandering in de stand ten opzichte van NAP. Om de relatieve verandering van het zeeniveau ten opzichte van de Nederlandse bodem te verkrijgen, moet de bodemdaling (zie hoofdstuk 4) nog worden opgeteld bij de scenario's (KNMI, 2009).

2.2.3 Wat gebeurt er in de stad?

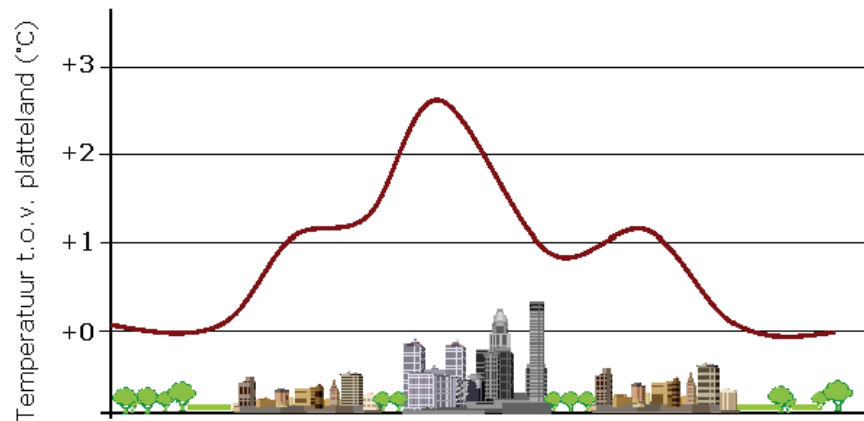
Hittestress

Het is bekend dat zich boven steden warmte eilanden ontwikkelen. De sterkte en verdeling van het warmte eiland over een stad worden door verschillende factoren bepaald. De belangrijkste zijn:

- De oppervlakte of het inwoneraantal van de stad
- De mate van verharding (van parkachtig tot geheel betegeld/geasfalteerd)
- Het type bebouwing en de 'geometrie' van de stad (hoog- of laagbouw, breedte van de straten e.d.)
- Materiaalgebruik (lichte of donkere materialen, gebruik van vegetatiedaken, e.d.).

Het fenomeen is vooral 's nachts van belang. Het omringende platteland koelt dan sneller af dan de stad omdat de geometrie van de stad ervoor zorgt dat de warmte niet goed uit kan stralen naar de ruimte erboven. Daarnaast wordt in een stad overdag meer warmte geborgen dan op het platteland, door opwarming van gebouwen e.d. Deze warmte wordt 's nachts vertraagd weer afgegeven. De grootte van het temperatuurverschil tussen de stad en het omringende platteland is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Voor een stad als Utrecht bijvoorbeeld kan 's nachts bij helder weer en windstille, het maximale

temperatuurverschil tussen het centrum van de stad en het omringende platteland oplopen tot meer dan 5°C. Bij bewolkte omstandigheden met veel wind zijn de verschillen echter verwaarloosbaar (KNMI, 2009).



Figuur 6: Schematische weergave van het temperatuurprofiel van een 'Urban Heat Island' (KNMI, 2009).

Door het warmte eiland heeft men in steden eerder last van 'hittestress'. Bij nachttemperaturen van 20 °C of meer (zomerse nachten) slapen veel mensen bijvoorbeeld slechter. Bij hittegolven zijn mensen minder productief, en ervaren vooral ouderen en anderen die hier gevoelig voor zijn, lichamelijke klachten. Ook de sterfte onder groepen die gevoelig zijn voor hitte stijgt dan sterk. Steden zijn dus extra gevoelig voor de gevolgen van het opwarmende klimaat. En omdat de stedelijke groei voortschrijdt, zal het gevaar van hittestress alleen maar groter worden. Er zijn overigens ook voordelen. In de winter zorgt de warmte van de stad juist voor minder energiegebruik en minder problemen bij extreme kou.

In verscheidene Europese landen en in landen zoals de Verenigde Staten, Australië en Japan wordt al decennialang onderzoek gedaan naar het klimaat in stedelijke gebieden. Tot voor kort was er in Nederland weinig belangstelling voor het stedelijk klimaat. Pas na de hittegolven van 2003 en 2006, toen tussen de 1000 en 2200 mensen meer stierven in Nederland dan in een gemiddeld jaar, kwam hierin verandering. In Nederland zijn echter nauwelijks kwantitatieve gegevens beschikbaar over het stadsklimaat. Daarom doet het KNMI momenteel onderzoek naar het stadsklimaat (Kennis voor Klimaat project HS-RR05). Hierbij worden onder andere metingen van weeramateurs gebruikt. Voorlopige uitkomsten van analyses voor verschillende steden, waaronder Delft, Voorburg en Den Haag, zijn (Steenefeld et. al.):

- Op weeramateurstations in stedelijk gebied in de regio's Rotterdam en Den Haag is het 's zomers gemiddeld 1 graad warmer dan buiten de stad.
- Het stedelijk warmte-eiland is 's ochtends het zwakst, en is het sterkst in de namiddag, avond en nacht.
- Tijdens nachten bij warm weer loopt het verschil op tot gemiddeld 2 graden, met uitschieters tot meer dan 4 graden.

- Op beschutte plaatsen (zoals in tuinen) is het door schaduwwerking in de stad 's ochtends enige tijd juist wat koeler dan buiten de stad.
- 's Winters is het stedelijk warmte-eiland op weeramateurstations min of meer afwezig, 's zomers is het op zijn sterkst.
- Het stedelijk warmte-eiland is het sterkst in rustige weersituaties, bij heldere hemel en weinig wind.
- Ongeveer 50% van de onderzochte stedelijke gebieden ondervinden in het huidige klimaat hittestress gedurende circa 7 dagen per jaar. In Rotterdam is dat circa 18 dagen per jaar.
- De voorlopige resultaten zijn in overeenstemming met wat bekend is over het stedelijk warmte eiland in de internationale literatuur.

In de dichtbevolkte steden van de Randstad is het warmte eiland effect waarschijnlijk het grootst. Gevolg is dat daar eerder sprake zal zijn van hittestress.

Neerslag

Een stad kan ook effect hebben op de neerslag daaromheen. Dit is onder andere terug te zien in de neerslagmetingen aan de lizijde (stroomafwaarts van de overwegend zuidwestelijke wind) van de stad. De neerslagsommen zijn ten noordoosten van steden net wat hoger dan aan de zuidwest kant. De opstijgende warme lucht boven een stad en de aanwezigheid van extra condensatiekernen (luchtverontreiniging, Europoort!), versterkt de vorming van neerslag. Dit effect is het sterkst in de zomer.

Wind

De bebouwing in steden heeft ook een invloed op de wind. Hoge gebouwen zorgen voor grote ruimtelijke verschillen in windrichting en windsnelheid. Bovendien kan de wind rond deze gebouwen versnellingen ondergaan die ertoe leiden dat de windsnelheden groter worden dan gemeten in de landelijke omgeving. Aan de andere kant zorgt lage bebouwing er voor dat de wind bij het aardoppervlak sterker afneemt dan boven de landelijke omgeving. Hierdoor mengt de lucht dichtbij het oppervlak minder goed met de bovenliggende lucht dan op het platteland het geval is. Dit is nadelig voor de luchtkwaliteit in de stad.

2.3 Conclusies

De KNMI'06 scenario's zijn, ook na een evaluatie in 2009, nog steeds geldig en daarom in voorliggende studie als uitgangspunt gebruikt. Deze scenario's missen regionale nuancering. Echter, door de ligging van Haaglanden in de kustzone van Zuid-Holland en de hoge verstedelijkingsgraad, is het mogelijk voor dit gebied een stel klimaatfactoren aan te wijzen dat in verhouding tot andere regio's van groot relatief belang is: toename neerslaghoeveelheid en -intensiteit en temperatuurstijging. Dat betekent overigens niet dat andere factoren onbelangrijk zijn. Deze pakken echter in relatieve zin niet nadeliger uit voor Haaglanden dan voor andere delen van Nederland.

Kenmerkend voor alle KNMI'06 scenario's is dat de winters gemiddeld natter worden en de extreme neerslaghoeveelheden toenemen. Dat betekent heftiger buien in de zomer met veel neerslag in korte tijd, maar het regent minder vaak. Er moet voor de adaptatiestrategie van Haaglanden daarom rekening worden gehouden met een toename van het aantal dagen met grote neerslaghoeveelheden. Het aantal dagen met meer dan 15 mm neerslag neemt toe van gemiddeld 11 per jaar nu tot 14 per jaar in 2050. Het aantal dagen met meer dan 25 mm neerslag kan verdubbelen, van gemiddeld 2 per jaar nu tot 4 per jaar in 2050 (bron: website KNMI, uitgebreide gegevens KNMI'06 scenario's). Dit lijken wellicht geringe toenames, maar men moet bedenken dat achter een stijging van een gemiddelde, grillige jaarsvariaties schuil gaan. Met andere woorden, er zullen nog steeds jaren zijn met weinig tot geen wateroverlast, maar wateroverlast zal zonder adaptatie in andere jaren juist vaker en heviger optreden.

Temperatuurstijging is de driver van vele klimaateffecten, van zeespiegelstijging tot afname van de waterkwaliteit. Hierop wordt in de navolgende hoofdstukken en Bijlage A uitgebreid ingegaan. Voor de leefbaarheid van het stedelijk gebied is vooral de toename van de hittestress van belang. Het aantal dagen met meer dan 30 °C kan stijgen van gemiddeld 2 tot gemiddeld 10 (W+ 2050) per jaar. Adaptatie kan zich richten op de oorzaken van stedelijke warmte. 's Nachts: geometrie gebouwen zorgt voor inefficiënte uitstraling warmte; materialen houden warmte vast; warmte geproduceerd door energiegebruik v/d mens. Overdag: veel donker oppervlak; weerkaatsing zonnestraling tussen oppervlakken; door snelle afwatering en verhard oppervlak weinig verdamping.

Een laatste prominente driver van effecten is het neerslagtekort. Rond 2050 neemt deze in de G+ en W+ scenario's sterk toe. Een zomer als 2003, zou rond 2050 onder het W+ scenario vrij normaal worden. Dit heeft met name grote consequenties voor de watervoorziening en het peilbeheer in Haaglanden.

Kennishiaten

Uit waarnemingen blijkt dat de kuststrook in de nazomer en herfst gemiddeld natter is geworden dan het binnenland. Een oorzakelijk verband met de stijgende Noordzeetemperatuur is waarschijnlijk, maar een nadere onderbouwing is gewenst. Het is voor Haaglanden van groot belang om deze relatie beter inzichtelijk te maken, omdat de verwachting omtrent neerslaghoeveelheden en piekbuien voor een belangrijk deel bepalend is voor de te volgen adaptatiestrategie.

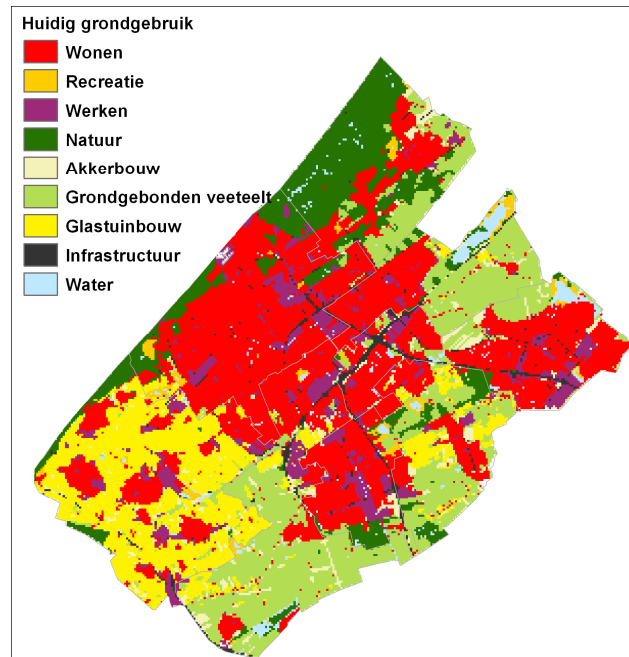
Door de nabijheid van de zee is de gemiddelde zomertemperatuur in de kustzone lager dan in het binnenland. Onduidelijk is nog of de hittestress in het stedelijk gebied van Haaglanden door dit effect significant lager zal uitvallen, of dat de invloed van de factoren die hittestress veroorzaken de koelende werking van de kust teniet doen.

3 Ruimtelijke ontwikkelingen

In dit hoofdstuk staan de mogelijke toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen centraal. Dergelijke ontwikkelingen zijn een uitvloeisel van de complexe interactie van maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen, fysieke randvoorwaarden (klimaatverandering) en menselijke beslissingen op diverse schaalniveaus. Aangezien elk van deze elementen omgeven is met onzekerheid is het onmogelijk een scherp beeld te geven van toekomstige ontwikkelingen. Om een deel van de bandbreedte van mogelijke ruimtelijke veranderingen te schetsen worden in dit hoofdstuk twee verschillende toekomstvarianten gepresenteerd. De trendmatige variant volgt huidige (nationale) beleidslijnen, terwijl de beleidsmatige variant het structuurplan van Haaglanden centraal stelt. In dit hoofdstuk wordt de weerslag van de ruimtelijke ontwikkelingen op de fysieke leefomgeving (het ruimtegebruik) op hoofdlijnen besproken. In de hoofdstukken stad, glas en gras wordt vervolgens dieper ingegaan op de relevante ontwikkelingen voor deze sectoren en de verhouding tot klimaatverandering.

3.1 Huidig ruimtegebruik

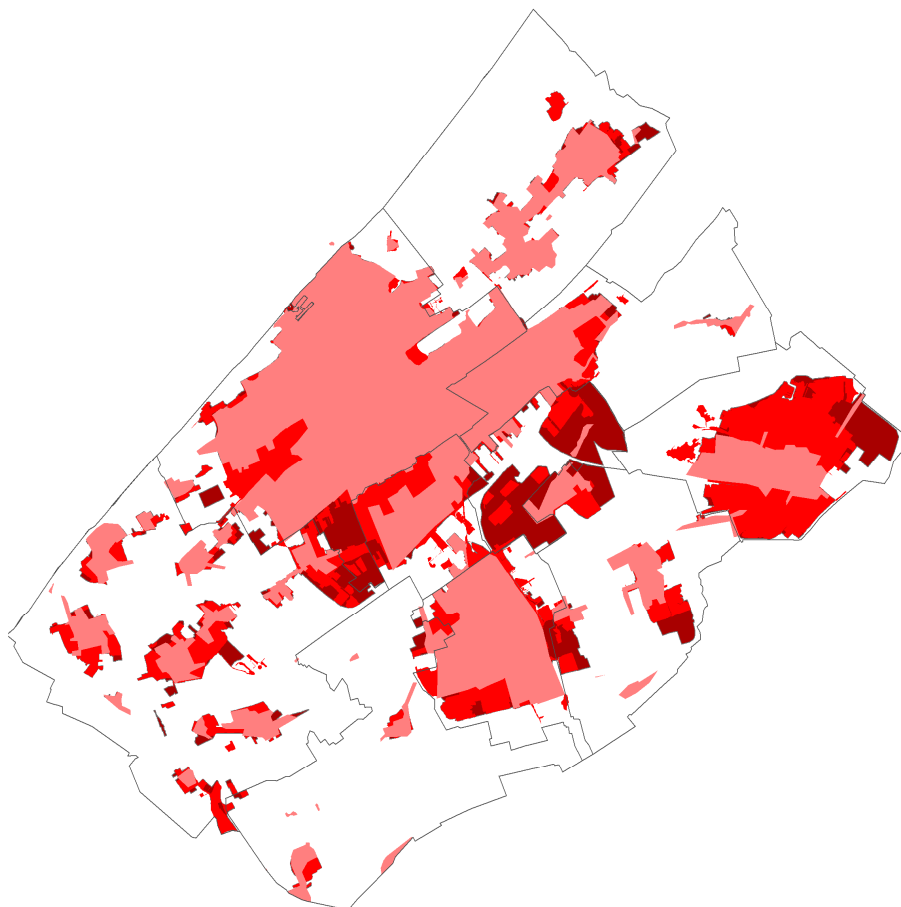
Haaglanden is een dynamische regio waarin gras, stad en glas elkaar afwisselen. Onderstaande kaart geeft het grondgebruik weer in de huidige situatie. De belangrijkste ruimtevragers in de regio zijn op het moment wonen (36 procent), veeteelt en akkerbouw (24 procent), glastuinbouw (15 procent), natuur (12 procent) en werklocaties (6,5 procent). Hierbij moet worden opgemerkt dat kleine stadsparken en golfvelden zijn aangemerkt als stedelijk gebied.



Figuur 7: Huidig grondgebruik (bewerkte versie CBS bodemstatistiek³, 2003)

Over de periode 2005-2008 was Haaglanden de belangrijkste groei-regio van Zuid-Holland met een groei van 24.000 inwoners ten opzichte van 21.500 in de rest van de provincie (Provincie Zuid-Holland, 2009a). In de afgelopen decennia heeft het stedelijk gebied (wonen, werken en gerelateerde functies) zich sterk uitgebreid. Figuur 8 laat de verschillende stadia van stedelijke uitbreiding sinds 1970 zien. Opvallend is de enorme uitbreiding van de groeikern Zoetermeer in de vorige eeuw en de recentere oostwaartse aangroei rond Den Haag.

³ Door bouwterreinen uit 2003 te beschouwen als woongebied is getracht een actuele stand van het stedelijk gebied in 2010 weer te geven. Het landgebruik in deze en volgende kaarten is geaggregeerd. Hierdoor zijn bijvoorbeeld stedelijke groenfuncties (park, golfbanen) als stad geclassificeerd.



Figuur 8: Uitbreiding van het stedelijk ruimtegebruik in de periode 1970 (lichtrood, PBL) 2000 (rood) 2010 (donkerrood).

Deze laatste uitbreidingen vonden deels plaats op het voormalige vliegveld Ypenburg en op glastuinbouw locaties bij Wateringen en waren een uitvloeisel van de compacte stad gedachte zoals die onder meer in de VINEX nota was vastgelegd. De rijksbufferzones ten zuiden (Midden-Delfland) en noorden (Den Haag-Leiden-Zoetermeer) van Den Haag konden mede daardoor ontzien worden, waardoor het gebied nog steeds recreatief belangrijke groenzones kent. Het relatief succesvolle tegengaan van verstedelijking in de rijksbufferzones in het algemeen en binnen die van Midden-Delfland in het bijzonder is ook in recent empirisch onderzoek vastgesteld (Koomen et al., 2008; Van Rij et al., 2008).

3.2 Toekomstige ontwikkelingen en trends

De Welvaart en Leefomgeving (WLO) studie van de gezamenlijk planbureaus bevat een uitgebreide beschrijving van mogelijke maatschappelijke, economische en technologische trends tot 2040 (CPB et al., 2006b). De onzekerheid over toekomstige ontwikkelingen is hierin vervat in een viertal uiteenlopende scenario's. Deze benadering is niet overgenomen in deze studie, omdat zij, in

combinatie met de diverse beschikbare klimatologische scenario's tot een onoverzichtelijk groot aantal toekomstbeelden zou leiden. In plaats daarvan zijn alleen een trendmatige en beleidsvariant nader uitgewerkt. Maar deze voor een belangrijk deel gebaseerd op de verwachte toekomstige ontwikkelingen zoals die in de WLO studie zijn beschreven. Hieronder volgt een beknopte weergave van de belangrijkste trends die in deze studie zijn beschreven en die voor Haaglanden relevant zijn. Deze komen voor wat betreft de maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen overeen met het Transatlantic Market scenario (A2).

Maatschappij

Een verwachte dominante sociaal-culturele trend is individualisering, dat kan worden opgevat als een toenemende vrijheid van het individu ten opzichte van zijn directe omgeving en een toenemende gelijkheid tussen leden en groeperingen in de samenleving (CPB et al., 2006b). De toenemende vrijheid komt bijvoorbeeld tot uiting in het afnemen van de gemiddelde huishoudgrootte, maar ook in het benadrukken van de eigen verantwoordelijkheid van burgers en hun toenemende mondigheid. Belangrijk voor klimaatadaptatie hierbij is dat veel verwacht wordt van individuele initiatieven van burgers en veel minder van een regulerende overheid. Bescherming tegen overstromingsrisico zal centraal geregeld worden, maar beperking van wateroverlast lijkt eerder een taak van burgers en bedrijven. Overigens is deze ambivalente houding ten aanzien van overheidsingrijpen bijzonder actueel. Burgers en bedrijven vragen enerzijds om verminderde regeldruk, maar dringen anderzijds aan op overheidsingrijpen als maatschappelijk belangen in het geding (kredietcrisis, veiligheidsproblemen, uitbraken van veeziekten etc.). En als het gevraagde handelen leidt tot ruimtelijke ingrepen in 'de achtertuin' kan dit opnieuw tot commotie leiden. Deze toenemende organisatorische complexiteit maakt het ruimtelijk ingrijpen voor overheden tot een moeilijke opgave.

Een belangrijke maatschappelijke trend voor ruimtelijke ontwikkeling is die van de bevolkingsomvang. Naar verwachting stabiliseert de natuurlijke bevolkingsgroei zich in de nabije toekomst en kan krimp slechts voorkomen worden door migratie. Aangezien deze migratie zich vooral manifesteert in de grotere steden en groeikernen in het westen van het land zal daar de bevolking blijven groeien. Daarnaast zorgt de verwachte verdere daling van de gemiddelde huishoudensgrootte er voor dat een vraag naar nieuwe woningen blijft bestaan in bijna heel Nederland behalve sterk vergrijsde en/of sterk perifere gemeenten. Voor Haaglanden betekent dit dat er nog duidelijke groei in woningaantal wordt verwacht (zie verderop). Verder zal hier naar verwachting het relatieve aandeel jongeren licht dalen en het aandeel 65+ers verder stijgen. Wat behalve voor de woningvraag mogelijk ook consequenties voor de vraag naar recreatieve voorzieningen heeft.

Economie

Naar verwachting van de gezamenlijke planbureaus verdubbelt de materiële welvaart per hoofd van de bevolking zich in Nederland tussen 2001 en 2040 (CPB et al., 2006b). Overigens behoeft deze economische verwachting volgens de planbureaus geen aanpassing vanwege de huidige economische crisis, omdat deze naar verwachting relatief kort duurt (Schuur en Verkade, 2010). De

economische groei zal zich vooral manifesteren in de industrie, commerciële diensten en gezondheid- en verzorgingszorg. Regionaal gezien blijft de Randstad zich naar verwachting het sterkst ontwikkelen, terwijl daarbinnen de noordvleugel naar verwachting harder groeit dan de Zuidvleugel. Deze groei leidt tot 2020 tot een toename van de vraag naar bedrijventerreinen en kantoren, maar in de periode 2020-2040 wordt hier een afname in verwacht. De specifieke verwachtingen voor Haaglanden worden verderop besproken.

Technologie

Technologische ontwikkeling speelt een grote rol in het verhogen van de arbeidsproductiviteit en is een van de drijvers achter economische groei. De uitwerking van technologische innovatie (op de ruimtelijke ordening van wonen, werken, recreëren en mobiliteit is echter geringer gebleken dan verwacht (Van Oort et al., 2003). Op lokaal niveau kan technologische innovatie natuurlijk wel degelijk leiden tot ruimtelijke ingrepen die bijvoorbeeld helpen bij het verbeteren van agrarische productieomstandigheden of het omgaan met klimaatverandering. Voor Haaglanden valt hierbij te denken aan zaken als energieleverende kassen, ondergrondse waterberging en dergelijke. Gezien het lokale karakter van dergelijke ingrepen blijven deze in dit hoofdstuk buiten beschouwing.

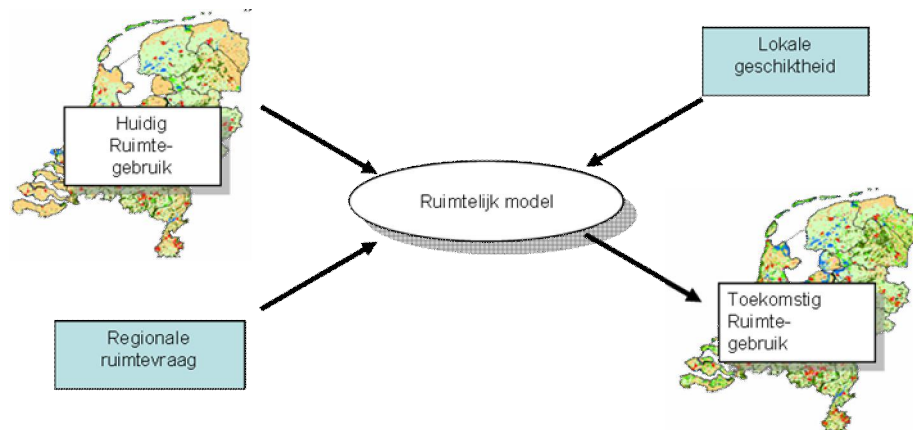
3.3 Twee toekomstvarianten met ruimtelijke ontwikkelingen

Het zal duidelijk zijn dat deze ambities de inrichting van de regio Haaglanden tot een complexe opgave maken waarin de verschillende, deels tegenstrijdige belangen, moeten worden afgewogen. Om de ruimtelijke afwegingen voor de toekomstige inrichting van de regio Haaglanden in beeld te brengen is gekozen voor het verbeelden van twee verschillende varianten: een beleidsvariant en een meer trendmatige variant. Door de kaartbeelden van deze twee varianten naast elkaar te leggen wordt de bandbreedte zichtbaar waarbinnen de ruimtelijke ontwikkelingen kunnen plaatsvinden. In het kader van dit rapport over klimaatverandering is het vooral interessant om te bezien wat de ruimtelijke ontwikkelingen zijn op de termijn waarop klimaatverandering zich voordoet. Juist op deze langere termijn zijn de (beleidsmatige) ontwikkelingen nog onzeker. Ondanks die onzekerheid is het zeker waardevol om te kijken naar mogelijke ontwikkelingen voorbij de beleidshorizon. Daarom is voor beide varianten naast een kaartbeeld voor 2020, ook een kaart op de langere termijn gemaakt, voor de trendvariant is dit mogelijk voor 2040, voor de beleidsvariant is een kaart voor 2030 gemaakt met daarin plannen uit het structuurplan die na 2020 spelen. Omdat de primaire beleidshorizon van het plan 2020 is, zijn de verschillen tussen de 2020 en 2030 beleidskaart beperkt.

Voor het maken van de trendvariant kaarten voor 2020 en 2040 varianten voor toekomstig ruimtegebruik is gebruik gemaakt van het model Ruimtescanner. Dit model bevat een sterk vereenvoudigde weergave van de complexe relatie tussen de ontwikkelingen in de samenleving, de daaraan gekoppelde ruimtelijke ontwikkelingen en de wijze waarop beleid deze maatschappelijke - en ruimtelijke ontwikkelingen beïnvloed. Een uitgebreide beschrijving vindt u in andere

rapporten (b.v. Borsboom-van Beurden et al., 2007; Loonen en Koomen, 2008). Het model deelt Nederland op in 3,3 miljoen cellen van 100 bij 100 meter en kent hier voor de toekomst verschillende functies aan toe op basis van het huidige ruimtegebruik, lokale geschiktheidsdefinities en regionale ruimtevragen. Of een locatie meer of minder geschikt is voor een bepaald ruimtegebruiktype hangt onder meer af van eventuele beleidsrestricties, voorgenomen ruimtelijke plannen, de afstand tot op- en afritten van snelwegen etc. In Figuur 9 is de werking van het model schematisch weergegeven.

37

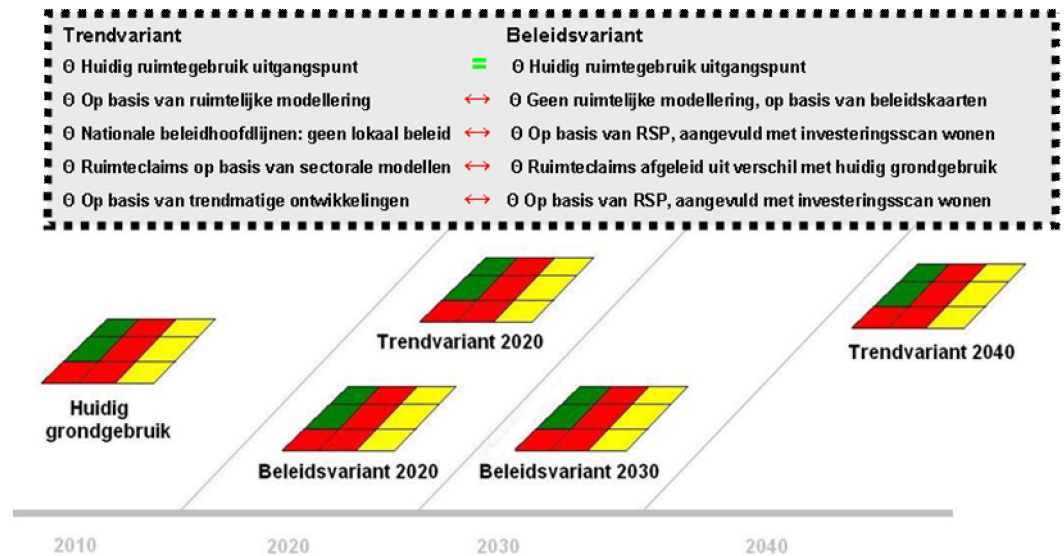


Figuur 9: Globale opzet van het model Ruimtescanner

Voor de *trendvariant* bouwen we voort op de Nederland Later studie van het toenmalige Milieu- en Natuurplanbureau (MNP, 2007). Hierin is met het model Ruimtescanner een simulatie gemaakt van het ruimtegebruik in 2020 en 2040 op basis van een trendscenario voor wat betreft economische en demografische ontwikkelingen (Transatlantic Markets) en een trendmatige voortzetting van nationaal ruimtelijke relevant beleid. In de studie is gebruik gemaakt van geregionaliseerde woningvraaggegevens berekend door ABF (2009).

3.3.1 Methodische verschillen tussen de varianten

Figuur 10 geeft weer waar belangrijke verschillen liggen tussen de trendvariant en de beleidsvariant. De *beleidsvariant* is gebaseerd op de projectenkaart uit het Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020. Omdat dit plan uit 2008 stamt, is deze kaart in overleg met het Stadsgewest geactualiseerd met behulp van de memo Investeringscan Haaglanden voor wonen en werken (Hoogheemraadschap Delfland, 2010). Uit deze kaarten zijn ruimtelijke functieveranderingen geprojecteerd op de uitgangskaart (Figuur 7). In tegenstelling tot de trendvariant is hier dus wel regionaal beleid in verwerkt.



Figuur 10: Verschillen trendvariant en beleidsvariant

Aangezien de trendvariant en de beleidsvariant een andere herkomst hebben verschillen ze wat betreft landgebruikscategorieën. Om deze varianten toch vergelijkbaar te maken hebben we de legenda-eenheden uit de beide varianten vereenvoudigd en geharmoniseerd. Voor de beleidsvariant betekent dat bijvoorbeeld dat stedelijke transformatiezones (met een veelheid aan subtypen) en kleine parken binnen de begrenzing van het bebouwd gebied als stedelijk gebied worden getoond. Van beide kaarten zijn rasterkaarten gemaakt van 100x100 meter. Kleine details in de oorspronkelijke projectenkaart kunnen wegvallen door de omzetting in 100m raster cellen. Op lokaal niveau ontstaan soms verschillen als gevolg van deze conversies. Met name in de verschilkaarten in de hoofdstukken stad, glas en gras worden deze zichtbaar. De methodiek biedt niet de mogelijkheid gebieden met multifunctioneel grondgebruik in kaart te brengen. Dit betekent dat bijvoorbeeld multifunctionele woon, werken en recreatiegebieden worden 'platgeslagen' en monofunctioneel staan weergegeven.

3.3.2 Twee ruimtelijke toekomstbeelden voor 2020

Welke belangrijke ruimtelijke opgaven staan de regio Haaglanden te wachten? Voor de nabije toekomst is er in Haaglanden een grote vraag naar nieuwe woningen voorzien, terwijl de ambities op het gebied van glastuinbouw en behoud van grote groengebieden onverminderd hoog zijn (Stadsgewest Haaglanden, 2008). Op basis van onder meer deze strategische regionale visie, Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020 (RSP), bespreken we hier allereerst de belangrijkste ruimtelijke opgaven die zijn opgenomen in de twee toekomstvarianten voor 2020.

Wonen

Een vast ijkpunt voor het vaststellen van de woningbehoefte in een regio is de Primos-prognose. Deze wordt al jaren door ABF research opgesteld en door

onder meer de rijksoverheid en lagere overheden gebruikt voor ruimtelijke planvorming. De PRIMOS *woningbehoefte* prognose spreekt van een vraag naar ongeveer 44.000 nieuwe woningen in de periode 2010-2020 (ABF, 2009), los nog van een vervangingsbehoefte van 15.000-20.000 woningen. Momenteel is er vooral een tekort aan groenstedelijke woonmilieus, naast kleinere tekorten aan centrumstedelijke en landelijke woonmilieus. Daarnaast is er sprake van een overschot aan centrum-dorpse en vooral buiten centrum woonmilieus (Provincie Zuid-Holland, 2009). Dat laatste overschot betreft vooral de naoorlogse wederopbouw wijken in de steden.

In navolging van de meest recente Primos-prognose wordt in de *beleidsvariant* aangenomen dat van 2010 tot 2020 circa 44.000 woningen netto worden toegevoegd binnen de regio Haaglanden. Daarnaast worden circa 20.000 woningen vervangen. In de *trendvariant* wordt uitgegaan van eerdere Primos modelberekeningen die in het kader van de WLO-studie zijn uitgevoerd. Daarin is een netto toevoeging van 36.000 woningen voorzien. In de beleidsvariant wordt verder sterk ingezet op herstructurering en intensiever gebruik van het stedelijk gebied voor zowel wonen als werken. In de trendvariant is geen regionaal ruimtelijk beleid meegenomen en ze kan dus als beleidsarm worden beschouwd. Tabel 3 toont dat de verschillen in de verhouding verdichting - uitleg zeer groot zijn tussen de twee scenario's.

	2010-2020	Waarvan op binnenstedelijke locaties	Waarvan op uitleglocaties
Trendvariant	36000	Circa 3600 (o.b.v. BBG 2000)	32400
Beleidsvariant	44000	Circa 35200 (o.b.v. BBG 2010)	8800

Tabel 3: Netto woningbehoefte Haaglanden 2010 - 2020

Verschillende verdichtingsdoelstellingen

Voor de *trendvariant* wordt verondersteld dat in 2020 en 2040 een percentage van de woningen binnen bestaand stedelijk gebied wordt gerealiseerd. Bij het vaststellen hiervan is gebruik gemaakt van verdichtingspercentages die in het verleden gerealiseerd zijn in de regio Haaglanden en is uitgegaan van een verdere verzadiging van verdichtingsmogelijkheid elke 10 jaar (Planbureau voor de Leefomgeving, 2009). Dit betekent dat tot in de periode 2010-2020 slechts circa 10 procent van de nieuwbouw van woningen binnen het bestaand stedelijk gebied plaatsvindt. Het overgrote deel van de woningen wordt in deze beleidsarme variant daarom op uitleglocaties gerealiseerd.

In de *beleidsvariant* worden de nieuwe nationale verdichtingsdoelstellingen (netto 40 procent binnenstedelijk) juist aangescherpt. In overeenstemming met de besluitvorming van het Platform Zuidvleugel heeft de provincie Zuid-Holland in de ontwerp Provinciale Structuurvisie het doel gesteld voor de Zuidvleugel 80% van de woningvraag (vervangende nieuwbouw + uitleg) binnen (het nog vast te stellen) Bestaand Bebouwd Gebied 2010 te voldoen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de kwaliteit van het binnenstedelijk groen niet mag worden aangetast en dat uitleg altijd binnen de bebouwingscontouren moet plaatsvinden (Provincie Zuid-Holland, 2009). De kern van de verdichtingsopgave voor de

regio Haaglanden bestaat uit drie onderdelen (Stadsgewest Haaglanden, 2008; Provincie Zuid-Holland, 2009 a+b, Gemeente Den Haag, 2008):

- verdichting rondom halteplaatsen van hoogwaardige openbaar vervoer verbindingen (meer centrum stedelijk)
- verdichting/verdunding naar schaarse woonmilieutypes, met transformatie van buiten centrum wijken naar centrum stedelijk of groen stedelijk
- mogelijkheden tot verdunding van reeds voorziene uitleglocaties onderzoeken (meer landelijk wonen).

Binnen de regio Haaglanden bevinden zich in de beleidsvariant een aantal grootschalige transformatiegebieden met een woonopgave: de Vlietzone zal zich, voor een belangrijk deel na 2020, ontwikkelen als onderdeel van het stedelijke gebied van Haaglanden, met veel groen en een recreatieve functie. Het bedrijventerrein Binckhorst zal ook een belangrijke woonfunctie krijgen en Rijswijk-Zuid zal getransformeerd worden naar een gebied met een woon- en een werkfunctie. Op de Westlandse Zoom worden landelijke woonmilieus in een landschappelijke setting gerealiseerd.

Werken en andere functies

Verder verwacht het stadsgewest tot 2020 een vraag naar *bedrijventerreinen* van circa 400 hectare, terwijl in 2007 maar 70 hectare uitgeefbaar is. Voor de *weginfrastructuur* is het doortrekken van de A4 door Midden-Delfland de belangrijkste opgave. Het huidige areaal *glastuinbouw* (circa 4000 bruto hectare glas) ondergaat momenteel een transformatie; in de periode 2001-2020 zal ongeveer 1000 hectare overgaan naar een andere functie zoals woningbouw, bedrijventerreinen, water of groen. Het stadsgewest Haaglanden staat hierbij een saldo-nulbenadering voor die moet zorgen dat het totale areaal glas binnen Zuid-Holland gehandhaafd blijft. Deze compensatie hoeft overigens niet uitsluitend binnen de regio Haaglanden gevonden te worden. In Haaglanden liggen drie grootschalige landschappen: Duin, Horst en Weide, Wijk en Wouden en Midden-Delfland. De cultuurhistorische waarden van deze gebieden moeten worden behouden. Daarnaast ligt er in deze landschappen een belangrijke opgave voor het opvangen van de recreatiedruk vanuit nabijgelegen steden, maar ook voor natuur en verbrede landbouw.

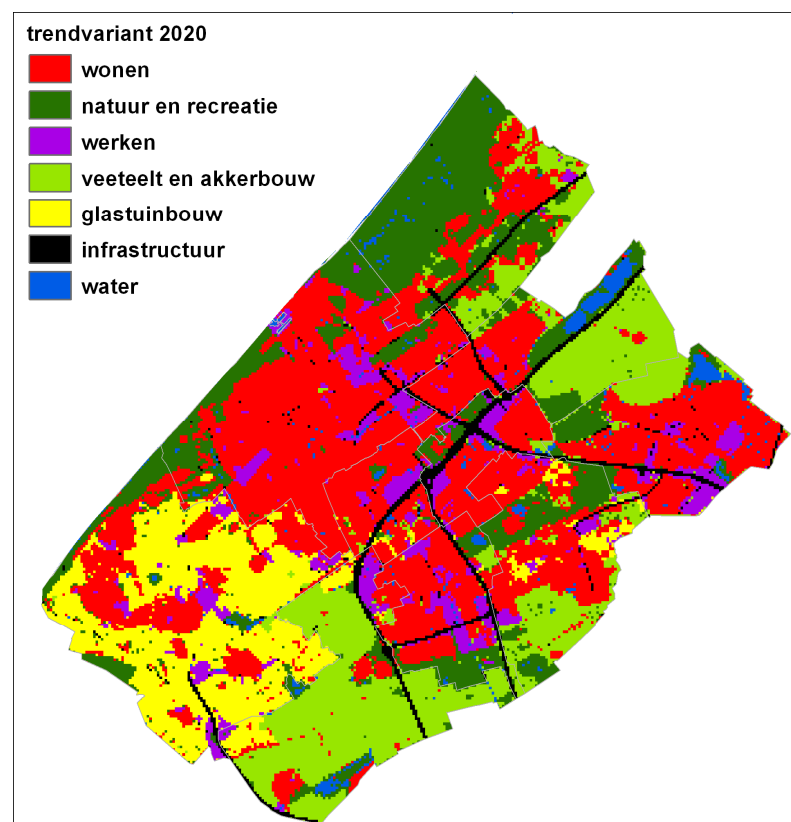
Ruimtelijke uitwerking

De ruimtelijke uitwerking van de beide varianten voor 2020 toont enkele interessante verschillen (zie Figuur 11 en Figuur 12). Het meest in het oog springend is het grotere areaal stedelijk gebied in de trendvariant: zowel in het Westland als tussen Delft en Pijnacker is een deel van de glastuinbouw omgezet in wonen en hieraan direct gerelateerde functies (winkels, scholen, stadsparken etc.). Dit geeft duidelijk aan dat de stedelijke druk volgens de trendvariant niet geheel binnen het huidige stedelijke gebied en enkele kleinere uitleglocaties is op te vangen. Dit verschil komt mede voort uit aannamen ten aanzien van de te realiseren verdichting en het handhaven van de restricties op woningbouw in de rijksbufferzones. Tot 2020 blijven in beide varianten de rijksbufferzones gevrijwaard van verstedelijking.

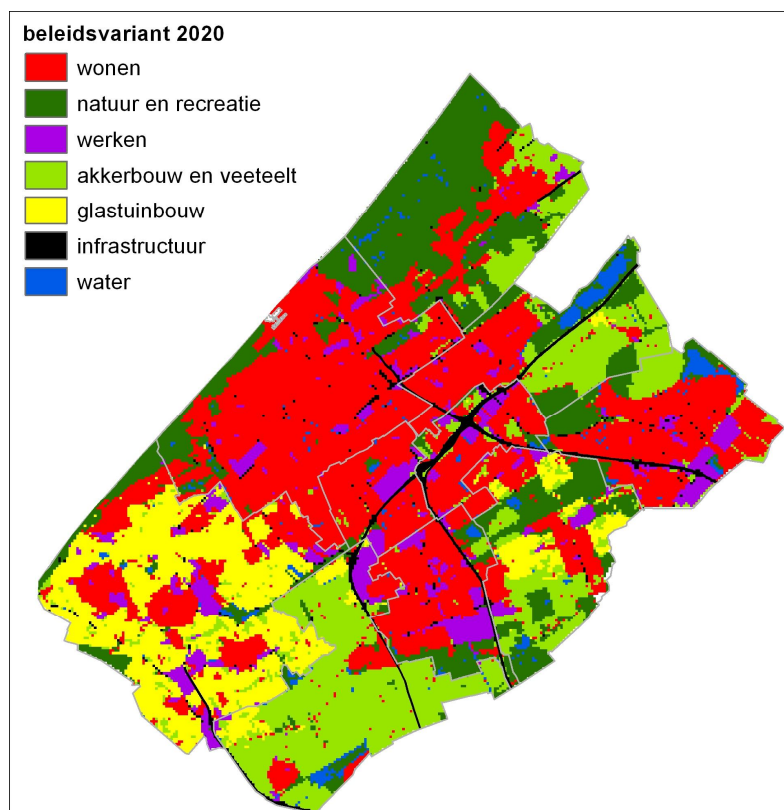
De trendvariant geeft duidelijk aan dat de glastuinbouw net als in het afgelopen decennium sterk onder druk blijft staan als de stedelijke verdichtingopgave niet gehaald wordt en de restricties op woningbouw in de rijksbufferzones gehandhaafd blijven. De beleidsvariant weet de glastuinbouw op haar huidige locaties te handhaven door het hoge ambitieniveau op het gebied van binnenstedelijke verdichting.

Wat verder opvalt is de ontwikkeling van het areaal (recreatie)natuur, met name tussen de agglomeratie Den Haag en Zoetermeer, in zowel de trendvariant als de beleidsvariant. Deze gebieden worden deels ontwikkeld als onderdeel van de EHS die in 2018 wordt afgerond. Zo ontstaan groenzones met een belangrijke recreatieve functie als uitloopgebieden voor de stedelijke bewoners.

41



Figuur 11: Ruimtegebruik 2020 volgens de trendvariant.



Figuur 12: Ruimtegebruik 2020 volgens de beleidsvariant.

3.3.3 Twee ruimtelijke toekomstbeelden voor 2040

Er is sprake van een sterk spanningsveld tussen de termijn waarop ruimtelijk beleid wordt gevoerd en de termijn waarop klimaateffecten spelen. Hoewel de onzekerheid over de ruimtelijke ontwikkelingen op de lange termijn groot is, is het van belang te kijken welke ruimtelijke ontwikkelingen na 2020 mogelijk plaatsvinden om deze te confronteren met klimaateffecten.

Tabel 4: Woningbehoefte Haaglanden 2020-2040

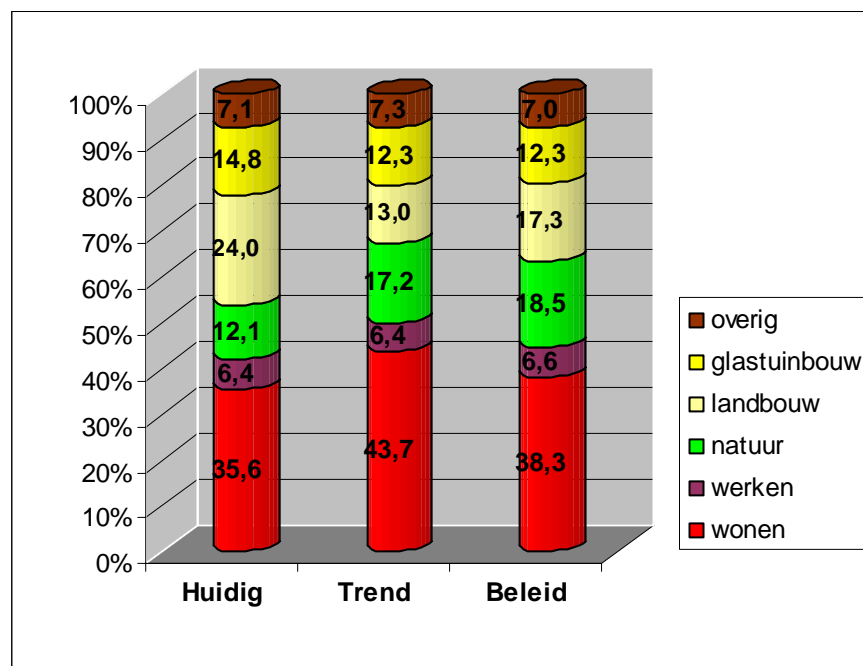
	2020-2030	2030-2040	Waarvan binnenstedelijk (2020 – 2040)	Waarvan op uitleglocaties (2020-2040)
Trendvariant	27000	20000	Circa 3000 (o.b.v. BBG 2000)	44.000
Beleidsvariant	40000	Niet bekend	Circa 32.000 (o.b.v. BBG 2010)	Circa 8.000

Het richtjaar in het Regionale Structuurplan Haaglanden is 2020, maar er zijn ook gebieden aangegeven waar tot 2030 nog mogelijke opgaven spelen (Stads-gewest Haaglanden, p.62; Hoogheemraadschap Delfland, 2010). Deze gebieden worden in de beleidsvariant 2030 ingekleurd als wonen. Voor andere thema's als glas zijn geen kaarten beschikbaar met locaties na 2020. Toch is ervoor ge-

kozen op basis van de nieuwe woonlocaties een beleidskaart voor 2030 te maken omdat deze de verschillen met de 2040 kaart uit de trendvariant expliciet maakt.

Voor de trendvariant wordt weliswaar tot 2040 een geleidelijke daling in de groei van de woningbehoefte verwacht, maar toch zijn de ruimtelijke effecten groot. Dit komt doordat bijna de gehele opgave op uitleglocaties wordt gerealiseerd. In de beleidsvariant wordt de verstedelijking voor het overgrote deel opgevangen in het bestaande stedelijke gebied naast enkele uitleglocaties (oa Pijnacker, Nootdorp, Naaldwijk). Dit resulteert er in dat de groei van het areaal wonen in de beleidsvariant (2030) een factor drie lager is dan in de trendvariant (2040).

Figuur 13 geeft de verwachte verdelingen van het ruimtegebruik in Haaglanden aan volgens de trendvariant en beleidsvariant ten opzicht van het huidige grondgebruik. Hieruit blijkt duidelijke het fors grotere aandeel wonen en het dientengevolge afnemend aandeel landbouw. In beide varianten neemt het aandeel glastuinbouw af tot 12,3%. Het aandeel (recreatie)natuur ligt iets hoger in de beleidsvariant, met name door de aanleg van parklandschappen voor het opvangen van de stedelijke recreatiebehoefte.



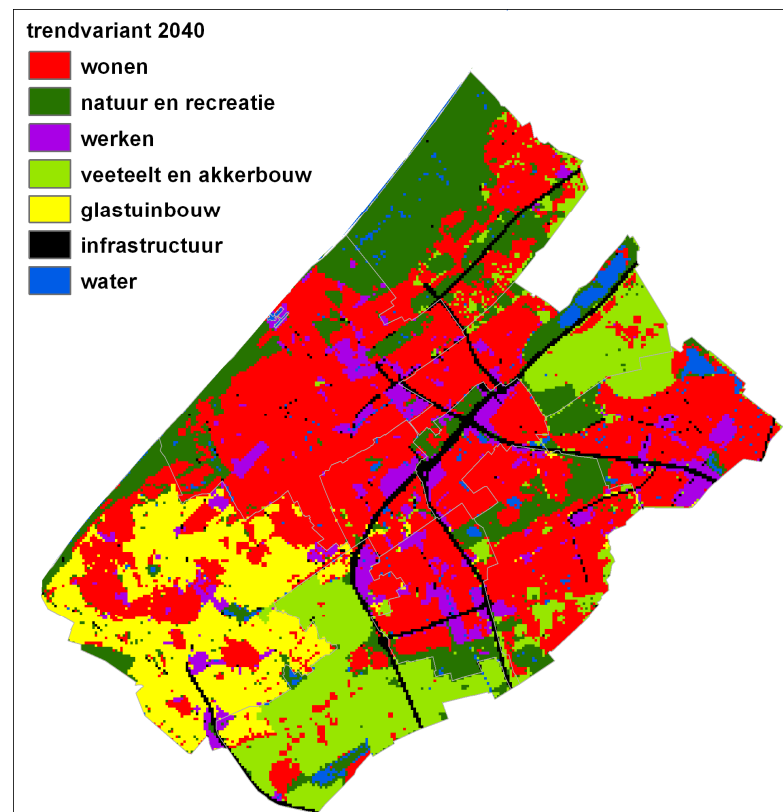
Figuur 13: Verdeling ruimtegebruik volgens de trendvariant (2040) en beleidsvariant (2030) vergeleken met het huidige grondgebruik.

De ruimtelijke uitwerking van de beide varianten geeft aan dat er belangrijke wijzigingen in het ruimtelijk patroon van Haaglanden mogelijk zijn (zie Figuur 14 en Figuur 15). De verstedelijkingsdruk in de trendvariant komt met name in de zone Delft, Pijnacker, Zoetermeer terecht. Hiermee komen ook de Rijksbufferzones onder druk te staan: de modelsimulaties laten hier een kleine toename van woningbouw zien. In de beleidsvariant vindt er met name in de omge-

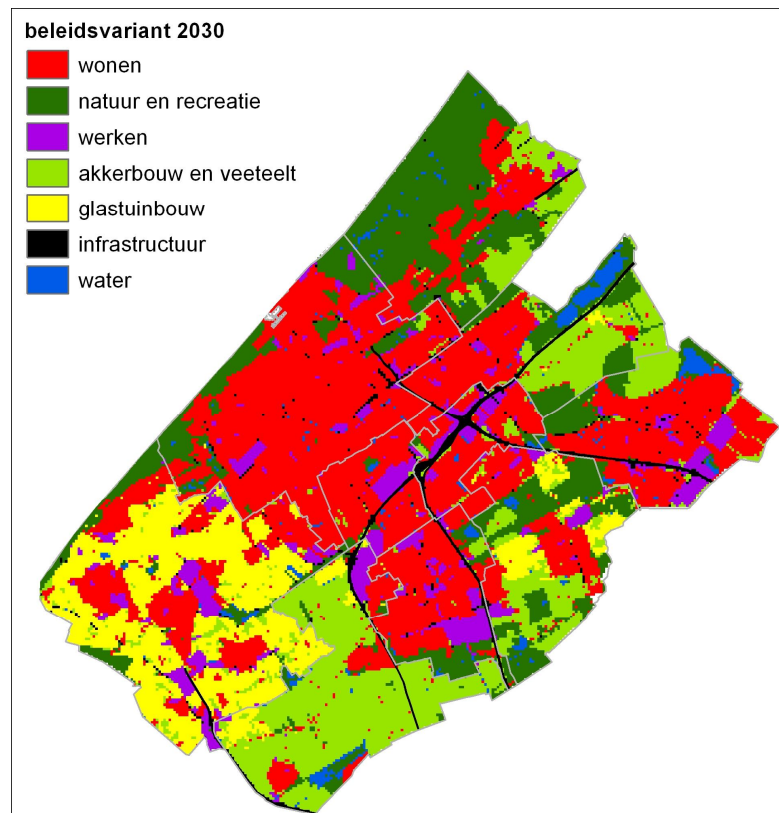
ving van Pijnacker nieuwe verstedelijking plaats na 2020, maar veel beperkter dan in de trendvariant waarin Delft en Zoetermeer min of meer aan elkaar groeien. De groei in stedelijk gebied en (recreatie) natuur gaat ten koste van de agrarische functies: hoofdzakelijk veeteelt en in mindere mate ook glastuinbouw.

Wat opvalt is dat glastuinbouw in de trendvariant alleen nog is terug te vinden in het Westland: de concentraties rondom Pijnacker zijn vervangen door woningbouw. In de beleidsvariant vindt deze afname verspreider plaats.

44



Figuur 14: Ruimtegebruik 2040 trendvariant



Figuur 15: Ruimtegebruik 2030 beleidsvariant

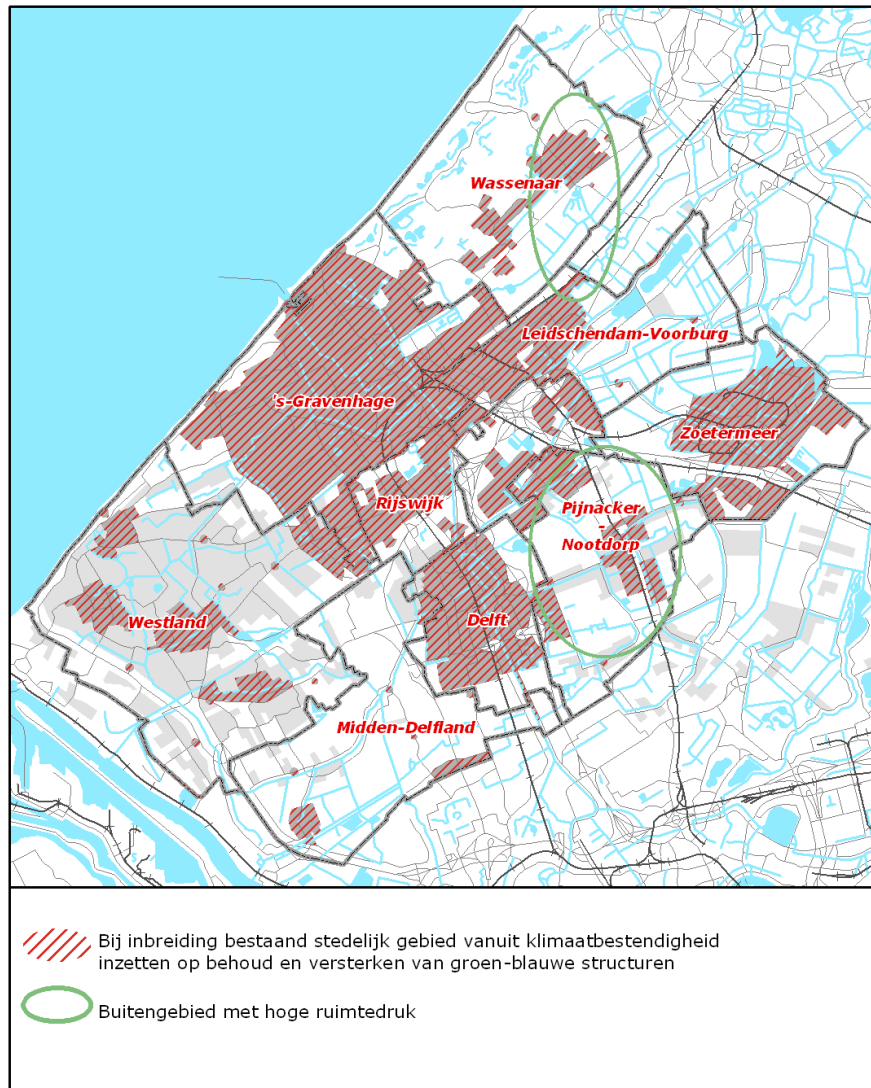
Uiteraard zijn toekomstige ontwikkelingen voor de komende decennia zeer ongewis. Onverwachte (inter)nationale ontwikkelingen, zoals de recente kredietcrisis, kunnen de ruimtelijke ontwikkelingen voor de komende jaren sterk beïnvloeden. Daarnaast zijn er diverse onzekere regionale ontwikkelingen in het gebied die van invloed zijn op de toekomstige ruimtelijke inrichting. Zo is het voor de regio Westland van belang waar de nieuwe verbinding van dat gebied met de Tweede Maasvlakte komt als die in 2020 grotendeels in gebruik is genomen. Op het moment ligt er voorstellen voor zowel een westelijker (Oranjetunnel) en een oostelijker tracé (Blankenburgertunnel). Hoewel beide verbindingen de relatieve bereikbaarheid van het zuiden van Haaglanden verbeteren, zorgt met name de westelijke ligging van de Oranjetunnel voor een verbetering van de bereikbaarheid (Gemeente Westland, 2005). Bij een uiteindelijke keuze voor dit alternatief wordt deze regio hierdoor aantrekkelijker voor woon- en werkfuncties.

3.4 Conclusies - uitleggen versus verdichten

Voor het in kaart brengen van mogelijke ruimtelijke ontwikkelingen zijn in twee varianten naast elkaar gezet: een beleidsvariant, gebaseerd op beleidskaarten en een trendvariant gebaseerd op een beleidsarme ruimtelijke modellering. Uit de vergelijking van beide varianten blijkt er een grootte bandbreedte aanwezig voor mogelijke ruimtelijke ontwikkelingen. Met de vergelijking is aangetoond

dat de manier waarop de regio Haaglanden er over 10 en zeker over 20, 30 jaar uitziet sterk zal afhangen van de mate van succes bij het uitvoeren van de regionale beleidsagenda. Het belangrijkste punt hiervan is de binnenstedelijke verdichting: als de ambitieuze verdichtingsdoelstellingen worden gehaald, zal de ruimtelijke structuur in de regio grotendeels hetzelfde blijven: als dit niet lukt, zullen de sociaaleconomische trends ervoor zorgen dat de verstedelijking verder oprukt.

46



Figuur 16: aandachtsgebieden m.b.t. ruimtelijke ontwikkelingen

Dit krachtenveld is bekend, er is immers al beleid voor in stelling gebracht. Klimaatverandering voegt echter nog meer druk en complexiteit toe. Klimaatbestendige stedelijke verdichting is een lastige adaptatieopgave, waarbij nog veel vraagtekens staan. De meeste maatregelen tegen stedelijke klimaat effecten als hittestress en wateroverlast vragen namelijk juist extra ruimte. De manier waarop op lokaal niveau rekening wordt gehouden met het behoud en de ontwikkeling van groenblauwe structuren bij verdichting bepaalt de klimaatbestendigheid en leefbaarheid in deze gebieden. Als wordt vastgehouden aan de

ruimtelijke ambities zal een adaptatiestrategie daarom beslist zwaar moeten inzetten op sturing en maatregelen die een klimaatbestendige stedelijke verdichting mogelijk maken. Als de strategie hierin tekortschiet kunnen de autonome trends, klimaatverandering en falend ruimtelijk beleid er toe leiden dat de druk op het buitengebied toeneemt. Veel van deze groenblauwe gebieden, vaak met recreatiefuncties, vervullen een rol als klimaatbuffer. Op de specifieke ruimtelijke ontwikkelingen op het gebied van gras, stad en glas wordt specifiek ingegaan in deze themahoofdstukken.

Deel B: Effecten op componenten van het fysiek systeem

In de tabel in bijlage A zijn onder meer mogelijke effecten vermeld van klimaatverandering op het fysieke systeem. Echter, niet al deze effecten zijn even relevant voor de regio Haaglanden en niet alle effecten zullen de komende decennia merkbaar zijn. In de studie "Inventarisatie van de effecten van klimaatverandering op fysiek systeem Hoogheemraadschap van Delfland" (Van Ek et. Al., 2007) is reeds een onderscheid gemaakt tussen effecten die meer of minder aandacht verdienen. Effecten waarnaar in ieder geval de aandacht moet uitgaan zijn de effecten die met grote waarschijnlijkheid op korte termijn (< 2050) zullen optreden en grote gevolgen hebben. Echter, ook effecten die niet waarschijnlijk zijn maar wel grote gevolgen hebben, verdienen aandacht.

Uitgaande van de studie voor het Hoogheemraadschap van Delfland en met actuele kennis van het consortium en geconsulteerde stakeholders, is een selectie gemaakt van klimaateffecten op het fysieke systeem, die op dit moment relevant worden geacht voor Haaglanden en daarom van belang zijn voor de regionale adaptatiestrategie.

NB. Op het thema *kustveiligheid* wordt in dit deel van het rapport niet ingegaan (specifieke risico's van kustveiligheid voor het stedelijk gebied worden beschreven in hoofdstuk 10). Dit thema is sterk gekoppeld aan nationaal beleid, en fundamentele inzichten in effecten van klimaatverandering worden momenteel verworven in landelijke projecten. Voor dit onderwerp verwijzen we daarom naar het deelprogramma Kust, van het Deltaprogramma. Wanneer is uitgekristalliseerd welke strategie Nederland zal volgen ten aanzien van de kustveiligheid, kan een verbijzondering worden gemaakt voor adaptatie langs de Haaglandse kust.

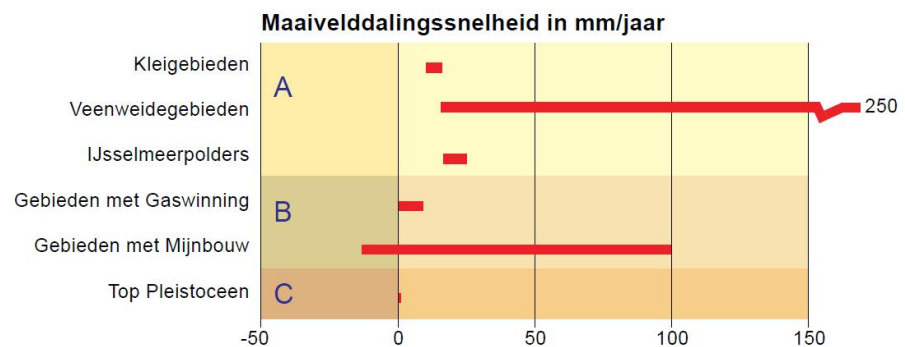
4 Bodem en grondwater

4.1 Bodemdaling

4.1.1 Ontstaan van bodemdaling

49

Bodemdaling in laag Nederland is een gevolg van een aantal factoren, variërend van tektonische daling tot klink en veenoxidatie veroorzaakt door waterbeheer (Figuur 17). In gebieden waar veenbodems voorkomen, zoals de veenweidegebieden in de Stadsregio regio Haaglanden, is veenoxidatie de dominante factor van bodemdaling. Onder extreme omstandigheden, zoals grote waterstandverlaging, kan zeer sterke bodemdaling optreden in een korte periode (Figuur 17). Onder de in Nederland en in de Stadregio Haaglanden geldende omstandigheden, bedraagt de bodemdaling ten gevolge van veenoxidatie echter eerder enkele millimeters tot centimeters per jaar.



Figuur 17: Relatieve bodemdalingssnelheden van verschillende processen. De potentieel hoge waarden voor de maaiveldalingssnelheid in veenweidegebieden kunnen tijdelijk voorkomen bij grote peilverlaging (zoals is uitgevoerd in Friesland bij ruilverkavelingen), door het logaritmische verloop van de zetting. (bron: de Lange et al., 2006)

Onder de huidige omstandigheden staat het waterpeil in de graslandgebieden van de regio Haaglanden lager dan het maaiveld. Deze lage waterpeilen worden aangehouden om het land begaanbaar te maken voor agrarische activiteiten. Daarnaast hebben de meeste percelen in de Stadsregio Haaglanden 's zomers een holle waterspiegel. Bij een holle waterspiegel is de grondwaterstand in het perceel lager dan het oppervlaktewaterpeil ten gevolge van verdamping tijdens droge perioden. De grondwaterstand in het midden van het perceel ligt meestal het diepste. Holle grondwaterspiegels komen bijna altijd in (infiltrerende) boven- of oeverlanden voor, maar ook in droogmakerijen met kwel.

Bij een lage grondwaterstand wordt het bovenste deel van de bodem belucht. Hierdoor oxideert (een deel van) het organische materiaal in de bodem ten gevolge van bacteriële activiteit. In het veenweidegebied bestaat een groot deel

van de bodem uit organisch materiaal. Bodemdaling in het veenweidegebied wordt dan ook voornamelijk veroorzaakt door oxidatie van deze organische bestanddelen (Hendriks e.a., 2009). Ten gevolge van veenoxidatie door grondwaterstandverlaging is in sommige gebieden het maaiveld meerdere meters gedaald tijdens de afgelopen eeuwen (Figuur 17).

50



Figuur 18: Voorbeelden van bodemdaling in veengebieden. Links: de top van de paal geeft het maaiveldniveau van een veenweidegebied in Groot-Brittannië in 1848; Rechts: door bodemdaling ten gevolge van inklinking van het veen zijn de fundamente van deze bunker uit 1940 in het Nederlandse veenweidegebied bloot komen te liggen.

4.1.2 Effect van klimaatverandering op bodemdaling

Door klimaatverandering zal de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in de Stadsregio Haaglanden tijdens zomerperioden dieper komen te liggen, en dan in het bijzonder tijdens langdurige droogten. Aangezien onder het W+ scenario van het KNMI de grootste temperatuurstijging en grootste afname van neerslag tijdens zomerperioden wordt verwacht (zie hoofdstuk 2), zal de daling van de GLG onder dit klimaatscenario het sterkste optreden. De stijging van temperatuur en afname van de neerslag veroorzaken via verschillende mechanismen een versnelling van de bodemdaling in het veenweidegebied (Van Huissteden et.al., 2006; Hendriks et.al., 2009):

- Ten gevolge van de lagere grondwaterstanden en de hollere waterspiegel, zal de veenoxidatie en maaiveldaling worden versterkt. Drogere zomers zullen bij gelijkblijvend peilbeheer tot gevolg hebben dat de grondwaterspiegel in de zomer verder uitzakt, waardoor een grotere dikte van de veenbodem wordt belucht en oxideert.

- Daarnaast neemt de oxidatie van organisch materiaal toe met hogere temperaturen ten gevolge van een toename van de bacteriële activiteit.
- Wanneer de droogte meerdere jaren aanhoudt en een daardoor dalende stijghoogte in het eerste watervoerende pakket optreedt, wordt het verdrogende effect van de veenbodem versterkt ten gevolge van een afnemende kwelstroom.

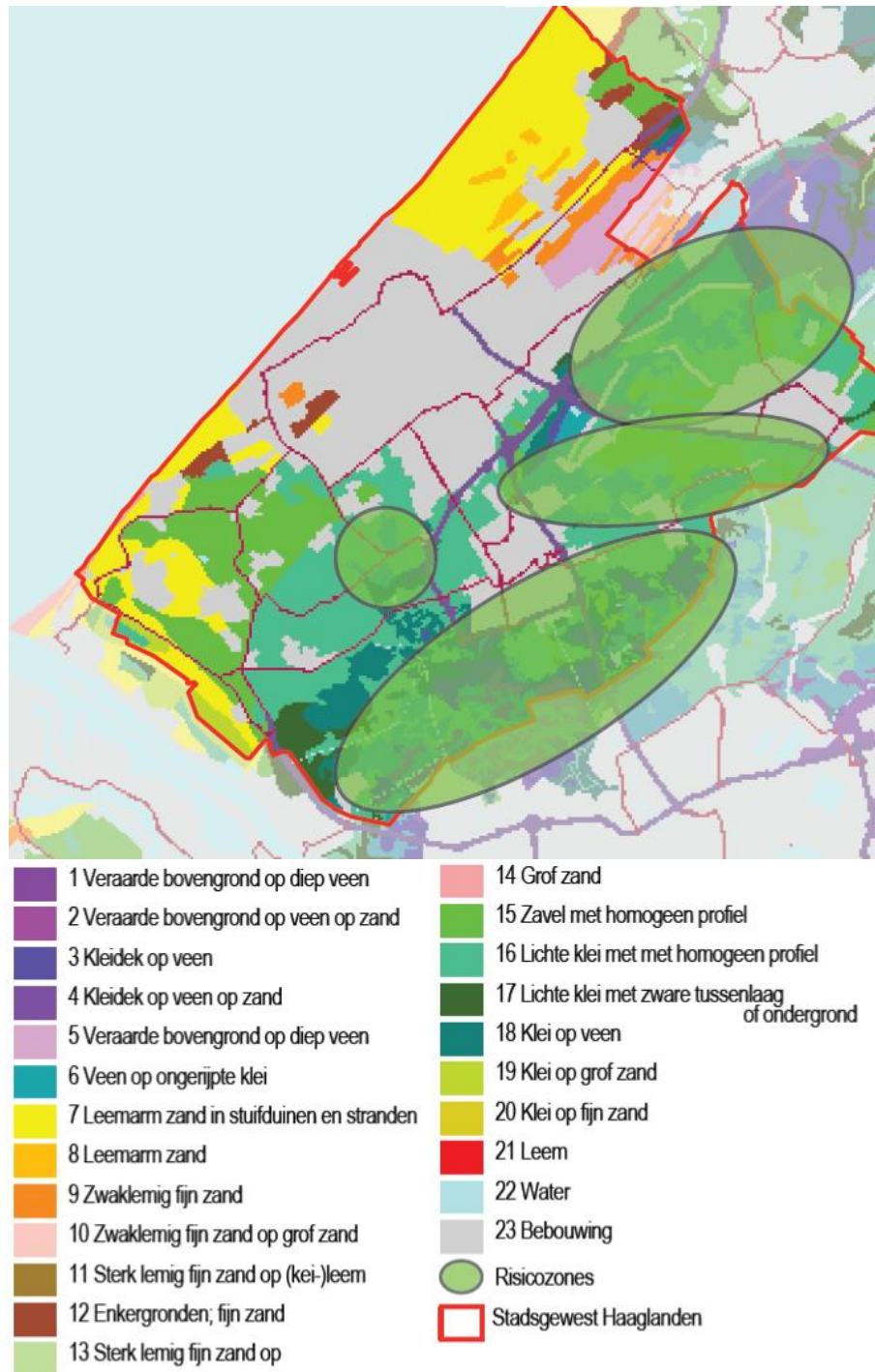
51



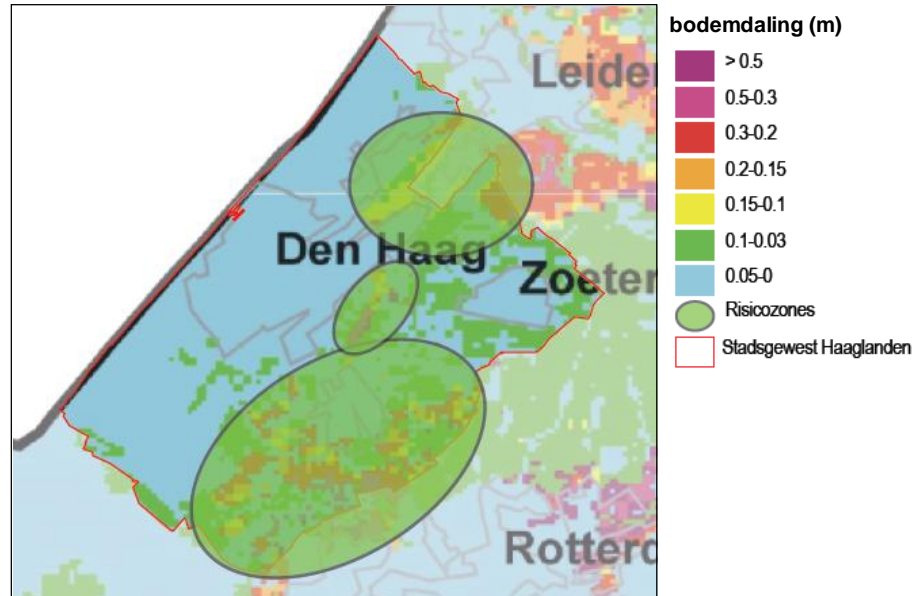
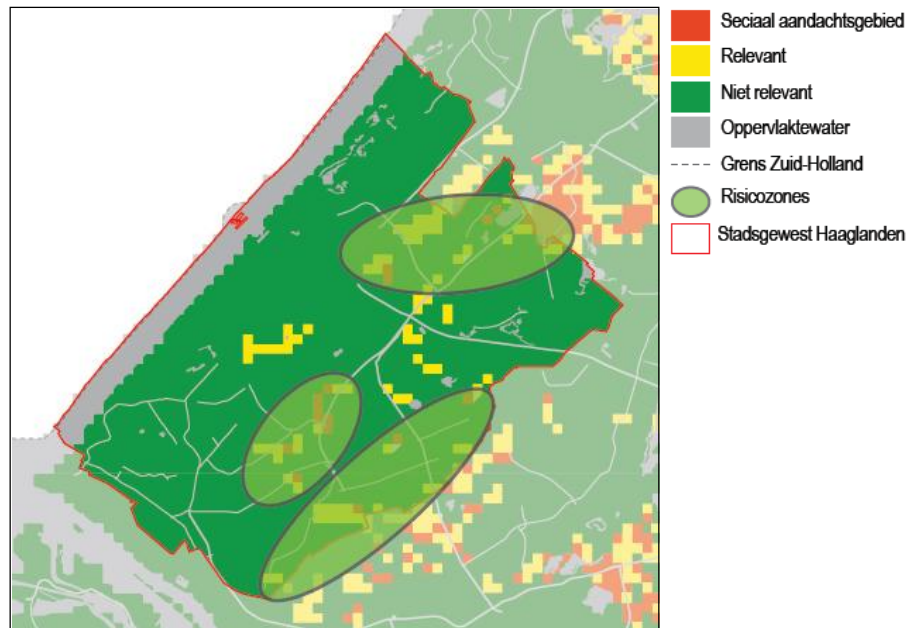
Figuur 19: Veenweidelandschap in het Groene Hart. Foto Naturalis.

4.1.3 Klimaat-effect op bodemdaling in Haaglanden

Vooral gebieden met veen in de top van het bodemprofiel zijn gevoelig voor bodemdaling. Voor de regio Haaglanden is dit het geval in Midden-Delfland en in de polders rondom Zoetermeer (zie Figuur 20). Figuur 21 geeft een ruimtelijk beeld van de te verwachte bodemdaling in het gebied tot 2050 wanneer er geen significante klimaatverandering zal optreden. In grote delen van de Stadsregio Haaglanden is de bodemdaling beperkt (0 – 0.1 m). In delen van Midden-Delfland en van de polders rondom Zoetermeer kan de bodemdaling tot 2050 echter oplopen tot meer dan 0,5 m. Deze gebieden zijn dan ook door de provincie Zuid-Holland als aandachtsgebieden aangemerkt (Figuur 21). Wanneer ten gevolge van klimaatverandering de hoeveelheid neerslag afneemt en de temperatuur stijgt, neemt de voorspelde bodemdaling in deze gebieden nog toe.



Figuur 20: verspreiding van bodemtypen in de Stadsregio Haaglanden (bron: bodemdata.nl). Risicozones t.a.v. bodemdaling zijn aangeduid met groene ellipsen.

Prognose bodemdaling voor de periode 2000-2050

Bodemdalingsgevoeligheid


Figuur 21: Prognose van de bodemdaling (bovenste kaart; 2050 t.o.v. 2000, in m (bron: RIZA)) en bodemdalinggevoeligheid in Zuid-Holland (onderste kaart; rood = speciaal aandachtsgebied, sterk gevoelig; geel=maaiveld daling relevant, matig gevoelig; groen= maaiveld daling minder relevant, weinig tot niet gevoelig (Bron: Bodemvisie Provincie Zuid-Holland, 2006)).

Bij een grotere droogte lopen ook gebieden waar de ondergrond bestaat uit een kleidek op veen gevaar. Wanneer uitdroging in de zomer krimpscheuren in het kleidek veroorzaakt, valt onderliggend veen droog en gaat het oxideren en krimpen. Wanneer en in welke mate dit gebeurt is echter nog niet bekend. In de gebieden waar geen veen aan de lucht wordt blootgesteld blijft de bodem-

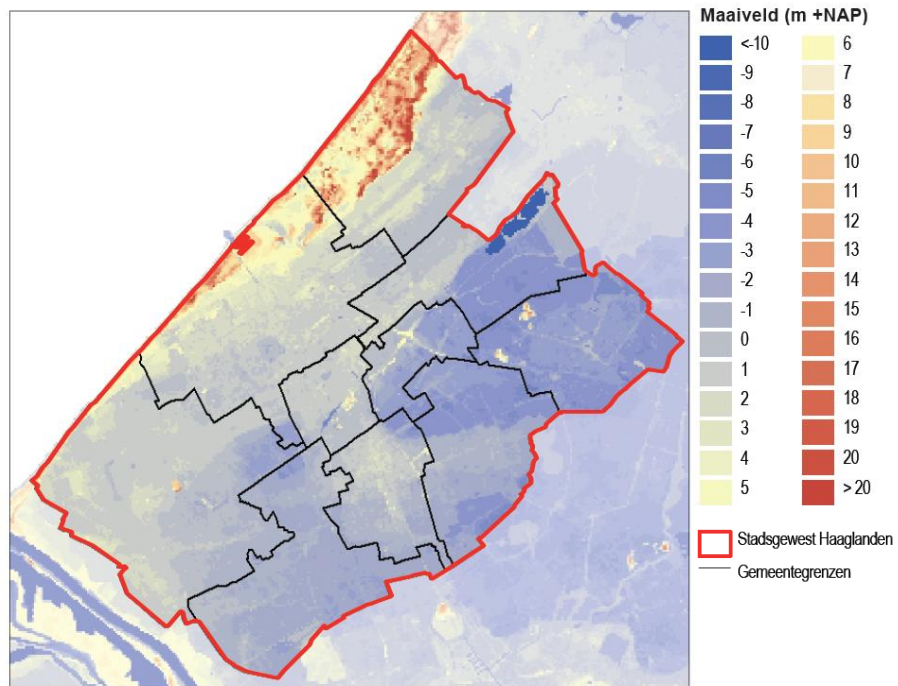
daling beperkt en draagt de verdroging alleen bij aan de vermindering van het gewicht van de deklaag.

4.1.4 Resulterende risico's

Wellen en interne verzilting

De droogmakerijen worden gekarakteriseerd door de relatief lage ligging (vnl. noordoostelijke deel van Haaglanden, Figuur 22) waardoor ze het gehele jaar onder kwelinvloed staan. De freatische grondwaterstand in het gebied wordt hoofdzakelijk beheerst door een dicht stelsel van drainagebuizen. Ten gevolge van de constante bemaling van de poldergebieden is sprake van een sterke kwelflux vanuit het grondwater onder de deklaag. Deze "diepe" kwel komt voornamelijk aan het oppervlak in de sloten, waarbij het kwelwater grotendeels geconcentreerd opstijgt via wellen in de sloten (De Louw e.a., 2004).

54

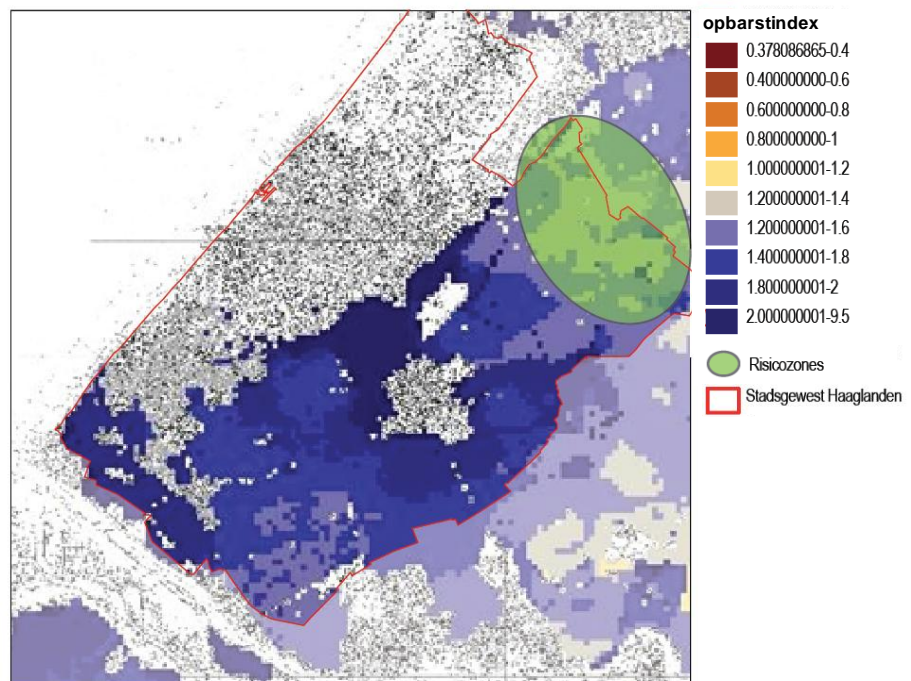


Figuur 22: maaiveld van de Stadsregio Haaglanden in m+NAP. De diepe poldergebieden (donkerblauw) in het noordoostelijk deel zijn duidelijk waarneembaar.

In gebieden waar door toenemende droogte veenoxidatie en daarmee versterkte bodemdaling optreedt, neemt de lithostatische druk (de bovenbelasting), geleidelijk af. Gevolg is dat niet alleen in sloten, maar ook op het land wellen kunnen ontstaan. Het risico op het ontstaan van wellen wordt het opbarstrisico genoemd, uitgedrukt in de opbarstindex. Gebleken is dat wellen voorkomen bij een opbarstindex lager dan 1,2. Bij een toenemende stijghoogte in het eerste watervoerend pakket zullen in de gebieden met een opbarstindex van 1,2 tot 1,4 als eerste wellen gaan optreden, het eerste in sloten. Daarnaast zijn zandbaan funderingen locaties waar het opbarstrisico relatief groot is.

Figuur 23 toont het huidige opbarstrisico in de Stadsregio Haaglanden. Momenteel is dit voor de hele polder nog boven de 1.2 en is er geen sprake van grote risico's. Wel is zichtbaar dat de opbarstindex langs de randen van de diepe polders het laagste is (1.2 – 1.6). In deze gebieden komen ook de meeste wellen voor in de sloten. Vooral in het noordoostelijke deel van de Stadsregio is de opbarst index laag (1.2 – 1.4).

Verwacht wordt dat het opbarstrisico zal toenemen in gebieden met een hoge bodemdalinggevoeligheid. Voor de Stadsregio Haaglanden zijn dit delen van Midden-Delfland en in de polders rond Zoetermeer. Wanneer door klimaatverandering de bodemdaling versneld optreedt, zal het opbarstrisico in dit gebied snel toenemen. Op welke termijn het veelvuldig ontstaan van wellen in sloten, onder zandbaanfunderingen en op het land verwacht kan worden is niet precies bekend.



Figuur 23: Opbarstindex. Hoge index (blauw) = minder kans op opbarsten, lage index (rood/geel) = meer kans op opbarsten.

Het afgelopen jaar zijn door Hoogheemraadschap Rijnland in samenwerking met Deltares op verschillende locaties proeven uitgevoerd met het afdichten van bestaande wellen. Het is momenteel echter nog niet duidelijk of de wellen blijvend succesvol afgedicht kunnen worden. Mogelijk verschilt de slagingskans van deze techniek ook tussen verschillende typen wellen (persoonlijke communicatie, De Louw, 2010).

Omdat in deze wellen 'opgegelen' van water uit het brakke en zoute grondwater plaatsvindt, heeft dit 'welwater' een relatief hoog zoutgehalte. De aanvoer van dit brakke welwater in sloten speelt dan ook een belangrijke rol bij de verzilting van het oppervlaktewater (De Louw e.a., 2004; Bosch e.a., 2009). Als gevolg hiervan wordt het oppervlaktewater minder goed bruikbaar voor berege-

ning en wordt de ecologie in sloten aangetast. Wanneer ook wellen op het land ontstaan, kan het brakke water tevens problemen opleveren op de landbouwpercelen en zal het oppervlaktewater in toenemende mate verzilten. Om deze toename van de verzilting te voorkomen is frequentere doorspoeling van het oppervlaktewatersysteem. De watervraag van het grasgebied zal hierdoor toenemen.

Opgemerkt moet worden dat hoewel het risico van opbarsting binnen Haaglanden beperkt is, de gevolgen van opbarsting buiten Haaglanden wel in Haaglanden voelbaar kunnen zijn. Haaglanden wordt o.a. voorzien van water vanuit het beheersgebied van Rijnland. En aangezien in Rijnland de opbarstingsrisico's groot zijn, zal de interne verzilting aldaar effect hebben op de kwaliteit van het water dat naar Haaglanden wordt gevoerd.

Toename overstromingsrisico's

Door bodemdaling komen gebieden lager te liggen ten opzichte van NAP en ten opzichte van de waterlopen. De risico's in het geval van een dijkdoorbraak worden daardoor groter: bij een dijkdoorbraak zal de waterlaag op het land groter zijn dan voorheen. Dit zal meer overlast en risico's opleveren. De gebieden waar de grootste bodemdaling wordt verwacht zijn het gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland (zie Figuur 21). Het gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam ligt momenteel al relatief laag (4 tot 6 m –NAP). Het extra risico dat bodemdaling (0.1 - > 0,5 m) hier veroorzaakt is daarom gering. In midden Delfland levert de versnelde bodemdaling wel extra risico's op, aangezien de nog verwachte bodemdaling (0.1 - > 0,5 m) hier relatief groot is vergeleken met de huidige maaiveldhoogte van de polder (1 to 3 m –NAP) ten opzichte van de waterlopen.

Naast de hier beschreven toename van de risico's bij een dijkdoorbraak, neemt in een deel van de Stadsregio Haaglanden het risico op het falen waterkeringen toe.

Naast bovengenoemde risico's levert bodemdaling knelpunten op voor constructies (gebouwen, infrastructuur). Dit aspect wordt behandeld in hoofdstuk 10.

4.1.5 Uitstoot van broeikasgassen

De oxidatie van organisch materiaal veroorzaakt niet alleen bodemdaling, ook worden hierdoor grote hoeveelheden koolstofdioxide uitgestoten in de atmosfeer. Een ander voordeel van het verhogen van grondwaterstanden is daarom het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen. Wanneer de waterspiegel hoog staat, vindt er minder tot geen oxidatie van organisch materiaal plaats en hoopt het dode plantenmateriaal zich op onder de waterspiegel. Daardoor wordt koolstofdioxide vastgelegd in de bodem en wordt de hoeveelheid broeikasgas in de atmosfeer teruggedrongen. Nadeel van het opzetten van waterstanden in het veenweidegebied is de toename van de uitstoot van methaan uit de waterverzadigde bodem (25maal sterker dan koolstofdioxide als broeikasgas). Recent onderzoek heeft echter uitgewezen dat deze toename niet op-

weegt tegen de reductie van de uitstoot van koolstofdioxide (Hendriks et al., 2007).

Ook het stopzetten of extensiveren van landbouwactiviteiten draagt bij aan de verlaging van de uitstoot van broeikasgassen. Ten gevolge van landbouwactiviteiten, zoals het houden van koeien, maaien, bemesten van weiden en opslag van mest wordt veel methaan en lachgas (respectievelijk 25 en 300 maal sterker dan koolstofdioxide als broeikasgas) uitgestoten in de atmosfeer. Door deze activiteiten terug te dringen wordt de hoeveelheid broeikasgas in de atmosfeer teruggedrongen (Hendriks et al., 2009).

4.1.6 Tegengaan van bodemdaling

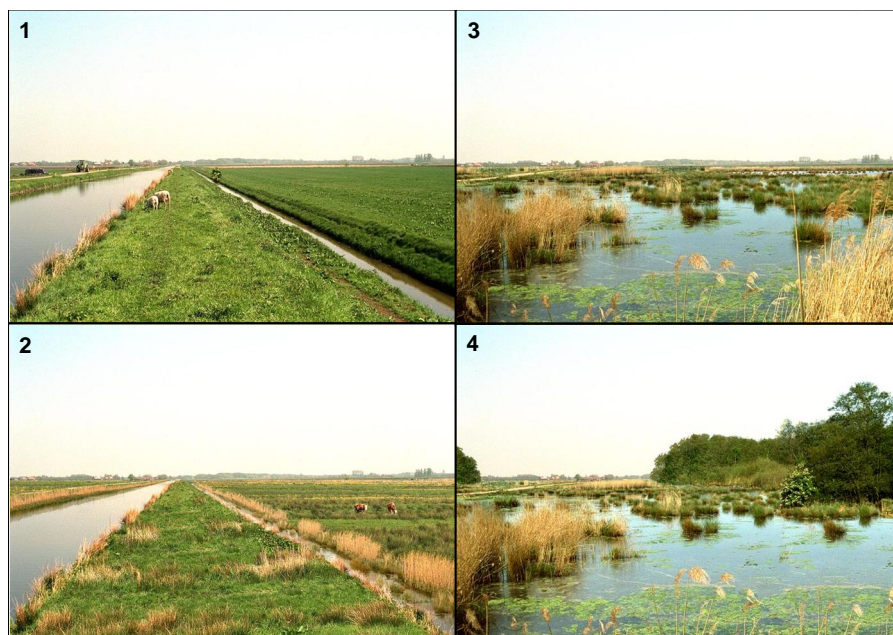
De beheersing van de grondwaterstand bepaalt voor een groot deel de mate van veenoxidatie en bodemdaling. Bij voortzetting van het traditionele waterbeheer in de 'veenpolders' zal de spiraal van "peilverlaging → bodemdaling → peilverlaging →" niet worden doorbroken, waardoor het waterbeleid is in het gebied niet duurzaam is. De gevolgen van verzilting via wellen en de risico's bij overstroming zullen steeds groter worden.

Bodemdaling kan worden gestopt door het permanent opzetten van water, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van natte natuur met, op langere termijn, de mogelijkheid van veenaangroei (Figuur 24). Een plas/dras beheer vertraagt de veenoxidatie optimaal, maar is niet of nauwelijks verenigbaar met agrarische activiteiten. Wellicht zal de uitzakking van de grondwaterspiegel in de toekomst effectiever gereguleerd kunnen worden door beregening of infiltratie met drainagesystemen. Wanneer geen totale vernatting wordt gekozen voor deze gebieden kan een dynamischer peilbeheer gevoerd worden. Om oxidatie tegen te gaan zal dus het zomerpeil vroeg in het jaar opgezet moeten worden. De effectiviteit van het opzetten van waterpeilen neemt in de loop van een jaar echter af, door de afnemende doorlatendheid van slotwanden. In welke mate dynamisch peilbeheer bodemdaling tegengaat is nog onduidelijk. Belangrijk voor het tegengaan van bodemdaling is in ieder geval dat ook tijdens de zomerperiode het grondwater niet te ver onder maaiveld zakt.

Ook het dynamische peilbeheer kan in veel gevallen nadelig zijn voor de landbouw in het gebied, door een beperkte begaanbaarheid van de percelen met landbouwmachines. Aanpassingen aan machines (licht materiaal op brede banden) kunnen de gevolgen beperken. Echter, plaatselijk zullen de financieel-economische gevolgen van een weinig draagkrachtige bodem moeten worden geaccepteerd om bodemdaling tegen te gaan.

In het beleidskader ten behoeve van adaptatie aan klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008) is discussie over de toekomst en de ontwikkeling van het veenweidelandschap reeds geagendeerd. Ook het toepassen van blauwe diensten in deze gebieden wordt door het hoogheemraadschap Delfland bestudeerd.

Om verdere kweldruk tegen te gaan om de vorming van nieuwe brakke of zoute grondwaterwells te voorkomen, is het daarnaast aan te bevelen om geen nieuwe watergangen aan te leggen die de kweldruk in het gebied verhogen. Hoogheemraadschap Delfland anticipeert hier reeds op in het beleidskader ten behoeve van adaptatie aan klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008).



Figuur 24: Transitie van veenweide gebied met agrarische bestemming en lage grondwaterstand naar een meer natuurlijke plas-dras toestand na opzetten van waterstanden.

Ondanks dat al veel bekend is over de verschillende processen die bodemdaling veroorzaken, zijn de effecten van de verschillende klimaat- en beleidscenari'o's nog niet voor het gehele veenweidegebied doorgerekend. Door de nieuwste kennis op dit gebied op te nemen in de bestaande rekenmodellen voor bodemdaling, broeikasgasemissies en grondwater kunnen de effecten van de scenario's doorgerekend worden. Ook door technieken voor het gebruik van satellietgegevens verder te ontwikkelen kan in de toekomst het verloop van bodemdaling nauwgezet worden gevolgd.

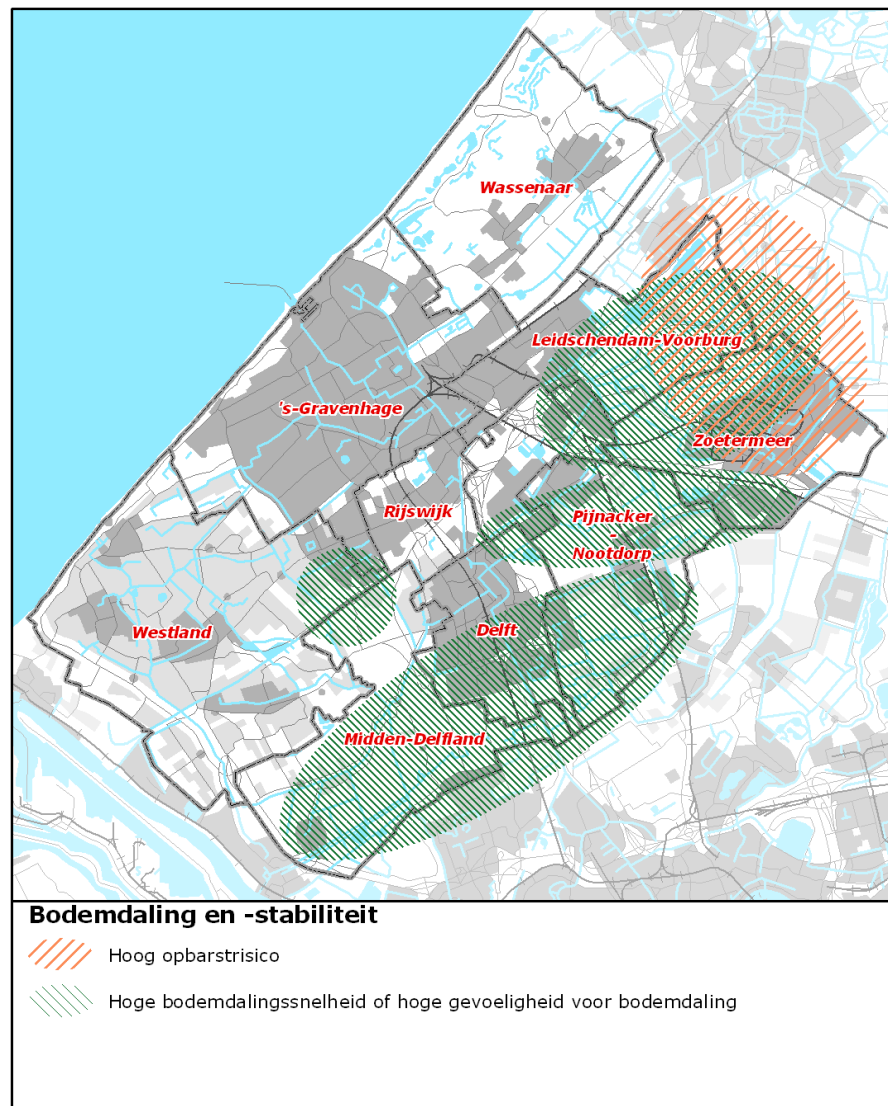
4.1.7 Conclusies

Ten aanzien van bodemdaling kunnen voor de regio Haaglanden de volgende samenvattende conclusies worden getrokken (zie ook Figuur 25):

- In Midden-Delfland en in de polders rondom Zoetermeer kan de bodemdaling tot 2050 oplopen tot meer dan 0,5 m zonder klimaatverandering. Onder het W+ scenario is deze bodemdaling in deze gebieden sterker.
- Langs de randen van de diepe polders van de Stadsregio Haaglanden, vooral in de polders nabij Zoetermeer, is het opbarstrisico van brak of

zout grondwater relatief groot. Ten gevolge van klimaatverandering zal het aantal wellen in sloten en op het land toenemen langs de randen van de diepe polders in de Stadsregio Haaglanden, vooral in het noordoosten. Hierdoor neemt de verzilting van het oppervlaktewater toe en kan de stabiliteit van zandbaanfunderingen afnemen.

- In Midden-Delfland levert de versnelde bodemdaling extra risico's op, aangezien de nog verwachte bodemdaling hier relatief groot is vergeleken met de huidige maaiveldhoogte van de polder ten opzichte van de waterlopen. Het opstaande water in de polder bij een dijkdoorbraak is daardoor significant dieper.



Figuur 25: Aandachtsgebieden t.a.v. bodemdaling en bodemstabiliteit

- Het toepassen van blauwe diensten in deze gebieden is relevant, aangezien het opzetten van de waterstand en het creëren van plas-dras landschappen de bodemdaling in het veenweidegebied kan tegengaan.

In hoofdstuk 9 wordt nader ingegaan op de toekomst van de landbouw als beheerder van het landschap.

- Om verdere kweldruk tegen te gaan om de vorming van nieuwe brakke of zoute grondwaterwells te voorkomen, is het aan te bevelen om geen nieuwe watergangen aan te leggen die de kweldruk in het gebied verhogen.

De volgende, voor de adaptatiestrategie relevante, kennishiaten zijn gesignaleerd:

- Risico's van veenoxidatie (bodemdaling) in gebieden waar de ondergrond bestaat uit een kleidek op veen zijn nog onvoldoende bekend.
- Op welke termijn het veelvuldig ontstaan van wells in sloten, onder zandbaanfunderingen en op het land verwacht kan worden is niet precies bekend.
- Het is momenteel nog niet duidelijk of wells succesvol afgedicht kunnen worden.
- Door de nieuwste kennis op te nemen in de bestaande rekenmodellen voor bodemdaling, broeikasgassen en grondwater kunnen de effecten van de klimaat- en beleidscenari'o's op bodemdaling en broeikasgasuitstoot doorgerekend worden. Ook door technieken voor het gebruik van satellietgegevens verder te ontwikkelen kan in de toekomst het verloop van bodemdaling nauwgezet worden gevolgd.

4.2 Grondwateroverlast

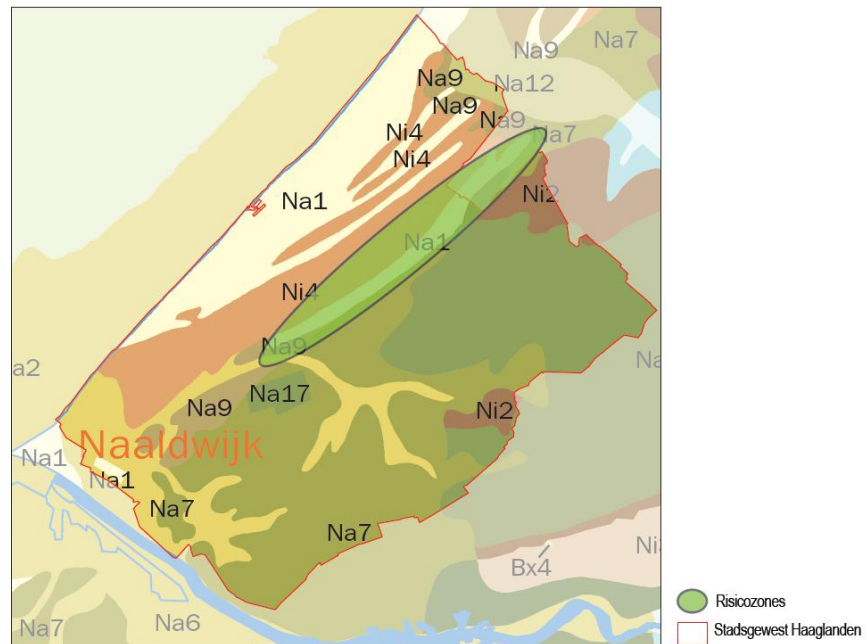
Rond de problematiek van klimaat gerelateerde grondwateroverlast wordt een onderscheid gemaakt tussen het directe effect van klimaatsverandering in de vorm van neerslagtoename in de winter en het indirecte effect van zeespiegelstijging.

4.2.1 Effect van neerslagtoename

Voor gebieden met een grote slootafstand en een relatief diepe grondwaterstand, zoals in het kustgebied (duinen, strandwallen) mag worden verwacht dat door klimaatverandering (toename van neerslag in winterhalfjaar) de grondwaterstand gedurende het gehele jaar hoger zal liggen. Dit geldt vooral voor infiltratiegebieden in de duinstreek. Mede als gevolg hiervan kunnen aangrenzende, relatief lagere gebieden (o.a. strandvlakten) grondwateroverlast ondervinden. Er wordt verwacht dat ook de overgangzone van deze gebieden naar de aangrenzende laaggelegen (polder)gebieden risico loopt op grondwateroverlast. Door de stijging van de grondwaterstand zal ook de stijghoogte in de wervoerende pakketten toenemen. Als gevolg hiervan mag worden verwacht dat kwel in deze streek toeneemt. De locatie van de infiltratiegebieden in de duinstreek van Haaglanden wordt aangeduid in Figuur 26.

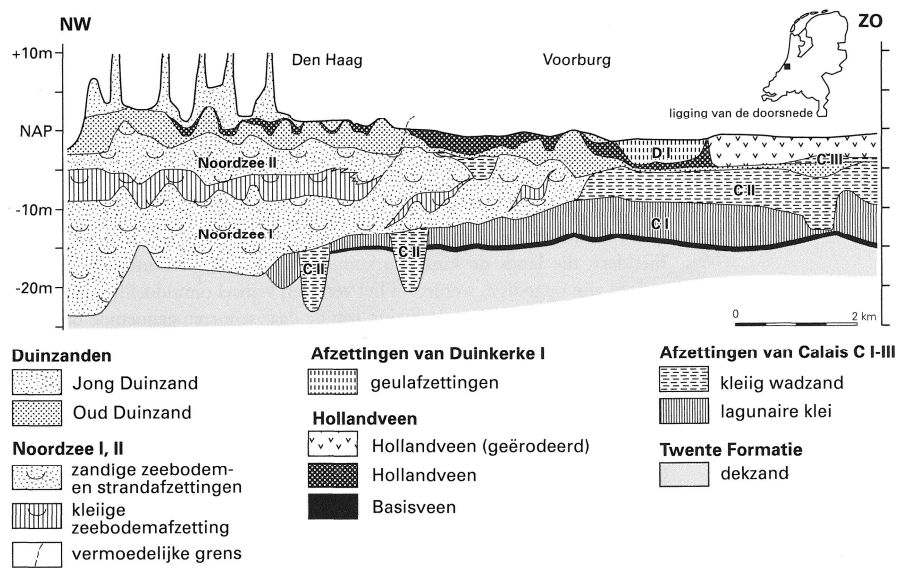
Stedelijke gebieden in de regio Haaglanden die onder invloed staan van deze stijging van de grondwaterstand en de toename van kwel in de overgangszone, zijn oostelijke delen van Den Haag, Voorburg en Leidschendam (Figuur 27) en proeftuin Noordpolder. Wassenaar en Westelijk Den Haag liggen hoog en droog op de kustduinen en zullen daardoor minder merken van een hogere grondwaterstand. De delen die gelegen zijn op de oude strandwallen kunnen wel grondwateroverlast gaan ondervinden.

61



Figuur 26: Globaal voorkomen van infiltratiegebieden in de duinstreek van de regio Haaglanden: code Na1 (duin- en strandzand). Code Ni4 duidt de lagere strandvlakten aan (veen op duin- en strandzand). Bron: TNO, Geologische overzichtskaart van Nederland 2010⁴. De rode stippellijn geeft de overgangszone aan waar grondwateroverlast kan worden verwacht.

⁴ De Mulder, E.F.J., M.C.Geluk, I.Ritsema, W.E Westerhoff en T.E. Wong (2003) De Ondergrond van Nederland.

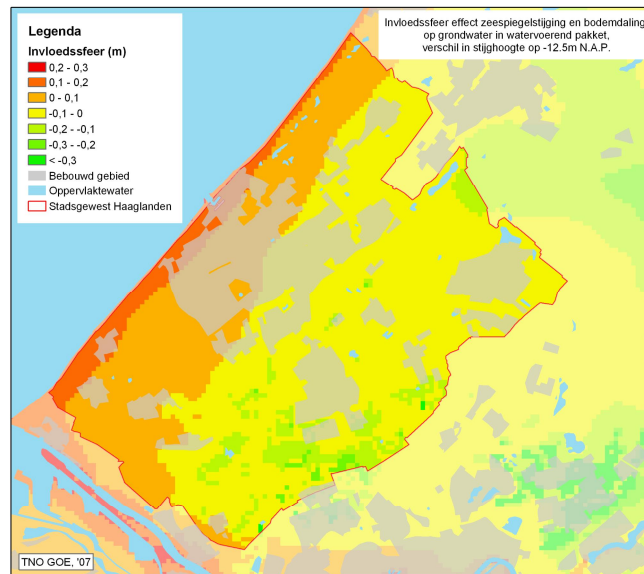


Figuur 27: Doorsnede door het duingebied bij Den Haag en het daarachter gelegen deel van de kustvlakte (Berendsen 1997 naar Zagwijn, 1986).

4.2.2 Effect van zeespiegelstijging

Berekeningen met het grondwatermodel van de provincie Zuid-Holland (Van Ek et al., 2007) tonen dat de invloed van zeespiegelstijging en bodemdaling in de binnenduinrand beperkt blijft tot maximaal 10 cm toename van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (Figuur 28). Deze toename is beperkt. Wat echter niet is onderzocht, is wat de optelsom zal zijn van de toegenomen kwel, zoals hierboven beschreven als gevolg van een stijging van de grondwaterstand in het duingebied, in combinatie met de toegenomen kwel door zeespiegelstijging en bodemdaling. Uit de eerste beelden zoals hierboven geschetst lijkt de invloed van zeespiegelstijging zich vooral voor te doen in de hogere delen van Den Haag. Aanvullend onderzoek van de ontwikkeling van de grondwateroverlast is aan te bevelen. Met name om meer gedetailleerd in beeld te kunnen brengen wat de cumulatieve effecten zullen zijn op toename van de kwel in de oostelijke zone van Den Haag, Voorburg en Leidschendam.

Momenteel wordt de Delflandse kust verbreed ter verbetering van de kustbescherming. Dit is tevens een van de oplossingen aangedragen door de Delta commissie. Uit lopend onderzoek (Deltares, in voorbereiding) blijkt dat kustverbreding, zonder extra grondwaterverlagende maatregelen, leidt tot grondwaterstand stijging. Met name in de binnenduinrand kan dit leiden tot grondwateroverlast. De exacte locatie van mogelijke overlast en noodzakelijke maatregelen is nog niet bekend. Overlast t.g.v. deze factor zal in ieder geval voorkomen op de huidige probleemlocaties.



Figuur 28: Invloed van 30 cm zeespiegelstijging en geprognosticeerde bodemdaling (RIZA) op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (bewerkt, Van Ek et. Al., 2007).

4.2.3 Conclusies

Ten aanzien van grondwateroverlast kunnen voor de regio Haaglanden de volgende samenvattende conclusies worden getrokken:

- Als gevolg van klimaatverandering (toename van neerslag in winter-halfjaar) zal de grondwaterstand gedurende het gehele jaar hoger liggen. Dit geldt vooral voor infiltratiegebieden in de duinstreek waardoor aangrenzende, relatief lagere gebieden grondwateroverlast ondervinden. Aandachtsgebieden zijn de oostelijke delen van Den Haag, Voorburg en Leidschendam en proeftuin Noordpolder.
- De invloed van zeespiegelstijging en bodemdaling op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket speelt vooral in de hogere, drogere delen van Den Haag. De invloed in de binnenduinrand blijft beperkt.
- De invloed van zeespiegelstijging en kustverbreding op het freatische grondwater is onduidelijk.

De volgende, voor de adaptatiestrategie relevante, kennishiaten zijn gesignaleerd:

- Onderzoek van de ontwikkeling van de grondwateroverlast is aan te bevelen om een meer gedetailleerd in beeld te krijgen van de cumulatieve effecten op toename van de kwel in de zone oostelijk Den Haag, Voorburg en Leidschendam.
- De invloed van zeespiegelstijging en kustverbreding op het freatische grondwater moet beter onderzocht worden.

5 Veiligheid – stabiliteit waterkeringen

Door de toename van de economische waarde van gebieden wordt het belang van de stabiliteit van waterkeringen steeds groter. Bovendien worden de kaden zelf als aantrekkelijke woonlocatie gezien. Ook veroorzaakt bodemdaling een toename van de risico's wanneer er een dijkdoorbraak plaatsvindt. Als gevolg van (versnelde) bodemdaling in polders met een veenbodem komt het maai-veld in de polders lager te liggen ten opzichte van de waterlopen in het gebied. Hierdoor neemt de waterdiepte in de polder bij overstroming vanuit het oppervlaktewater toe.

De stabiliteit van de waterkeringen (boezem- en polderkaden) kan aangetast worden door verschillende mechanismen. Klimaatverandering kan één of meerdere van de mechanismen verergeren. Zo zal het effect van vernatting op de stabiliteit van (veen)dijken tijdens de winterperioden sterker worden onder alle klimaatscenario's, en tijdens de zomerperioden bij scenario's G en W. De effecten van verdroging op de stabiliteit van veenkaden worden sterker tijdens de zomerperioden bij scenario's G+ en W+.

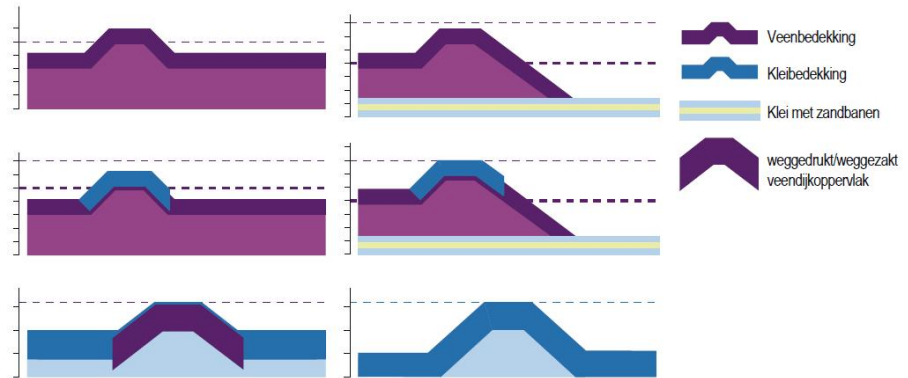
Door het Hoogheemraadschap Delfland zijn de risico's van waterkeringen in het gebied reeds opgenomen in het beleidskader ten behoeve van adaptatie aan klimaatverandering (2008). Ook wordt in dit beleidskader aangegeven dat veendijken wellicht niet geschikt zijn voor compartimentering. In onderstaande paragrafen wordt het voorkomen van kwetsbare waterkeringen in de Stadsregio Haaglanden verder in beeld gebracht en worden de bestaande en toekomstige risico's van deze kaden toegelicht.

5.1 Opbouw en voorkomen polder/boezemkaden, veendijken

Doordat een groot deel van West-Nederland onder zeeniveau en onder het waterpeil van de rivieren ligt, zijn er in de loop der eeuwen veel waterkeringen aangelegd in het gebied. Een groot deel van de waterkeringen heeft de functie van boezemkade of polderkade en vallen onder de verantwoordelijkheid van de waterschappen. Boezemkaden zijn kaden die zijn opgeworpen om polders tegen water uit het boezemwater te beschermen. Ze zijn samengesteld uit divers materiaal, waaronder veen en klei uit de omgeving. Polderkaden zijn kaden die droogmakerijen tegen het water uit een binnenboezem moeten beschermen. De polderkaden bestaan meestal uit niet ontgraven restmateriaal. Aangezien droogmakerijen over het algemeen zijn gevormd door het ontgraven van veen, bestaan de polderkaden in veel gevallen uit veen (Van Ek et. al., 2007).

Een veenkade wordt niet gedefinieerd in termen van een (minimale) hoeveelheid veen of dikte van een veenlaag in of onder de kade. Meestal wordt met veenkade elke kade of dijk bedoeld waar zich veen bevindt in het dijklichaam of in de (Holocene) ondergrond onder en direct achter de kade, ongeacht de dikte

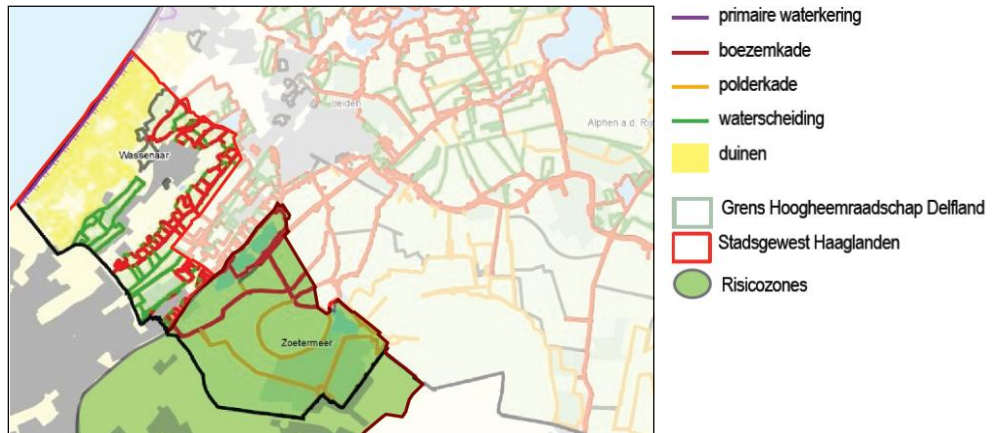
of hoeveelheid veen. In Figuur 29 zijn de verschillende typen veenkaden die voorkomen in de regio Haaglanden schematisch weergegeven.



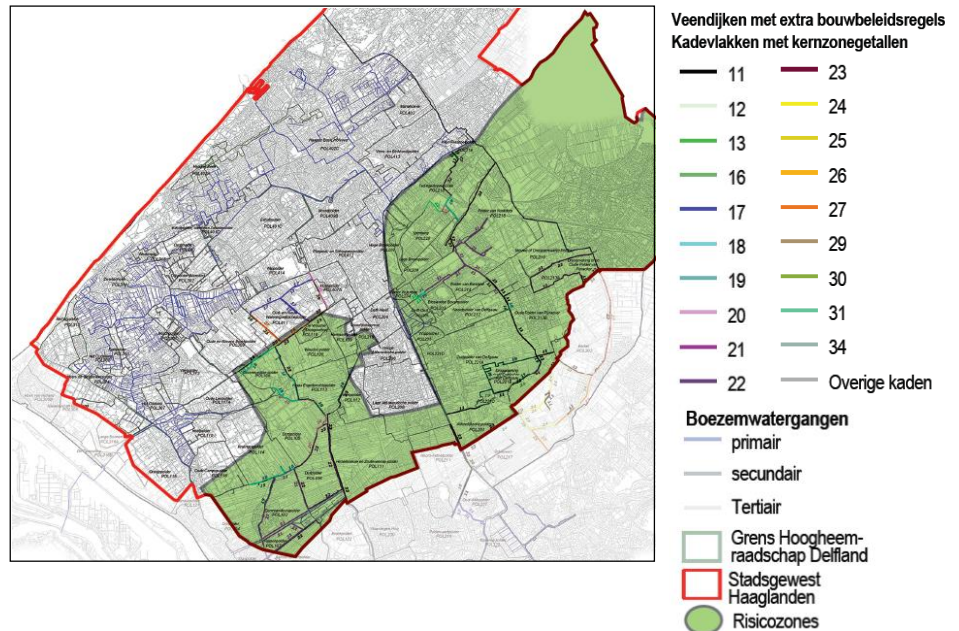
Figuur 29: Schematische weergave van typen veenkaden die voorkomen in de regio Haaglanden (Van Hemert, H., et. al., 2005).

In de oostelijke en noordelijke helft van de Stadsregio Haaglanden, rondom de veenweidegebieden en de diepe droogmakerijen, bestaan waarschijnlijk veel waterkeringen uit veenkaden (Figuur 30). Welke delen van de boezem- en polderkaden precies uit veen bestaan, is in veel gevallen (nog) niet bekend.

Kaden en waterkeringen in de zuidelijke helft van het beheergebied van hoogheemraadschap Rijnland



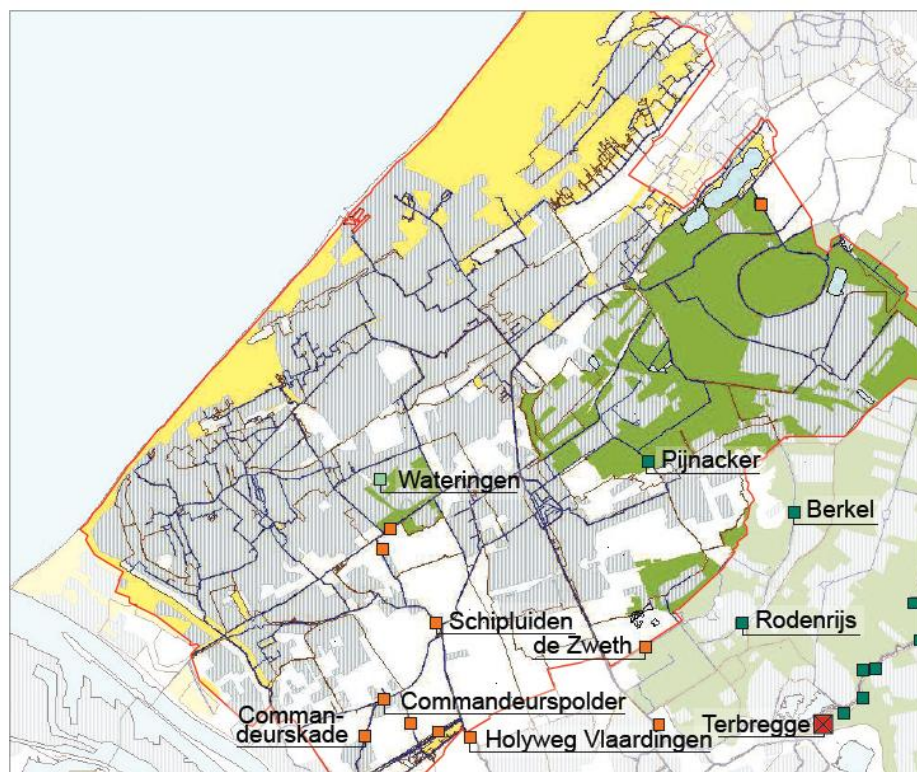
Veendijken, kaden en watergangen in het beheergebied van hoogheemraadschap Delfland









Figuur 30: Overzicht van de ligging van kaden in de Stadsregio Haaglanden en de risicozones met veendijken. A: Waterkeringen in het beheergebied van Hoogheemraadschap Rijnland valend binnen de Stadsregio Haaglanden (bron: hoogheemraadschap Rijnland). B: Overzichtskartaart van watergangen en kaden in het beheersgebied van hoogheemraadschap Delfland valend binnen de Stadsregio Haaglanden. (bron: hoogheemraadschap Delfland). C: Voornamelijk de boezem- en polderkaden in en rond het veenweidegebied en de diepe droogmakerijen zijn gevormd uit veen. Dit gebied wordt beschouwd als risicozone en is in de figuren aangegeven met een groen vlak.

5.2 Risico's voor waterkeringen in Haaglanden

In de Stadsregio Haaglanden zijn de afgelopen jaren zowel tijdens natte als tijdens droge perioden op een aantal plaatsen problemen opgetreden (zie Figuur 31). De oorzaak van deze problemen was in een aantal gevallen afname van stabiliteit door vernatting, terwijl op andere locaties juist een afname van stabiliteit door droogte veroorzaakte. In de navolgende paragrafen worden faalmechanismen, de situatie in Haaglanden en effecten van klimaatverandering toegelicht.



Lokaties noodmaatregelen

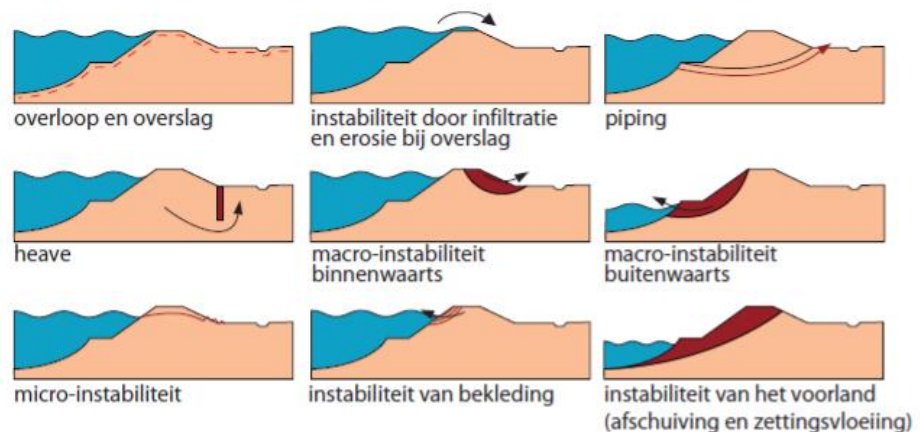
- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Boezem kade |  | Droogmakerijen |
|  | Polderkade ringvaart droogmakerij |  | Boezemgebieden en hoge gronden |
|  | Polderkade |  | Bebouwde gebieden (woningen, industrie en glastuinbouw) |
|  | Doorbraak polderkade ringvaart droogmakerij |  | Stadsgewest Haaglanden |
|  | Boezemwateren | | |
|  | Begrenzing poldergebieden | | |
|  | Provinciegrenzen | | |

Figuur 31: Boezem- en polderkaden in en nabij Haaglanden waar problemen zijn opgetreden en waar in 2003 maatregelen zijn genomen (bron: Calle, E.O.F. et. al., 2005).

5.2.1 Afname van stabiliteit door vernatting

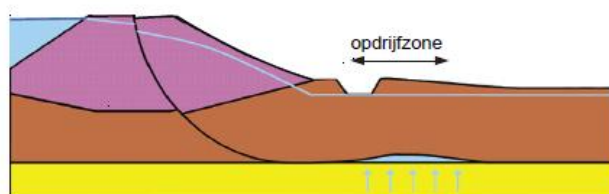
Mechanismen

Tijdens zeer natte omstandigheden kan de stabiliteit van waterkeringen worden aangetast door verschillende mechanismen (Lubking, 1992), zie Figuur 32. Bij langdurige vernatting van het dijklichaam of het voorland kan afschuiving optreden ten gevolge van binnenwaartse of buitenwaartse macro-instabiliteit. Dit gebeurt meestal via ronde glijvlakken. Ook kan de stabiliteit van een deel van het dijklichaam worden verminderd door micro-instabiliteit of instabiliteit van de bekleding. Hoge waterpeilen in waterlopen en golfoverslag kunnen leiden tot instabiliteit en erosie van de buitenste delen van het dijklichaam. Een toename van de kweldruk vanuit het waterlichaam kan het effect van piping of heave veroorzaken. Piping ontwikkelt zich langs de onderkant van de constructie, min of meer in horizontale richting. Er wordt een erosiekanaal gevormd. Heave is verticaal gericht, geassocieerd met het verdwijnen van de effectieve korrelspanningen. De zandkorrels worden als het ware door het water opgetild en weggespoeld. De effecten van heave en piping kunnen ook toenemen door het dunner worden van de deklaag in de polders ten gevolge van veenoxidatie.



Figuur 32: Faalmechanismen van waterkeringen ten gevolge van vernatting (bron: Rijkswaterstaat, 2007).

Een verhoging van de kweldruk in het watervoerende pakket onder het dijklichaam kan zorgen voor opdrijving van (een deel van) het dijklichaam of het voorland (Lubking, 1992). Als gevolg hiervan kan afschuiving van (een deel van) het dijklichaam plaatsvinden (Figuur 33).



Figuur 33: Afschuiving van een dijklichaam ten gevolge van opdrijving (bron: Rijkswaterstaat, 2007).

Situatie Haaglanden

Bij boezemkaden in de regio Haaglanden zijn in het verleden tijdens zeer natte perioden problemen opgetreden. Het betrof de Commandeurskade in Maasland en de kades aan de Korpershoek en Hodenpijl in Schipluiden (Zie figuur 29). Dat er bij deze kaden in de natte perioden problemen optraden was het gevolg van de kleine marges in de binnenwaartse macrostabiliteit, soms in combinatie met lek in de kaden en de ongunstige gevolgen van een hoge grondwaterstand in de kade op de toch al marginale stabiliteit. De problemen werden verergerd doordat als noodmaatregel werd gecompartmenteerd. De compartimenterings-schermen maakten het afmalen van gemalen tussen de schermen onmogelijk en de normale waterafvoer werd door de schermen verhinderd. Tenslotte maakte harde wind uit de verkeerde hoek het afstromen naar het gemaal nog moeilijker. Toename van neerslag en wind maakt in de toekomst de kans op dit probleem groter (Van Ek et. al., 2007).

Effect klimaatverandering

Ten gevolge van nattere winterperioden, zoals voorspeld door alle klimaatscenario's van het KNMI, en/of nattere zomerperioden (scenario's G en W) kan de kans op deformaties van alle typen waterkeringen toenemen. Structurele vernatting en zeespiegelstijging ten gevolge van klimaatverandering kunnen zorgen voor een hogere stijghoogte in het onderliggende (pleistoceen) zand. Als gevolg hiervan zal meer rekening gehouden moeten worden met faalmechanismen ten aanzien van de binnenwaartse macrostabiliteit langs lange diepe glijvlakken door opdrijving (Figuur 33), een fenomeen dat tot nu toe in de regio Haaglanden doorgaans niet maatgevend is geweest. Toename van perioden met intense neerslag en wind kunnen zorgen voor een toename van uitspoeling van gronddeeltjes van kaden zonder erosiebescherming, waardoor verzwakking van de kade optreedt. Aangezien de meeste kaden voorzien zijn van een behoorlijke erosiebestendige grasmat zal dit probleem echter beperkt blijven (Van Ek, et. al., 2007).

5.2.2 Afname van stabiliteit door droogte

Mechanismen

Naar aanleiding van de problemen aan ca. 50 veenkaden in 2003 heeft Stowa onderzoek laten doen naar het effect van droogte op veenkaden in Nederland (Calle, E.O.F. et. al., 2005). De resultaten van deze studie zijn relevant voor de veenkaden in de Stadsregio Haaglanden. Uit een inventarisatie van gebeurtenissen met kaden tijdens de droogte in 2003 door de provincie Zuid-Holland, valt op te maken dat de vervormingen overwegend bij polder- of tussenboezemkaden zijn opgetreden. Bij dergelijke kaden is veelal sprake van een diep maaiveldniveau in het achterland en daardoor een forse overspanning van de stijghoogte in het watervoerende pakket. In combinatie met de aanwezigheid van een veenpakket resulteert dit in een lage opdrijfveiligheid, wat een belangrijke voorwaarde lijkt bij de kwetsbaarheid van kaden voor droogte. Tijdens droge perioden daalt de grondwaterstand in het veenpakket en droogt het veen boven het grondwater uit, waardoor het gewicht van het veenpakket sterk afneemt. Hierdoor neemt ook de horizontale schuifweerstand tussen het

veenpakket en de zandondergrond, die voor een belangrijk deel de stabiliteit van een waterkering bepaalt, sterk af. Tijdens lange perioden kan het gewicht van het veenpakket zover afnemen dat het gaat drijven op de grondwaterdruk in de zandondergrond, waardoor de kade kan bezwijken. Juist veenkaden zijn kwetsbaar voor opdrijven bij verdroging, doordat gewichtsafname bij verdroging van veen relatief groot is. De uitdroging van veen wordt versterkt door waterafstotendheid van droog veen, waardoor regen- en eventueel kwelwater niet of slechts zeer langzaam door het veen wordt opgenomen. Afhankelijk van de mate waarin zich waterafstotendheid heeft gevormd en de aard van het veen, duurt de afbraak van de waterafstotendheid ca. 3 tot 6 maanden. Het grootste risico zal ontstaan wanneer het vochtgehalte in het voorjaar reeds daalt beneden de kritieke waarde. Gedurende de zomer zal de waterafstotende veengrond slecht water opnemen bij neerslag.

In het onderzoek in opdracht van Stowa (Calle, E.O.F. et. al., 2005) wordt tevens opgemerkt dat scheurvorming een algemeen fenomeen is tijdens droge zomers. Scheurvorming wordt veroorzaakt door krimp van de grond door afname van de vochtigheid. Dit treedt vooral op bij veen, maar in mindere mate ook bij klei. Enige scheurvorming tijdens droogte duidt niet noodzakelijk op een beginnende afschuiving van de kade of anderszins op een significante aantasting van de stabiliteit van een kade. Afhankelijk van de locatie van de scheuren kunnen wel andere (faal-) mechanismen optreden. Te denken valt daarbij aan het ontstaan van lekkages, bij diepe scheuren in de kruin van de kade of buitenwaartse (naar de boezem gerichte) verzakkingen bij een lage boezemstand. Tevens kan diepe scheurvorming in de kruin en het binnentalud leiden tot stabiliteitsproblemen, wanneer de periode van droogte wordt gevolgd door een periode met hevige regenval. Na de droogteperiode van 1976 is op deze wijze afschuiving van kaden opgetreden. Langere, warme perioden en intensieve zomerbuien zullen het risico op het voorkomen van dit type problemen zeker vergroten (Van Ek et. al., 2007).

Situatie Haaglanden

Problemen ten gevolge van droogte aan *boezemkaden* traden op in de Woudse polder (zuidkade Zweth), de Commandeurspolder (Middenwetering), de Dorppolder (kade langs de Zijde), Vlaardingen Holyweg (Vlaardingervaart) en de Dorpskade in Wateringen (zie Figuur 31). Dat er bij deze kaden in de droge perioden problemen optraden was het gevolg van scheurvorming door uitdroging van organische componenten in het kademateriaal na langdurige, zeer warme perioden zonder neerslag. Scheurvorming heeft in de regio Haaglanden wel geleid tot lek (het meest bij de Zijde) maar niet tot doorgaande scheuren. Voor waterintrede via dergelijke scheuren en stabiliteitsverlies werd wel gevreesd. Zo traden in de Commandeurspolder (zuiden van de Middenwetering) aanzienlijke vervormingen op en was de draagkracht van het zompige maaiveld aan de binnenzijde zeer laag, maar trad waterintrede via de scheuren niet op (Van Ek et. al., 2007).

Problemen ten gevolge van droogte aan *polderkaden* in de regio Haaglanden traden op bij de Noordkade in Pijnacker, de Noordeindse weg in Berkel en de Rozendaallaan in Rodenrijs (zie Figuur 31). De problemen traden zowel op bij flauwe taluds (Pijnacker), als bij steile taluds (Berkel en Rodenrijs). De oorzaak

van het falen van de polderkaden is toegeschreven aan uitdroging van het veen. Door Deltares (Van Ek et.al., 2007) wordt gesteld dat uitdroging van het veen risico's op levert doordat dwarsscheuren ontstaan in de kade (zoals in Berkel) en doordat het maaiveld opbolt aan de binnenzijde (zoals in Rodenrijs). Ook ontstaan risico's doordat door horizontale krimp van het veen een verbinding kan ontstaan tussen het water uit de binnenboezem en het pleistoceen (hydrologische kortsluiting). Vooral dit laatste mechanisme kan leiden tot stabiliteitsverlies en inundatie. Polderkaden zijn lange tijd gezien als kaden van ondergeschikte betekenis, hoewel deze kaden juist de diepste delen van de regio Haaglanden moeten beschermen. De zeggenschap van de waterschappen over deze kaden en het beheer ervan zijn altijd beperkt geweest, en de afwerking met erosiebestendig materiaal laat op veel plaatsen te wensen over. De kaden zijn bijgevolg relatief gevoelig voor erosie ten gevolge van veel regen. Door de lage ligging van het binnendijkse maaiveld en door het geringe gewicht van de kaden zal een grotere stijghoogte in het pleistoceen zand bij deze kaden nog in versterkte mate betekenen dat met faalmechanismen ten aanzien van de binnenwaartse macrostabiliteit langs lange diepe glijvlakken rekening moet worden gehouden.

Effect klimaatverandering

Jaarlijks neemt door oxidatie of vertering van het veen de stabiliteit van een kade langzaam af. Dit houdt in dat elk voorjaar de Ausgangssituatie anders is dan die van het jaar ervoor, de bewezen sterkte van een veenkade tijdens voorgaande zomers biedt dus geen volledige garantie voor de sterkte tijdens de komende zomer. Het is daarom niet ondenkbaar dat tijdens een toekomstige langdurig droge periode weer veenkaden bezwijken als (indirect) gevolg van verdroging van het veen (Van Hemert, H., et. al., 2005). In het geval van het vaker voorkomen van lange droge en warme perioden ten gevolge van klimaatverandering, zoals voorspeld in klimaatscenario's G+ en W+, zal de oxidatie van het veen in de boezem- en polderkaden toenemen. De stabiliteit van de kades zal daardoor in de toekomst waarschijnlijk sneller afnemen.

Ook ontstaat er in de toekomst ten gevolge van het vaker voorkomen van lange droge perioden bij klimaatverandering een grotere kans op deformatie en instabiliteit door uitdroging en oxidatie van organische componenten, waardoor vervormingsverschillen kunnen optreden. Deze vervormingsverschillen t.g.v. uitdroging vormen voornamelijk in combinatie met constructies zoals keerwanden een gevaar voor hydraulische groundbreuk met als gevolg grote stijghoogte in het zandpakket. Daarnaast kan oxidatie van organisch materiaal in de veenbodem van binnendijkse percelen leiden tot het ontstaan van wellen langs het dijklichaam (zie ook paragraaf "Bodemdaling in landelijk gebied"). Ook kan door de vermindering van de bovendruk het effect van piping of heave ten gevolge van een kwelstroom vanuit het waterlichaam eerder optreden.

5.2.3 Monitoring van waterkeringen

Door de veelheid aan mechanismen die de stabiliteit van polder- en boezemkaden kunnen aantasten en het voortschrijdende effect van oxidatie van veendijken, is goede monitoring van deze waterkeringen van groot belang. Naast in-

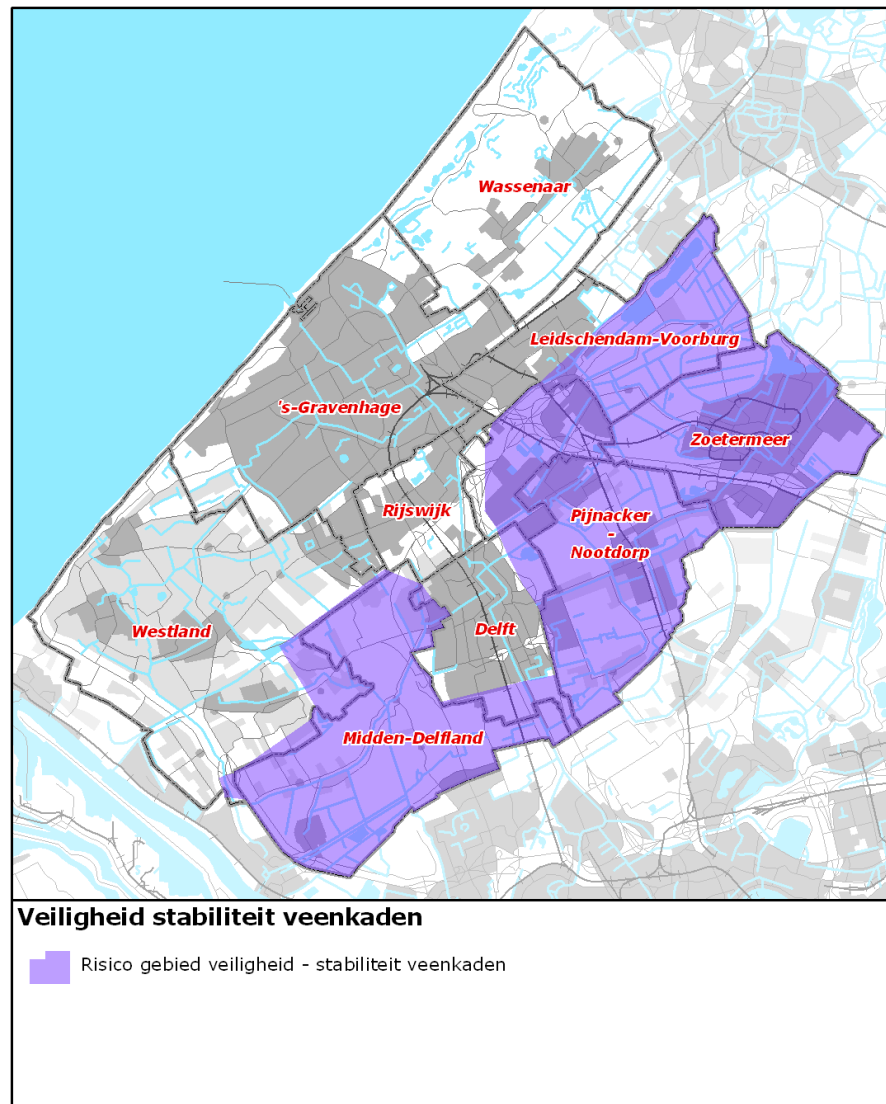
spectie van de waterkeringen op de grond, kan het door het verder ontwikkelen van technieken voor het gebruik van satellietgegevens in de toekomst het verloop van zettingen en vervormingen van waterkeringen nauwgezet worden gevolgd.

Momenteel vindt steeds meer onderzoek plaats waarbij een zeer groot aantal kaden wordt beschouwd met behulp van met “fli-map” gegenereerde dwarsprofielen, de mogelijke (variëaties in) grondopbouw en de mogelijke scenario's ten aanzien van de waterspanningen (droog en nat). Uit deze informatiebronnen worden vervolgens risico's berekend. Het is mogelijk om die scenario's in het kader van de klimaatveranderingen nog wat zwaarder te maken. Vooral nog moet echter eerst worden gezien hoe de resultaten er voor de huidige situatie uitzien (Van Ek et. al., 2007).

5.3 Conclusies

Ten aanzien van de stabiliteit van waterkeringen en daaraan verbonden veiligheidsrisico's kunnen de volgende samenvattende conclusies worden getrokken (zie ook Figuur 34):

- Een groot deel van de Stadsregio Haaglanden wordt beschermd door polder- en boezemkaden die waarschijnlijk voor een (groot) deel uit veen zijn opgebouwd. Gebleken is dat er een kans bestaat dat deze kaden bezwijken ten gevolge van verschillende faalmechanismen. Ten gevolge van klimaatverandering kunnen de risico's van deze faalmechanismen toenemen. Dit aandachtspunt is reeds geagendeerd in het beleidskader ten behoeve van klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008).
- In het beleidskader ten behoeve van klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008) is reeds opgenomen dat in de toetshoogte van waterkeringen geanticipeerd dient te worden op toename van windopzet en golfaanvallen. Ook voor de overige delen van de Haaglanden dient dit punt op de agenda te worden gezet.
- Met ruimtereservering is een (deel van) de oplossing voor potentiële instabiliteit te bereiken. Hoogheemraadschap Delfland hanteert daartoe nu al een restrictief beleid ten aanzien van het bouwen op veenkaden (Van Ek et. al., 2007). Ook voor de overige delen van de Stadsregio Haaglanden wordt het raadzaam geacht om het beleid hierop af te stemmen.
- Veendijken zijn niet (altijd) geschikt voor compartimentering. Dit aandachtspunt is reeds geagendeerd in het beleidskader ten behoeve van klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008). Ook voor de overige delen van de Stadsregio Haaglanden wordt het raadzaam geacht om het beleid hierop af te stemmen.
- Momenteel zijn er nog een aantal kennishiaten die het nemen van gerichte en effectieve maatregelen om kadeconstructies te verstevigen in de weg kunnen staan (zie hieronder).



Figuur 34: Aandachtsgebieden stabiliteit waterkeringen

De volgende voor de adaptatiestrategie relevante kennisiaten zijn gesignaleerd:

- Er is nog onvoldoende kennis t.a.v. de samenstelling van kades (constructie) in Haaglanden. Hiervoor is onderzoek op zeer gedetailleerd niveau nodig.
- Een belangrijke conclusie uit het onderzoek in opdracht van Stowa (Calle, E.O.F. et. al., 2005) is dat het niet is uitgesloten dat andere, deels nog onvoldoende bekende chemische en/of microbiologische processen of mechanismen kunnen bijgedragen aan het bezwijken van veenkaden tijdens droogte. Nader onderzoek naar het effect van droogte en warmte op het materiaal veen in combinatie met de stabiliteit van veenkaden is dan ook noodzakelijk.
- Over de invloed van extreme neerslag op veenkaden is nog weinig bekend. In het rapport van Deltares (Van Ek et. al., 2007) wordt gemeld dat er ge-

tracht is empirische relaties vast te stellen over de invloed van neerslag op de grondwaterstand in de kade. Deze relaties bleken echter zeer inconsistent.

- Er is nog onvoldoende kennis over mogelijke methoden voor versteviging van kadeconstructies (benodigde bekleding, taludverflauwing, ruimtereservering).
- De technieken voor het monitoren van zettingen en vervormingen van waterkeringen met behulp van satelliet gegevens zijn nog in ontwikkeling.
- Meer inzicht in de effecten van klimaatverandering op polder- en boezemkaden en de toename van risico's kan worden verkregen door op basis "flimap" gegevens de faalmechanismen van kaden voor klimaatscenario's door te rekenen.
- Momenteel zijn technieken in ontwikkeling voor het gebruik satelliet gegevens bij het monitoren van zettingen aan waterkeringen. Door het verder ontwikkelen van technieken kan het verloop van zettingen en vervormingen van boezem- en polderkaden wellicht in de toekomst nauwgezet worden gevolgd.

6 Oppervlaktewateroverlast

6.1 Wateropgave bij KNMI'06 scenario's onduidelijk

75

Normering wateroverlast

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft in 2005 haar beheersgebied getoetst aan de normen voor regionale wateroverlast en de wateropgave in beeld gebracht. Dit is niet alleen voor de huidige situatie gebeurd, ook de gevolgen van klimaatverandering zijn onderzocht. In Versteeg et al. (2005a en 2005b) is de toetsing en bepaling van deze wateropgave uitgebreid beschreven. In het vervolg daarop heeft het Hoogheemraadschap de wateropgave verder uitgewerkt en vastgelegd in het Waterbeheerplan 2010-2015.

In het waterbeheerplan zijn de inzichten uit het in 2008 geactualiseerde Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW-actueel) verwerkt. In het NBW-actueel hebben rijk, provincies, gemeenten en waterschappen de wateropgave opnieuw geformuleerd en afgesproken hoe ze het watersysteem op orde brengen en houden. In het NBW-actueel is duidelijker dan voorheen beschreven wat 'op orde' is en hoe de partijen omgaan met klimaatscenario's. Ook geeft het vernieuwde akkoord aan hoe regionale overheden komen tot gebiedsnormen voor regionale wateroverlast. Deze normen heeft de provincie vastgelegd in haar Provinciale Verordening Water.

Momenteel voert het Hoogheemraadschap voor verschillende gebieden zogenaamde Watergebiedsstudies uit waarin het watersysteem in zowel het functioneren voor waterkwantiteit als waterkwaliteit wordt doorgelicht. In deze studies wordt rekening gehouden met de klimaatverandering voor 2050. In de komende jaren worden alle gebieden in watergebiedsstudies onderzocht.

Klimaatscenario's

In 2000 is voor de Commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21) een set van klimaatscenario's voor Nederland ontwikkeld. Aan deze scenario's wordt vaak gerefereerd als de WB21-klimaatscenario's. Na het verschijnen van het derde IPCC-rapport in 2001 is gekeken of de WB21-scenario's herzien moesten worden, op dat moment was dat niet opportuun. Deze scenario's zijn dan ook gebruikt om de gevolgen van klimaatverandering op de wateropgave in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland vast te stellen. Enkel de gevoeligheid van de wateropgave voor het middenscenario 2050 is bepaald.

Inmiddels is in mei 2006 een nieuwe generatie algemene KNMI klimaatscenario's gepubliceerd (zie hoofdstuk 2). Deze klimaatscenario's wijken wat betreft de aspecten die van belang zijn voor de wateroverlast in regionale watersystemen sterk af van de WB21 klimaatscenario's. Het is nog niet bekend hoe gevoelig de wateropgave is voor de nieuwe KNMI'06 scenario's.

Doelstelling

De doelstelling van dit deel van de studie is daarom het bepalen van de gevoeligheid van de wateropgave voor regionale wateroverlast volgens de KNMI'06 klimaatscenario's.

Leeswijzer

In paragraaf 7.2 is de betekenis van de normen voor regionale wateroverlast nader toegelicht. Vervolgens is in paragraaf 7.3 de huidige wateropgave samengevat en zijn in paragraaf 7.4 de effecten van klimaatverandering beschreven. Ook een verandering van het landgebruik heeft effect. Hier gaat paragraaf 7.5 op in.

Verder wordt hierbij opgemerkt dat een deel van het gebied Haaglanden in het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Rijnland valt, dit deel is niet geanalyseerd omdat de voor dat gebied gevolgde werkwijze voor het bepalen van de wateropgave, een snelle analyse van de effecten van klimaatverandering niet toelaat.

6.2 Normen voor wateroverlast

6.2.1 NBW-normering

De taak van de waterschappen is om wateroverlast zoveel mogelijk te beperken. De kosten van maatregelen die hiervoor moeten worden gemaakt, moeten echter wel in verhouding staan tot de schade die wordt voorkomen. Vanuit deze optiek ligt het voor de hand om voor gebieden waar veel schade kan ontstaan een hoger beschermingsniveau na te streven dan voor gebieden waar minder schade kan ontstaan. Om te kunnen bepalen of gebieden een voldoende hoog beschermingsniveau hebben is een toetsingskader nodig. Dit toetsingskader is in het Nationaal Bestuursakkoord Water vastgelegd met basisnormen. De normen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn vertrekpunt om knelpunten in het watersysteem op te sporen. Hierbij gaat het om de knelpunten die ontstaan als gevolg van inundatie vanuit het oppervlaktewater. Wateroverlast door hoge grondwaterstanden of het falen van de riolering is in de NBW-normen buiten beschouwing gelaten.

De normen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water gaan uit van een maximale overschrijdingsfrequentie van het optreden van water op het maaiveld gedifferentieerd naar grondgebruik. De achterliggende gedachte hierbij is dat kapitaalintensieve gebieden, die gevoelig zijn voor wateroverlast, beter moeten worden beschermd dan kapitaalextensieve gebieden. De normen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 5: Normen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water

Functie/grondgebruik	NBW-Beschermingsniveau	Maaiveldcriterium
Stedelijk gebied	1 x per 100 jaar	0% laagste maaiveld
Glastuinbouw	1 x per 50 jaar	1% laagste maaiveld
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1 x per 50 jaar	1% laagste maaiveld
Akkerbouw	1 x per 25 jaar	1% laagste maaiveld
Grasland	1 x per 10 jaar	5% laagste maaiveld

In de normen is per functie vastgelegd met welke frequentie de waterstand in een peilvak mag stijgen tot de voor inundatie gedefinieerde maatgevende hoogten. Hiermee wordt voor de gebruiker duidelijk welke minimumbescherming tegen een hoge waterstand wordt geboden. Ter toelichting: voor grasland betekenen bovenstaande normen dat een inundatie van 5% (maaiveldcriterium) van het graslandgebied wordt geaccepteerd zolang deze gemiddelde minder vaak voorkomt dan eens in de 10 jaar (NBW-beschermingsniveau). Inundatie van stedelijk gebied wordt enkel geaccepteerd als deze minder vaak voorkomt dan eens per 100 jaar.

Voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap is de systematiek van differentiatie in kapitaalintensieve en kapitaalextensieve gebieden verder verfijnd. Deze verfijning is vastgelegd in de Provinciale Verordening, vastgelegd in Artikel 2.3, Normen Waterkwantiteit. Wijziging ten opzichte van de normen uit het NBW liggen in de verfijning van de normen voor stedelijk gebied. In de Provinciale Verordening is onderscheid in het gebied binnen de bebouwde kom en het gebied buiten de bebouwde kom. Parken, sportvelden en volkstuinten binnen de bebouwde kom zijn minder kapitaalintensief dan de daadwerkelijk bebouwde gebieden. Om dit tot uitdrukking te laten komen in de normen is er voor gekozen om voor genoemd grondgebruik een beschermingsniveau van 1/10 jaar te geven. Het grondgebruik is ondergebracht in 'Overig gebied'. Verder kent de bebouwing buiten de bebouwde kom een gelijkwaardig beschermingsniveau aan het omliggende landgebruik.

De normen zoals geldig voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 6: Normen voor toetsing wateroverlast Hoogheemraadschap van Delfland, Provinciale Verordening

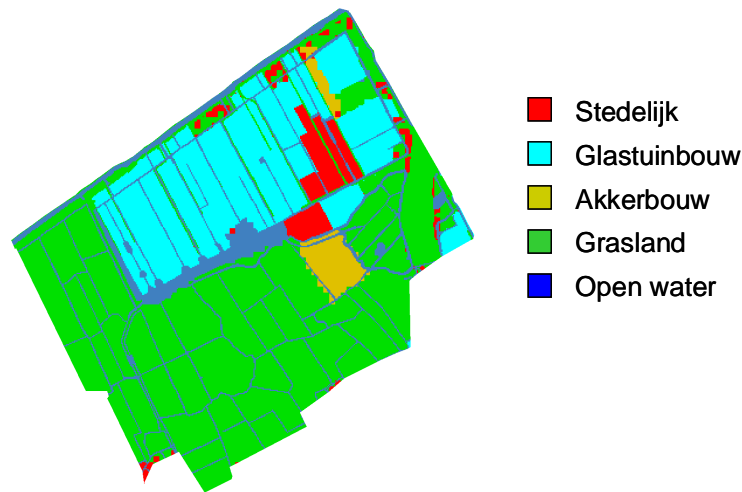
Functie/grondgebruik	Wateroverlastnorm
Bebouwde kom	
Bebouwing	1 x per 100 jaar
Overig gebied	1 x per 10 jaar
Glastuinbouw	1 x per 50 jaar
Buiten de bebouwde kom	
Hoofdinfrastructuur	1 x per 100 jaar
Glastuinbouw	1 x per 50 jaar
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1 x per 50 jaar
Akkerbouw	1 x per 25 jaar
Grasland	1 x per 10 jaar
Bebouwing	Omliggend landgebruik

6.2.2 Gehanteerde normeringsystematiek

Om een watersysteem te toetsen aan bovenstaande normen is een algemeen toepasbare systematiek opgesteld. Deze systematiek volgt direct uit de manier waarop de normen zijn gedefinieerd. De methodiek bestaat uit vijf stappen:

- Stap 1: Bepaling toetshoogten
- Stap 2: Bepaling herhalingstijden waterstanden
- Stap 3: Toetsing
- Stap 4: Berekening wateropgave

De stappen zijn hieronder uitgewerkt voor een voorbeeldwatersysteem (peilvak). Dit peilvak heeft vier grondgebruikstypen en is weergegeven in Figuur 35. Aan de hand van de daarna getoonde figuren wordt de gehele systematiek besproken waarmee het systeem wordt getoetst aan de normen voor inundatie.



Figuur 35: Voorbeeldwatersysteem ter toelichting van de normeringssystematiek (stedelijk bebouwd en glastuinbouw liggen binnen de bebouwde kom)

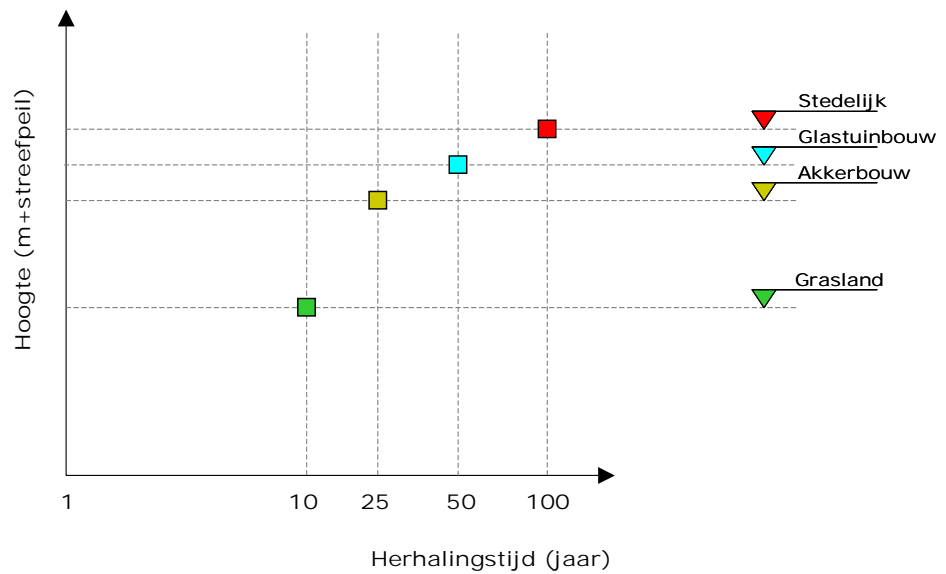
Stap 1: Bepaling toetshoogten

Allereerst wordt op basis van informatie over het grondgebruik en de hoogte van het maaiveld de toetshoogte per grondgebruikstype vastgesteld. Dit zijn de hoogten waaraan de herhalingstijden van de normen zijn gekoppeld.

Voor de normen zijn verschillende maaiveldcriteria gegeven (laatste kolom Tabel 6. Uit de praktijk is gebleken dat de maaiveldcriteria die rechtstreeks zijn afgeleid uit het ongefilterd Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) slecht bruikbaar zijn. Het 0% laagste maaiveld ligt bijvoorbeeld vaak onder of vlak boven het streefpeil van het peilvak. Daarnaast geeft de functiekaart van het Hoogheemraadschap en de LandGebruikskaart Nederland die in de analyse wordt gebruikt niet overal de meest recente en correcte grondgebruikstypen weer. Dit betekent dat de gemeten maaiveldhoogte niet per definitie overeenkomt met het daar gedefinieerde grondgebruik. De fouten in de gegevens zijn weggefilterd door 1) het wegfilteren van de watergangen en slootkanten, 2) het verwerken van de toelaatbare peilstijgingen uit de afgeronde ABC-Polderstudies en 3) het wegfilteren van de laagste delen van het Actueel Hoogtebestand Nederland. Voor een exacte uitwerking wordt hier verwezen naar de rapportages Versteeg et al. (2005a en 2005b).

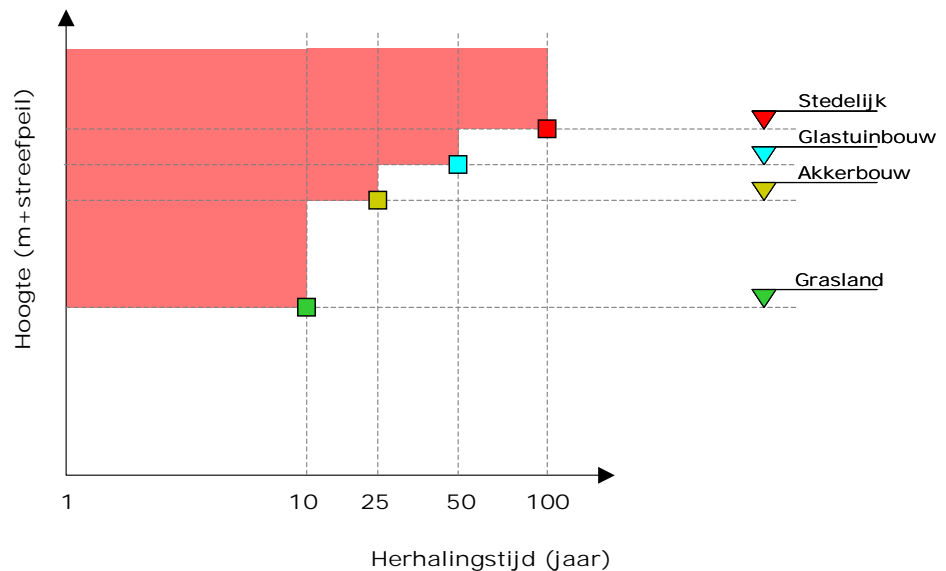
De gevonden toetshoogten (maaiveldhoogten bij het voor het grondgebruik geldende maaiveldcriterium) worden uitgezet in de waterstand-herhalingstijd grafiek. Op de horizontale as staan de herhalingstijden zoals genoemd in Tabel 6 en op de verticale as staan de toetshoogten per grondgebruik. Het resultaat is geïllustreerd in navolgende figuur.

80



Figuur 36: Toetshoogten van de in het peilvak voorkomende typen grondgebruik.

Op basis van bovenstaande figuur kan worden toegelicht in welke situaties het peilvak niet voldoet aan de normen: het zogenaamde faalgebied. Het faalgebied wordt begrensd door de punten in Figuur 36. In Figuur 37 is het faalgebied weergegeven door de toegestane hoogten en bijbehorende toegestane herhalingstijden weer te geven: bij kleinere herhalingstijden én hogere waterstanden voldoet het peilvak niet aan de normen.



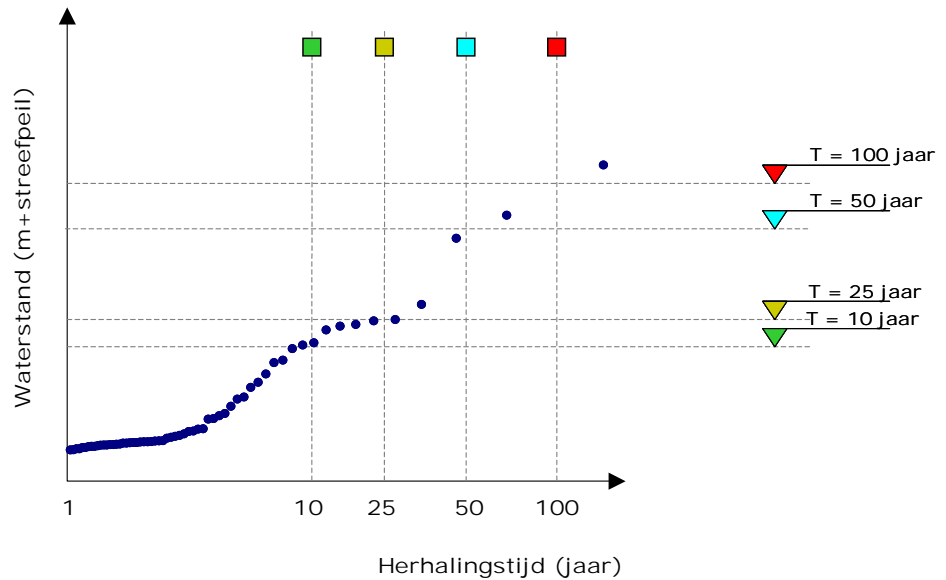
Figuur 37: Illustratie van het zogenaamde faalgebied van het peilvak, weergegeven in rood

Stap 2: Bepaling herhalingstijden waterstanden

Op basis van een faalkansanalyse zijn de herhalingstijden van waterstanden bepaald. Met een dynamisch model van het watersysteem - waarin de relevante hydrologische processen die leiden tot wateroverlast zijn opgenomen en de relatie tussen peilvakken binnen een polder zijn geschematiseerd - kan de kans op wateroverlast worden bepaald. Voor het onderzoek is een dergelijk neer-

slag-afvoer model gemaakt. Hiermee kan op basis van een langjarige neerslagreeks de relatie tussen herhalingstijd en waterstanden worden bepaald. De resultaten voor het voorbeeldpeilvak zijn weergegeven in Figuur 38. In de figuur zijn tevens de waterstanden weergegeven bij de beschermingsniveaus van de voorkomende grondgebruikstypen.

81

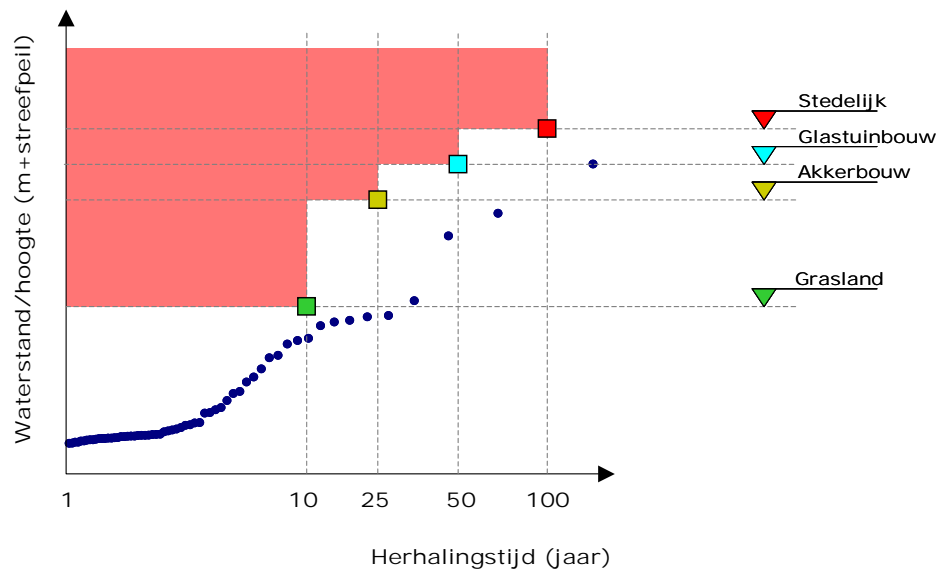


Figuur 38: Relatie tussen herhalingstijd en waterstand

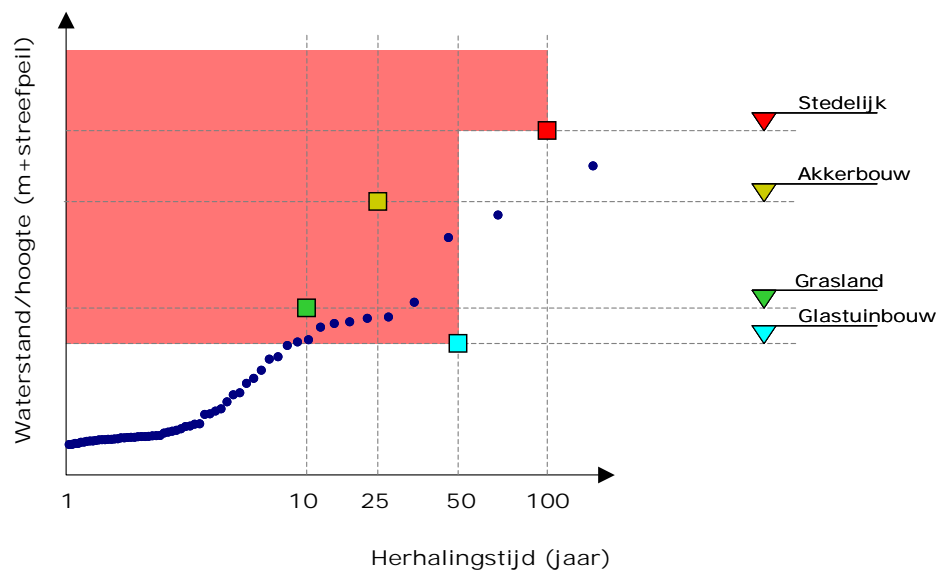
Stap 3: Toetsing

Door de relatie tussen de waterstand en de herhalingstijd uit Figuur 38 uit te zetten in Figuur 37 kan worden getoetst of het peilvak aan de normen voldoet, oftewel of de waterstanden het faalgebied doorsnijden.

Wordt het faalgebied niet doorsneden dan zijn er geen knelpunten (Figuur 39). Wordt het faalgebied wel doorsneden, dan zijn er wel knelpunten (Figuur 40). Dit laatste kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt doordat een deel van het glas-tuinbouw gebied laag in het peilvak ligt.



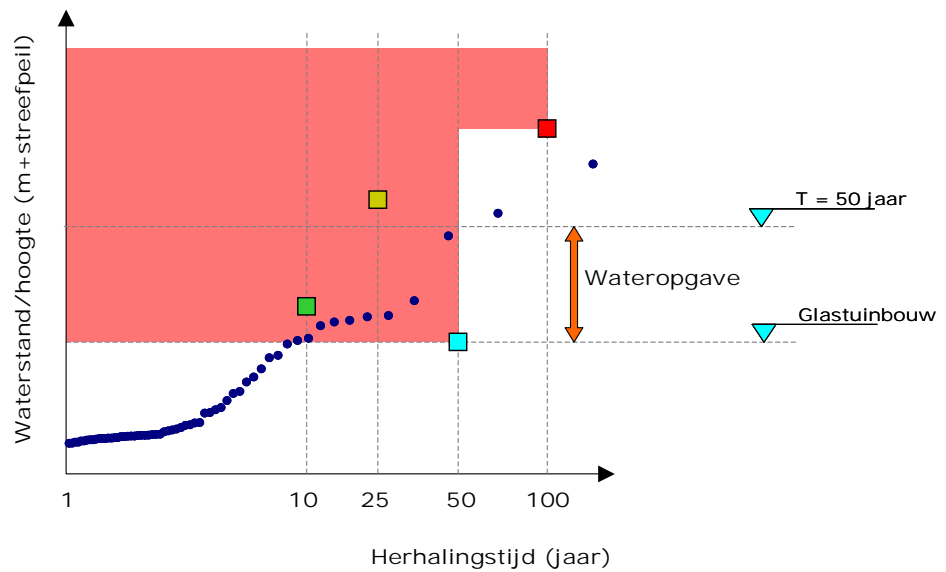
Figuur 39: Toetsing van het peilvak: het peilvak voldoet aan de normen



Figuur 40: Toetsing van het peilvak: het peilvak voldoet niet aan de normen

Stap 4: Berekening wateropgave

Vervolgens wordt per gebied de wateropgave bepaald. Er is voor gekozen de wateropgave te definiëren als de hoeveelheid oppervlaktewaterberging tussen de toelaatbare peilstijging en de berekende waterstand. Het is daarmee een maat voor het bergingstekort of bergingsoverschot binnen het peilvak. De situatie van een bergingstekort is weergegeven in Figuur 41. Als meerdere typen grondgebruik niet voldoen binnen een peilgebied wordt voor elk grondgebruik afzonderlijk de wateropgave berekend. Het maximum van deze wateropgaven is de wateropgave voor het gehele peilvak.



Figuur 41: Illustratie van de wateropgave

Er is verder voor gekozen om ook in peilgebieden die voldoen aan de norm de wateropgave te berekenen. Dit is dan een maat voor het bergingsoverschot binnen het peilvak. De wateropgave is hier negatief en is berekend als de hoeveelheid beschikbare oppervlaktewaterberging tussen de berekende waterstand en de toelaatbare peilstijging. Hierbij is de kleinste hoeveelheid maatgevend.

6.3 Huidige wateropgave

In Figuur 42 is de wateropgave zoals opgenomen in het Waterbeheerplan 2010-2015 van het Hoogheemraadschap weergegeven. Deze wateropgave is bepaald binnen het programma ABC-Delfland. Het Hoogheemraadschap heeft in het programma ABC-Delfland eigen wateroverlastnormen (bergingsnormen) ontwikkeld, die goed aansluiten bij de NBW-normen. Hiervoor heeft Delfland de uitkomsten van de toetsing aan de NBW-normen (Versteeg et al., 2005a) vergeleken met de bergingsnormen. De vergelijking en verantwoording is beschreven in de Beleidsnota normering wateroverlast (2005) van het Hoogheemraadschap. Er moet nog een aanzienlijk tekort aan waterbergingscapaciteit in de polders worden opgelost (Figuur 42):

- Westland circa 450.000 m³
- Midden-Delfland circa 175.000 m³
- Oostland circa 400.000 m³
- Haagland circa 325.000 m³
- Waterweggemeenten circa 150.000 m³



Figuur 42: Waterbergingsopgave (Waterbeheerplan 2010-2015)

Een belangrijk principe in het huidige kwantitatieve waterbeleid is: vasthouden, bergen en afvoeren. Problemen met overtollig water mogen niet worden afgewenteld op de omgeving. De volgorde geeft de voorkeur aan. Eerst moet worden geprobeerd om het water op te vangen daar waar het valt. Valt er een grote hoeveelheid water en kan dit niet direct worden afgevoerd? Dan wordt het water vastgehouden op de plaats waar het valt en eventueel later afgevoerd. In droge periodes kan vastgehouden water verdroging van natuurgebieden tegengaan. Het dient bij bijvoorbeeld de glastuinbouw eveneens als buffer voor gietwater voor de glastuinbouw. Kan opvangen niet? Dan is het zaak om het water te bergen in oppervlaktewater. Is ook dat niet mogelijk? Dan is gedoemd afvoeren via het boezemstelsel een oplossing. Het waterschap heeft op basis van de wateropgave voor de gebieden met de grootste knelpunten maatregelenpakketten opgesteld om de wateropgave op te lossen.

In het Waterbeheerplan 2010-2015 heeft Delfland aangegeven het watersysteem en het beheer en onderhoud verder te verbeteren. Dit met als doel het beheergebied beter bestand te maken tegen extreem natte en extreem droge situaties en het reguliere beheer en onderhoud efficiënter uit te kunnen voeren. Ambitie in het Waterbeheerplan is dat in alle polders ten minste 80% van de benodigde berging aanwezig is. Er blijft echter nog een deel van de NBW-opgave over.

In de *Kadernota 2011, Delfland op weg naar de toekomst!* heeft het Hoogheemraadschap haar beleid voor het op orde maken van de polders geactualiseerd, mede op basis van de economische situatie. Dit betekent dat de polders op orde zijn voor het klimaat van 2050 in 2050 en niet in 2015. Tot 2015 worden urgente polders binnen een taakstellend budget opgepakt. De NBW-normering is gebaseerd op de verwachte klimaatverandering in 2050. Delfland kiest ervoor om tot 2015 effectgericht urgente polders aan te pakken. Dat wil zeggen polders waar bij wateroverlast significante schade optreedt, hetzij aan geïnvesteerd vermogen, hetzij door verstoring van maatschappelijke functies.

6.4 Wateropgave onder de KNMI'06 scenario's

De doelstelling van dit deel van de studie is het bepalen van de gevoeligheid van de wateropgave voor regionale wateroverlast volgens de KNMI'06 klimaat-scenario's en met name de bandbreedte van de klimaat-scenario's.

Voor de bepaling van deze bandbreedtes is uitgegaan van de hydrologische modellering zoals gebruikt in de toetsing aan de NBW-normen in 2005. De hiermee te bepalen wateropgave kan op peilgebiedsniveau en polderniveau vanwege verschillen in uitgangspunten afwijken van de wateropgave zoals vastgelegd in het Waterbeheerplan 2010-2015. Omdat de wateropgaven ondanks de verschillen in uitgangspunten goed overeenkomen (zie ook de Beleidsnota normering wateroverlast (2005) van het Hoogheemraadschap) achten wij de modellering voldoende om op Delflandniveau algemene uitspraken te kunnen doen.

In de eerdere toetsing is de gevoeligheid van de wateropgave voor het WB21 midden scenario voor 2050 onderzocht. In dit onderzoek wordt de gevoeligheid voor de KNMI'06 scenario's onderzocht. De belangrijkste parameters die van invloed zijn voor de wateroverlastsituaties die de wateropgave bepalen zijn voor de KNMI'06 scenario's vermeld in Tabel 7. Het eerder gebruikte WB21 scenario gaat uit van een neerslagtoename in buien van 10%. Hierbij wordt overigens vermeld dat bij het berekenen van de wateropgave voor het huidige klimaat rekening is gehouden met landelijke variatie voor de statistiek van extreme neerslag door de honderdjarige reeks van de Bilt te vermenigvuldigen met 10%. Dit komt overeen met de regionale neerslagstatistiek zoals beschreven in het rapport 'Regionale verschillen in extreme neerslag' van het KNMI (Buishand et al, 2009).

Tabel 7: Klimaatverandering in Nederland rond 2050 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.

2050		G	W	G+	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+2°C	+1°C	+2°C
Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa		nee	nee	ja	ja
Zomer	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	+6%	-10%	-19%
	aantal natte dagen (>=0,1 mm)	-2%	-3%	-10%	-19%
	dagsom 1/10 jaar (JJA)	+13%	+27%	+5%	+10%
	Potentiële verdamping	+3%	+7%	+8%	+15%
Winter	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
	aantal natte dagen (>=0,1 mm)	0%	0%	+1%	+2%
	10-daagse som 1/10 jaar (DJF)	+4%	+8%	+6%	+12%

In de brochure *Klimaatverandering in Nederland, Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's* van het KNMI uit juli 2009 zijn ook de getallen voor de lente en de herfst weergegeven. Wat betreft de neerslag liggen de waarden midden tussen de zomer- en winterwaarden.

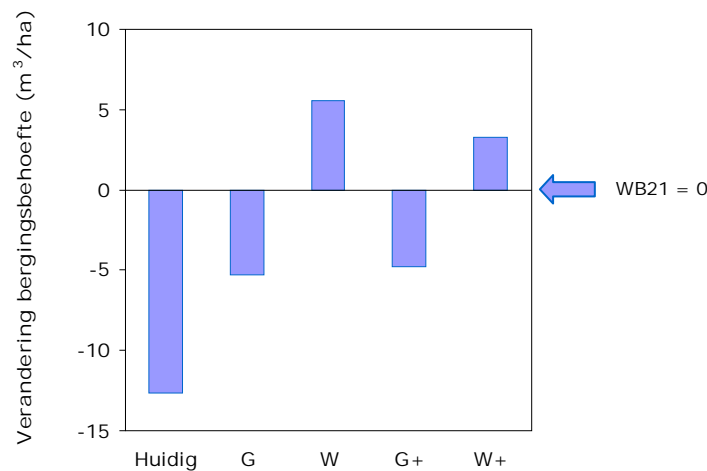
De gevolgen van klimaatverandering voor de wateropgave voor het beheersgebied ten opzichte van het klimaatscenario WB21 zijn weergegeven in Figuur 43. Als referentie is gekozen voor het WB21 klimaatscenario omdat dit scenario is gebruikt voor de bepaling van de wateropgave en de maatregelen die moeten worden genomen om de wateropgave op te lossen. Ter illustratie is tevens het huidige klimaat in de figuur opgenomen.

Het gebruikte WB21-scenario ligt tussen de G/G+ en W/W+ scenario's.

Uit nadere analyse blijkt dat de wateropgave procentueel sterker toeneemt dan de neerslagtoename in de klimaatscenario's (Tabel 7). Omdat de bergingsruimte (in de bodem en het oppervlaktewater) in de huidige situatie al grotendeels is opgebruikt, wordt de neerslagtoename in het toekomstscenario vrijwel direct doorvertaald in een extra bergingstekort. Het bergingstekort neemt daardoor beduidend meer toe dan de neerslagtoename.

Verder wordt opgemerkt dat de bandbreedte in de wateropgave voor de individuele peilgebieden groot is. Verandering van de wateropgave in het W klimaatscenario ten opzichte van het WB21 klimaatscenario kan voor sommige peilgebieden oplopen tot meer dan 20 m³/ha. De ruime bandbreedte wordt veroorzaakt door 1) de complexiteit van de hydrologie van glastuinbouw, stedelijk gebied en grasland, 2) de diversiteit in de watersystemen (variëaties in combinaties van gemaalcapaciteit en bergingscapaciteit) en 3) de aanwezigheid van meerdere functies met verschillende normen voor wateroverlast binnen één peilgebied.

Aangezien het Hoogheemraadschap bij het bepalen van de wateropgave - en de benodigde maatregelen om de wateropgave op te lossen - tot nu toe rekening heeft gehouden met het WB21 scenario, voldoen de maatregelen dus ruim voor het G en G+ scenario en wijken ze niet ver af van het W en W+ scenario. Hierbij wordt verder opgemerkt dat in het NBW-actueel is gesteld dat het G scenario voor wateroverlast overeenkomt met het WB21 scenario en als ondergrens kan worden genomen. De analyse voor het beheergebied van Delfland laat zien dat het G scenario voor de bergingsbehoefte juist lager uitvalt dan het WB21 scenario. Dit komt overigens overeen met de verandering in de neerslag. In het WB21 scenario neemt de neerslag met 10% toe, in het G-scenario neemt de neerslag in de herfst, winter en lente met een lager percentage toe. Alleen in de zomer neemt de neerslag in het G scenario meer toe (zie ook Tabel 7).



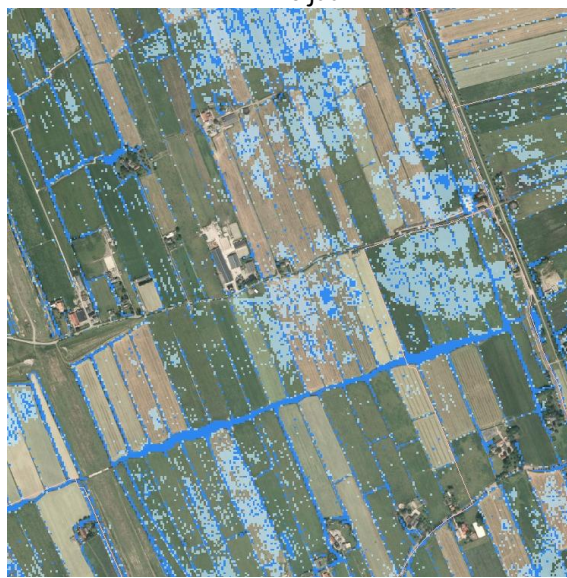
Figuur 43: Verandering van de bergingsbehoefte (mediaan) bij verschillende klimaatscenario's in m³/ha ten opzichte van het WB21 klimaatscenario. Huidig betekent huidig klimaat. De verandering heeft betrekking op Delfland en verschilt sterk per peilgebied en kan bijvoorbeeld in het W-scenario oplopen tot 20 m³/ha.

Bevindingen uit nadere analyse, verschillen per grondgebruik

- In het G+ en W+ scenario neemt de wateropgave voor grasland beperkt toe. Dit wordt veroorzaakt doordat zowel de gemiddelde neerslag als het aantal natte dagen in de zomer afnemen en bovendien de potentiële verdamping toeneemt. Hierdoor ontstaat na de zomerperiode meer bergingsruimte in de bodem, waardoor extreme neerslaggebeurtenissen in het najaar minder snel tot wateroverlast lijden. Dit effect is zo groot dat in het G+ scenario de wateropgave zelfs ten opzichte van het huidige klimaat nauwelijks toeneemt, althans voor grasland.
- De wateropgave neemt ten gevolge van klimaatverandering voor stedelijk gebied minder toe dan voor glastuinbouw. Voor het G en W scenario neemt ook de wateropgave voor grasland meer toe dan die voor stedelijk gebied. Het grondgebruik met een lager beschermingsniveau (T=10, 25 en 50 jaar) krijgt een groter aandeel in de wateropgave. Eén van de oorzaken hiervan is de sterke toename van inundaties bij herhalingstijden van 10 jaar. Een

voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 44. De inundaties bij herhalings tijden van 10 jaar nemen door klimaatverandering sterk toe: in de huidige situatie zijn de inundaties geconcentreerd rond de watergangen, na klimaatverandering staat een groot deel van het gebied bij een herhalings-tijd van 10 jaar al onder water. De wateropgave voor grasland stijgt in het betreffende gebied sterk.

T = 10 jaar



Inundatie w-scenario
 Inundatie huidige situatie

Figuur 44: Toename van de inundaties ten gevolge van klimaatverandering, W scenario, bij twee herhalings tijden: links 10 jaar en rechts 100 jaar.

Wijziging grondgebruik

Naast de gevolgen van klimaatverandering zijn de gevolgen van veranderend ruimtegebruik in beeld gebracht. In de varianten voor verandering van het grondgebruik (zie hoofdstuk 3) is met name een toename in stedelijk gebied met woonfunctie te zien.

De ruimtelijke ontwikkeling zoals beschreven in Hoofdstuk 3 voor 2040 laat zien dat in de scenario's glastuinbouw zal afnemen. Dit zal met name veroorzaakt worden door een toename in stedelijk gebied met woonfunctie. Gezien de verhouding verhard-onverhard oppervlak in de huidige nieuwbouwlocaties zal deze verandering waarschijnlijk leiden tot een geringe afname in afvoerend verhard oppervlak. Bovendien wordt door het Hoogheemraadschap Delfland harde eisen gesteld aan de berging binnen nieuwbouwlocaties, waarbij geen afwenteling mag plaatsvinden. De herontwikkelingen kunnen worden aangegrepen voor het creëren van extra waterberging. Dit kan bijvoorbeeld door de aanleg van extra oppervlakte water, bouwen boven water en drijvend bouwen. Ook andere vormen van water robuust bouwen kunnen hier geïmplementeerd worden om wateroverlast te verminderen of voorkomen.

Bij wijziging van het grondgebruik moet bij de uitwerking van de plannen rekening worden gehouden met de invulling van de bergingsopgave en dient daarmee tevens ruimte te worden gereserveerd voor de toename van de bergingsopgave door klimaatverandering.

6.5 Conclusies

Op basis van de uitkomsten van de studie worden de volgende conclusies getrokken:

- Aangezien het Hoogheemraadschap bij het bepalen van de maatregelen om de wateropgave op te lossen tot nu toe rekening heeft gehouden met het WB21 scenario, voldoen de maatregelen ruim voor het G en G+ scenario en wijken ze niet ver af van het W en W+ scenario.
- Als voor de korte termijn maatregelen worden gedimensioneerd op het G en G+ scenario kunnen deze maatregelen worden gezien als geen-spijt maatregelen. In de toekomst kan dan verder worden bijgestuurd als blijkt dat de klimaatscenario's extremer uitvallen. Het beleid van het hoogheemraadschap zoals beschreven in de *Kadernota 2011, Delfland op weg naar de toekomst!* is hierop afgestemd.
- Bij grondgebruik met een lager beschermingsniveau (T=10, 25 en 50 jaar) neemt de bergingsbehoefte sterker toe dan bij grondgebruik met een hoger beschermingsniveau.
- Bij het bepalen van maatregelen dient rekening te worden gehouden met de verschillen in toename van de bergingsbehoefte voor de verschillende typen grondgebruik, afhankelijk van het beschouwde klimaatscenario. Bij het G+ scenario neemt de bergingsbehoefte voor grasland bijvoorbeeld nauwelijks toe, terwijl die voor de andere typen grondgebruik wel toeneemt. Bij het W scenario neemt de bergingsbehoefte voor grasland juist weer fors toe.
- De verschillen in verandering van de bergingsbehoefte per peilgebied en tussen de klimaatscenario's zijn groot. Dit wordt veroorzaakt door de diversiteit in watersystemen en grondgebruik. Bij het kiezen van (adaptatie)maatregelen om de wateropgave te beperken zal gebiedsgericht moeten worden gezocht naar effectieve oplossingen.

Kennishiaat

Zoals vermeld in hoofdstuk 2 bevatten de KNMI'06 scenario's geen ruimtelijke differentiatie in klimaatverandering tussen de kustregio's en de regio's landinwaarts. Nader onderzoek naar aanleiding van de extreme neerslag in augustus 2006 en de rol van het warme Noordzee water, geven aan dat de gebruikte temperatuurafhankelijkheden voor extreme zomerneerslag in de G+ en W+ scenario's waarschijnlijk te laag zijn voor de kustregio's. Dit is beschreven in de brochure *Klimaatverandering in Nederland, Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's* van het KNMI uit juli 2009. Daardoor lijkt de kans op hoge zomerneerslag in de kustregio's onder de G+ en W+ scenario's onderschat. De waarden voor de G en W scenario's geven voor de zomer een aannemelijke bovenlimiet voor de veranderingen in de G+ en W+ scenario's. Het KvK-project "HSHL05/HSRR04

Regiospecifieke klimaatinformatie voor Haaglanden en regio Rotterdam” is aan dit vraagstuk gewijd. De resultaten van dit project waren gedurende voorliggende studie echter nog niet beschikbaar. Daarom is uitgegaan van de KNMI '06 scenario's.

Bovenstaande betekent in ieder geval dat de wateropgave ten gevolge van de G+ en W+ scenario's een onderschatting zijn. Na afronding van HSHL05/HSRR04 en het verwerken van de uitkomsten daaruit, kunnen daar wellicht verdere uitspraken over worden gedaan.

Bouwstenen adaptatiestrategie

Met regionale wateroverlast kan op diverse manieren worden omgegaan. Belangrijkste aanpak ligt veelal in lokale oplossingen. Hieronder zijn enkele oplossingsrichtingen gegeven:

- Beter vasthouden van water op perceelsniveau waar nog bergingsruimte beschikbaar is.
- Scherpere analyse van de bergingsbehoefte. Delfland werkt hiertoe in 3Di-waterbeheer momenteel samen met kennisinstituten.
- Flexibele invulling wateropgave. Gezien de bandbreedte van de klimaatscenario's moet de bergingsopgave flexibel worden ingevuld. Daar waar meegelift kan worden op ruimtelijke ontwikkelingen moeten de kansen worden genomen. Mogelijk zijn er combinatiekansen met zoetwateropslag zoals gietwaterbassins in de tuinbouw. Wel zal ruimte voor water in de toekomst blijvend moeten worden gereserveerd om de bergingsopgave ten gevolge van klimaatverandering indien nodig in te kunnen vullen.
- Kwetsbaarheid functies verminderen. Verder gaan met de ontwikkeling van (innovatieve) mogelijkheden om de functies in het gebied minder kwetsbaar te maken voor wateroverlast.
- Acceptatie wateroverlast. Vergroten van de 'acceptatie' van wateroverlast in combinatie met het beoordelen van maatregelen op basis van risico's en een (maatschappelijke) kosten-baten analyse. Hieronder valt ook de strategische keuze om de BW-beschermingsniveaus te handhaven of los te laten.
- Optimaliseren waterbeheer. Optimaliseren van sturing van stuwen (vasthouden van water in bovenstroomse gebieden met bergingsruimte om benedenstroomse gebieden met een bergingstekort te ontzien).

7 Watervoorziening

Klimaatverandering zorgt m.b.t. waterkwantiteit voor twee prominente effecten:

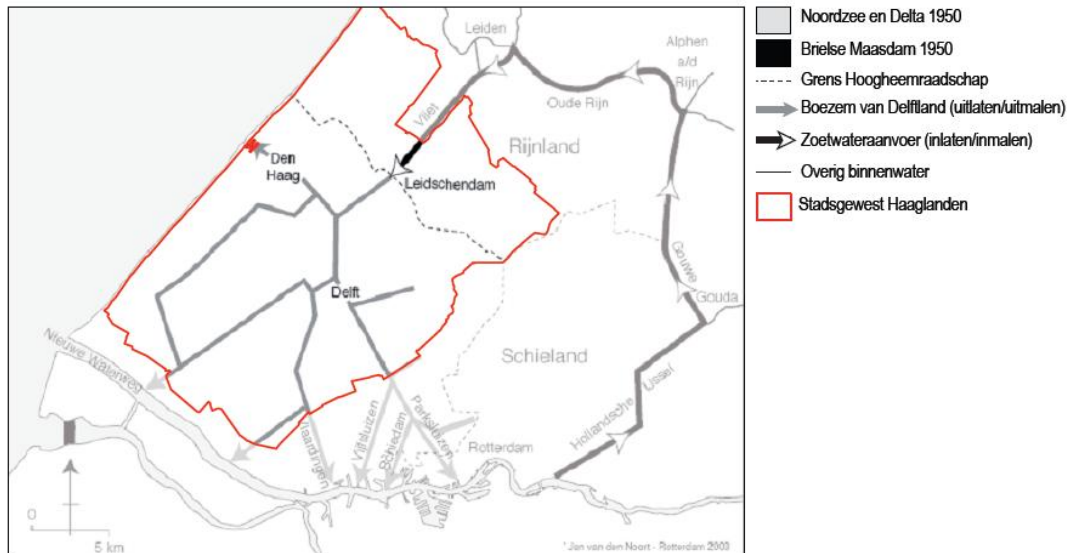
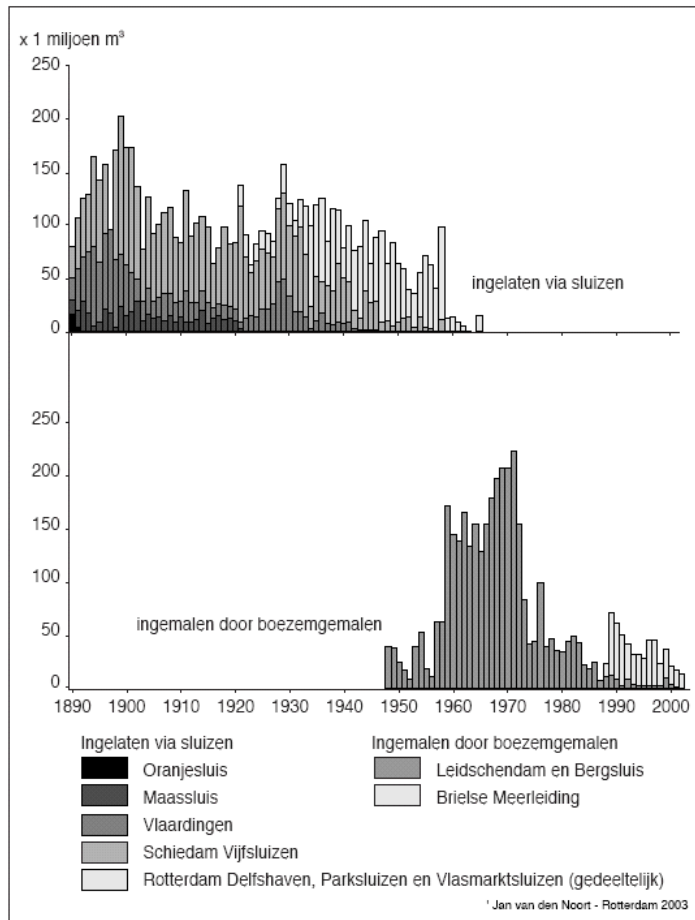
1. De vraag naar water neemt toe
2. Het aanbod van zoet water neemt af door neerslagtekort en verzilting van de inlaatpunten als gevolg van dalende rivierafvoer en stijgende zeespiegel.

In dit hoofdstuk wordt voornamelijk ingegaan op punt twee: knelpunten in de watervoorziening, waarbij de nadruk ligt op de leverantie van water aan het gebied. Dit is de kwetsbaarste schakel. Hiertoe wordt eerst het systeem van watervoorziening naar Haaglanden beschreven, worden de vigerende afspraken geschetst en wordt vervolgens aangeduid welke knelpunten zich kunnen voordoen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van ervaringen uit het droogtejaar 2003 en verkenningen naar de klimaatbestendigheid van huidige waterinlaatpunten. Op basis van de geconstateerde knelpunten en kwetsbaarheden geeft de laatste paragraaf ingrediënten voor een adaptatiestrategie.

7.1 Aanvoerroutes en afspraken

Historie

Adaptatie van de watervoorziening is 'business als usual' in Nederland en dus ook in Haaglanden. Er worden voortdurend aanpassingen doorgevoerd om de watervoorziening op peil te houden. In 1893 kon het Hoogheemraadschap van Delfland bijvoorbeeld voor het laatst water inlaten via de Oranjesluis, op enkele kilometers van de zee. Door de aanleg en verdieping van de Nieuwe Waterweg verziltte het water namelijk in rap tempo. Vanaf 1922 was het water bij Maasluis ook te zout om te worden ingelaten en vanaf 1947 al bij Vlaardingen. Daarna kon Delfland nog water binnenlaten via Vijfsluizen, bij Schiedam, en via de Parksluizen. In 1958 werd het inlaten van water bij Vijfsluizen gestaakt en in 1965 werd voor het laatst min of meer zoet water via de Parksluizen ingelaten. Vanaf december 1947 werd er al zoet water aangevoerd vanuit het gebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland, via de Hollandsche IJssel, de Gouwe, de Oude Rijn en de Vliet. Na deze lange omweg wordt het in het noorden van Delfland, bij Leidschendam, met behulp van een gemaal in Delflands boezem gepompt. Voor dit doel heeft Delfland indertijd het gemaal Mr.Dr. Th.F.J.A. Dolk gebouwd. Figuur 45 toont hoe de inlaat van water door de jaren heen is veranderd.



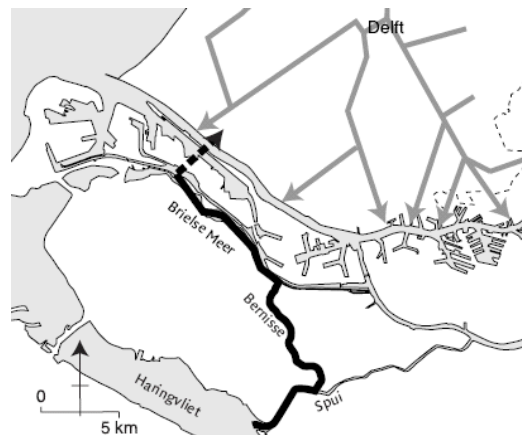
Figuur 45: inlaat van water door de jaren heen (boven) en transportroutes (onder) (tekening Jan van den Noort 2003).

Voor Haaglanden zijn momenteel de volgende aanvoerroutes/afspraken relevant:

- De Brielse Meerleiding
- Het Waterakkoord Rijnland-Delfland
- De Kleinschalige Wateraanvoervoorziening Midden-Holland.

Brielse Meerleiding

De afsluiting van het Haringvliet in 1970 opende de mogelijkheid om water van betere kwaliteit in te laten in het Brielse Meer. Begin jaren zeventig nam het Waterschap De Brielse Dijkkring het stroompje de Bernisse onder handen om water uit het Haringvliet via Spui en Bernisse naar het Brielse Meer te leiden. In 1988 heeft Delfland de Brielse Meerleiding aangelegd. Dit is een leiding van ruim vier kilometer lang, die vanuit het Brielse Meer (op het Zuid-Hollandse eiland Voorne Putten) zoet water van goede kwaliteit ondergronds naar het geëmaal Westland in Hoek van Holland brengt. De leiding kan normaliter 4 m³ water per seconde het gebied in brengen. Vanuit Hoek van Holland wordt het water via de verschillende vaarten en sloten verdeeld over het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland.



Figuur 46: Brielse Meer route

Waterakkoord Rijnland - Delfland

Onder normale omstandigheden werkt Delfland met aanvoer van water via de Brielse Meer route en vanuit Rijnland. De aanvoer vanuit het Brielse Meer heeft de voorkeur boven de aanvoer vanuit Rijnland, vanwege de kwaliteit van het inlaatwater. Daarom wordt wateraanvoer vanuit Rijnland pas in tweede instantie benut. De aanvoer vanuit Rijnland is in een waterakkoord bestemdigd (2002, herzien in 2010). In het Waterakkoord Rijnland-Delfland staan drie verplichtingen centraal:

1. Rijnland stelt in normale omstandigheden aan Delfland zoetwater ter beschikking; het gaat hierbij om 8 m³ water per seconde.
2. In aanvulling hierop kan een partij in geval van een (dreigende) bijzondere omstandigheid binnen het eigen beheersgebied de andere partij verzoeken water uit te wisselen tot een vast te stellen hoeveelheid per tijdseenheid en duur.

3. De partijen betalen elkaar een vergoeding voor de aan- of afvoer van water via het gemaal.

In het Waterakkoord wordt de meting en registratie van de hoeveelheden getransporteerd water geregeld, en ook de bemonstering op waterkwaliteit en de verplichting om elkaar daarover te informeren. Daarnaast geeft het aan welk waterpeil moet worden nagestreefd op het punt waar het water wordt overgedragen.

94

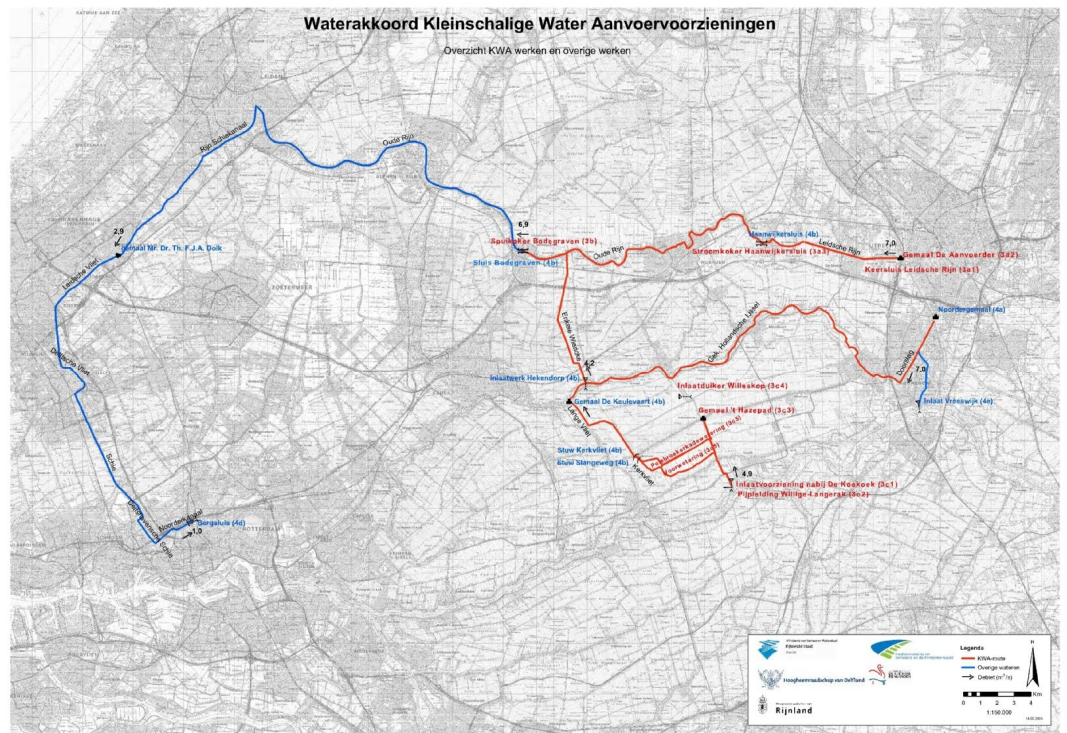
In het akkoord worden ook de normen aangegeven voor de kwaliteit van het over te dragen water. Als het water van slechte kwaliteit blijkt te zijn, dienen de partijen elkaar hierover te informeren. Na ontvangst van deze informatie staat het de partij binnen wiens beheersgebied het water uiteindelijk terecht gaat komen, vrij te beslissen of hij het water ondanks de verontreiniging toch zal ontvangen.

Op basis van het waterakkoord kan worden besloten om in bijzondere omstandigheden de wateraanvoer tijdelijk stop te zetten.

KWA Midden-Holland

Onder bijzondere omstandigheden (bijv. verzilting van inlaatpunt Gouda, zie volgende paragrafen) treedt het waterakkoord kleinschalige wateraanvoer Midden-Holland (KWA) in werking, dat is vastgesteld in het kader van de zoetwatervoorziening bij langdurige droogte. Als de KWA in werking treedt, wordt water aangevoerd vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek naar Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard. Onder het akkoord is Rijnland verplicht om mee te werken aan de doorvoer van water naar Delfland (zie Figuur 47 voor de aanvoerroute). Hetzelfde geldt overigens voor Delfland ten opzichte van Schieland.

De KWA kan worden gekarakteriseerd als een aantal aanvullende structurele voorzieningen die, met gebruikmaking van deels bestaande en deels speciaal voor dit doel aangelegde werken, onder bijzondere omstandigheden aanvoer van water van voldoende kwaliteit mogelijk moeten maken.



Figuur 47: route KWA

In 2003 is de KWA daadwerkelijk in werking getreden. De betrokken organisaties hebben naar aanleiding hiervan evaluaties uitgevoerd. De ervaringen in 2003 gaven aanleiding om het waterakkoord te herzien.

7.2 Actuele knelpunten – ervaringen uit de zomer van 2003

Tijdens de extreem droge zomer van 2003 bleek dat zelfs in het waterrijke Zuid-Holland een tekort aan zoet water kon ontstaan. Door de lage rivierwaterstand trad verzilting op en ontstond een gebrek aan de juiste kwaliteit water. De belangrijkste maatregelen - in chronologisch volgorde – die in 2003 werden genomen zijn (min. V&W, 2004):

- 1) Omdat de Rijnafvoer beneden de grens van 1100 m³/s zou komen en de Hollandse IJssel dreigde te verzilten, is op 9 augustus de Kleinschalige Wateraanvoer in werking gesteld. Hierdoor konden de hoogheemraadschappen van Rijnland, Delfland, Schieland en De Stichtse Rijnlanden van zoetwater worden voorzien. Delfland en Schieland hebben hierdoor - en door de aanvoer vanuit het Brielse Meer- geen problemen gekend. Haaglanden heeft dus geen verdere belemmeringen ondervonden. De KWA is op 10 oktober beëindigd.
- 2) Bij Gouda heeft Rijnland, nadat eerst het peil met drie centimeter was opgezet als extra voorraad, vanaf 15 augustus water ingelaten met een iets hoger zoutgehalte om het peil van het boezemwater in stand te

kunnen houden. Dit lukte, maar omdat het zoutgehalte van het ingelaten water hoger werd en zou leiden tot onomkeerbare verzilting, is deze aanvoerroute op 22 augustus gestopt en is tot normaal zomerpeil ingeteerd.

- 3) Op 21 augustus werd besloten de Tolhuissluisroute in werking te stellen om Rijnland vanuit het IJmeer van zoetwater te voorzien, in plaats vanuit de inlaat bij Gouda. De aanvoerroute was van 26 augustus tot 12 september in werking. Zo bleef het water in de Rijnlandse boezem op peil en liep het zoutgehalte niet verder op. Het duurde vier dagen voordat de zoutprop in de Amstel was weggemalen en de aanvoerroute ook echt zoetwater aanvoerde. Om de route in werking te kunnen stellen, moest een groot aantal maatregelen worden genomen. De operationele kosten bedroegen naar schatting € 500.000,-. Daarnaast is een aantal belanghebbenden benadeeld.

De verdringingsreeks is bepalend geweest voor de maatregelen die genomen zijn. Zo was het chloridegehalte van de Hollandsche IJssel bij Gouda vanaf 15 augustus zo hoog dat de inname van boven de limiet van 250 mg/l uitkwam. In overeenstemming met de verdringingsreeks werd besloten door te gaan met de inname van water, aangezien het op peil houden van het waterpeil belangrijker werd geacht dan het tegengaan van verzilting, met name om stabiliteit van dijken en kaden te waarborgen en ook om versnelde klink tegen te gaan.

Landelijke verdringingsreeks

Voor gevallen van watertekort is op rijksniveau is een prioriteitenlijstje afgesproken: de verdringingsreeks. Als water schaars wordt, geldt voorziening in deze volgorde:

1. veiligheid gaat voor, onomkeerbare schade aan infrastructuur en natuur wordt voorkomen
2. nutsvoorzieningen zoals drinkwater en energieopwekking moeten worden gegarandeerd
3. kleinschalig hoogwaardig gebruik zoals de teelt van gevoelige gewassen worden voorzien
4. de overige belangen worden gediend: scheepvaart, landbouw, industrie.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat zowel de besluitvorming over, als de uitvoering van de beheersmaatregelen in 2003 goed waren. De maatregelen resulteerden voor Haaglanden in het bereiken van de beoogde doelen.

Voor andere gebieden kwamen in 2003 wel de grenzen van de aanvoermogelijkheden in zicht. De vraag is dan ook of klimaatverandering zal zorgen voor een noodzaak tot het aanpassen van voorzieningen en of ook voor Haaglanden grenzen worden bereikt. Met name het presteren van de Brielse Meerleiding is dan een aandachtspunt.

7.3 Toename van kans op droogte en externe verzilting

Om een beeld te krijgen van het toekomstperspectief van de watervoorziening zijn twee componenten van belang: veranderingen in de watervraag en veranderingen in de waterbeschikbaarheid. De watervraag wordt voornamelijk beïnvloed door de mate van droogte, een resultante van temperatuur en neerslagtekort. De waterbeschikbaarheid hangt af van interne buffers (bodemvochtgehalte, gietwaterbekkens e.d.), maar voor Haaglanden vooral ook van de inlaat van water uit het hoofdwatersysteem. Inlaatmogelijkheden zijn weer afhankelijk van de mate van verzilting, die resulteert uit veranderingen in het zeeniveau en de rivierafvoer. De vooruitzichten voor beide componenten worden in deze paragraaf beschreven.

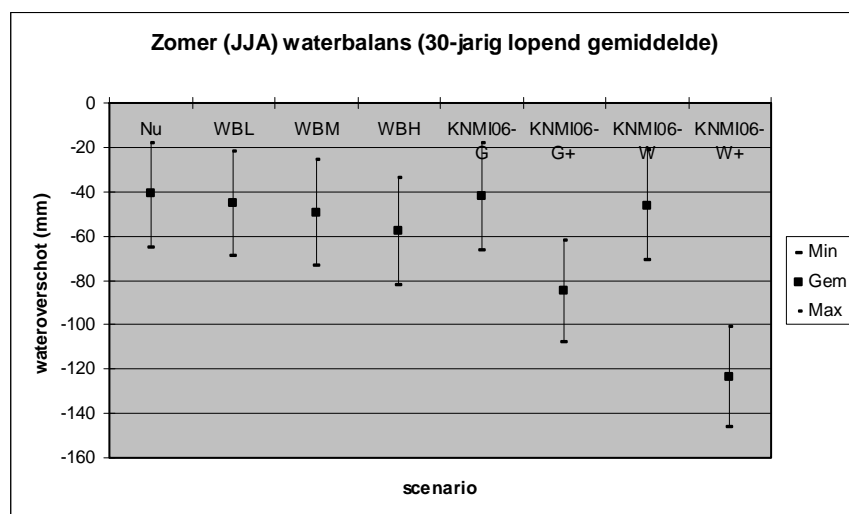
Kans op droogte en toename watervraag

De situatie in 2003 is bestempeld als een calamiteit. De vraag ligt voor hoe vaak een dergelijke situatie zich kan gaan voordoen als het klimaat verandert. En hoe vaak gaan nog ernstiger droogtesituaties optreden?

Uitgaande van de KNMI'06 scenario's komen droogtesituaties in de zomer in met name de G+ en W+ scenario's vaker voor. De G en W scenario's voorspellen weliswaar een toename in de potentiële verdamping (+3% tot +6% in 2050), maar deze wordt grotendeels gecompenseerd door een toename in neerslag (+3% tot +7%). Onder het G+ en W+ scenario neemt de neerslaghoeveelheid in de zomer met 10% tot 19% af, en de potentiële verdamping neemt met 8% tot 15% toe. Tabel 8 en Figuur 48 geven de verschillen weer tussen het huidige klimaat en de verschillende klimaatscenario's (Van Ek et. al., 2007).

Tabel 8: Gemiddeld jaarlijks neerslagtekort in de periode 1906 – 2000 en mogelijk te verwachten rond 2050 volgens de vier KNMI'06-scenario's (KNMI, 2006).

1906 - 2000	G	G+	W	W+
144 mm	151 mm	179 mm	158 mm	220 mm

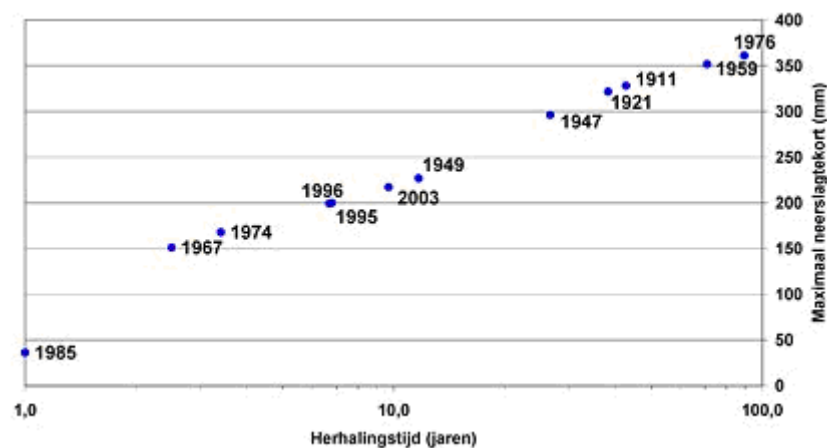


Figuur 48: Spreiding in het watertekort (negatief wateroverschot) gedurende de zomer voor de WB21 en KNMI'06 scenario's.

Een kenmerk van het Nederlandse waterbeheer is dat het is voorbereid op de historische variaties. Dus zolang de klimaatscenario's leiden tot veranderingen die binnen de historische variaties blijven, is te verwachten dat de veranderingen niet leiden tot zeer grote aanpassingen in het bestaande waterbeheer. Indien de veranderingen leiden tot condities buiten de historische variaties is er meer reden voor aandacht. Uit bovenstaande tabel en figuur blijkt dat de grote veranderingen voor het waterbeheer te verwachten zijn onder de KNMI G+ en W+ scenario's. In deze scenario's zijn de veranderingen vooral in de zomer groter dan waaraan het waterbeheer gewend is

Het risico van extreme klimatologische omstandigheden wordt gewoonlijk uitgedrukt in de herhalingstijd van de gebeurtenis. Deze maat geeft aan hoe vaak – over een lange periode gemiddeld – een gebeurtenis in het huidige klimaat voorkomt. Met andere woorden, hoeveel tijd er gemiddeld tussen twee extreme gebeurtenissen zit. Daarmee is niet gezegd dat de kans op herhaling binnen de herhalingstijd zeer klein is en daarbuiten zeer groot. De kans op herhaling van een extreme gebeurtenis in een willekeurig jaar is even groot (regelmatigheden in klimaatschommelingen buiten beschouwing gelaten). Echter over een langere periode bekeken, komt een gebeurtenis eenmaal in de herhalingstijd voor.

In watertekortsituaties hangt de landbouwschade af van zowel het neerslagtekort als de aanvoer van water vanuit de Rijn en Maas. Wanneer neerslagtekort en een zeer lage afvoer samen optreden ontstaat het risico dat aan de zoetwatervraag niet voldaan kan worden. De combinatie van lage Rijnafvoer en het neerslagtekort zoals die in de zomer van 2003 optrad heeft een herhalingstijd van 12 jaar. De huidige kans dat een willekeurige zomer zo droog of droger is als die van 2003 is dus 1/12. Wordt alleen het neerslagtekort beschouwd dan heeft de zomer van 2003 een herhalingstijd van 10 jaar. In vergelijking: de zomer van 1976 heeft een herhalingstijd van bijna 90 jaar. Een vergelijking van de herhalingstijden van verschillende jaren op basis van het neerslagtekort is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 49: herhalingstijden neerslagtekort in Nederland onder huidige klimaatomstandigheden (schaalverdeling op x-as is logaritmisch)

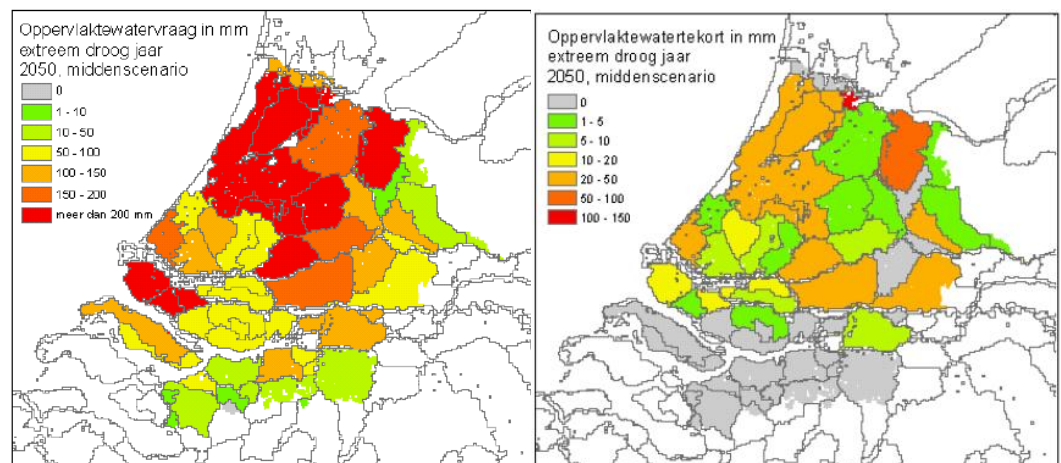
Het KNMI heeft in het licht van klimaatverandering de herhalingsjijd van droge zomers opnieuw berekend. De onderstaande tabel geeft aan dat de zomer van 2003 (als voorbeeld) onder alle KNMI scenario's vaker gaat voorkomen: de herhalingsjijd wordt zelfs slechts 2 jaar onder het KNMI'06 W+ scenario. De herhalingsjijd van een jaar als 1976 daalt tot 22 jaar. Deze herhalingsjijd is erg klein en dient zich mogelijk al op korte termijn aan (2050).

Tabel 9: Herhalingsjijden droogte bij vast (huidig) niveau van het neerslagtekort, onder de KNMI'06 scenario's in 2050 (Bron: KNMI, www.helpdekswater.nl)

Soort jaar	Neerslagtekort	Herhalingsjijd (jaar)				
		Huidig	G	G+	W	W+
Gemiddeld (1967)	151	3	2	1,5	2	1,2
Droog (1949)	226	12	10	5	8	2
Zeer droog (1959)	352	71	52	31	40	20
Extreem droog (1976)	361	89	64	36	47	22
Matig droog (1996)	199	7	6	3	5	2
Droog (2003)	217	10	8	4	7	2

99

Figuur 50 toont de oppervlaktewatervraag en verwachte oppervlaktewatertekorten in Haaglanden en haar directe buien. Het kaartbeeld toont waar veel vraag is naar water en waar tekorten optreden. In de vraag zijn verschillende functies gesommeerd: beregening, peilbeheer, doorspoeling en drink-/industriewater. De kaart is gebaseerd op het WB21 Middenscenario. Het tekort in het W+ scenario is meer dan het dubbele van dit Middenscenario (zie Figuur 48).



Figuur 50: oppervlaktewatervraag en verwachte oppervlaktewatertekorten onder WB21 middenscenario (bron: RIZA)

Kans op externe verzilting en beperking wateraanvoer

Het Rijn-Maas mondingsgebied is één van de locaties in Nederland waar zoutindringing vanuit zee plaatsvindt (externe verzilting). De mate van zoutindringing hangt sterk af van de waterstand op zee en de grootte van de rivierafvoer. Door sterke variatie in de tijd van deze grootheden lopen de nadelige effecten van externe verzilting voor de watervoorziening van jaar tot jaar sterk uiteen.

Om een beeld te krijgen van de veranderingen die t.g.v. klimaatverandering optreden, zijn in het kader van de Zoetwaterverkenning Midden-West Nederland vijf karakteristieke verziltingssituaties (zgn. verziltingsjaren) onderzocht (KNMI, 2005). Voor elk jaar is de kans op voorkomen bepaald voor het thans heersende klimaat en voor een toekomstige situatie, zie Tabel 10.

Tabel 10: karakteristieke verziltingsjaren, huidige herhalingstijden en herhalingstijd in 2050 onder WB21 Midden klimaatscenario (KNMI, 2005)

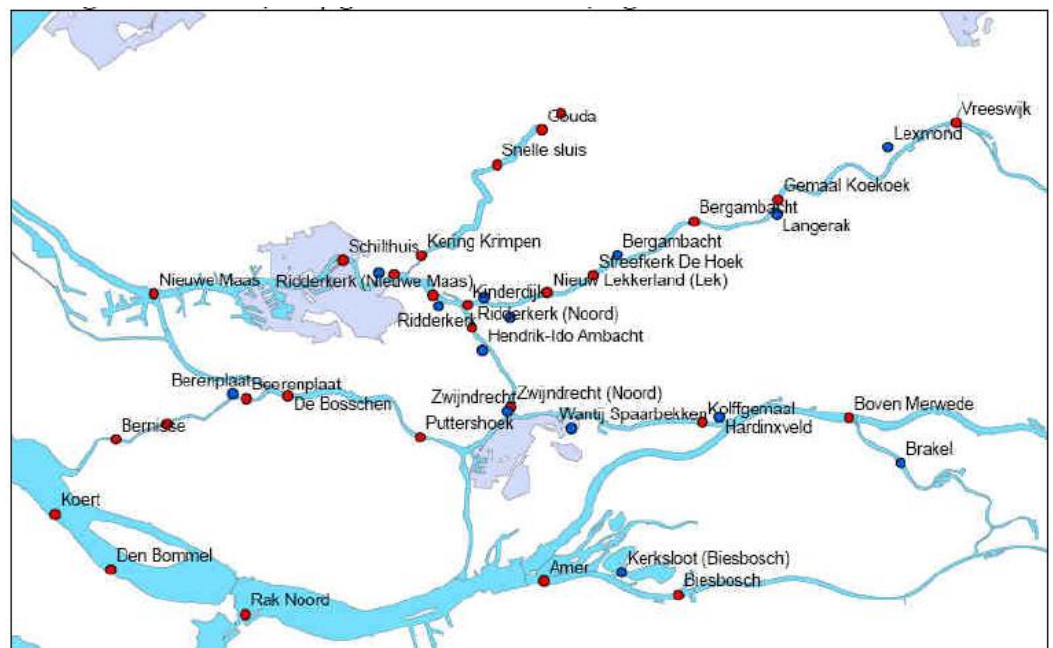
Jaar	verzilting	Kenmerken	Herhalingstijd huidig (2005)	Herhalingstijd 2050
1976/1990	Extreem zout	Worst case van mix tussen 1976 neerslagtekort en afvoerdeficit, en 1990 windopzet	32	17
2003	Zout		11	7
1996	Gemiddeld zout	bovengemiddeld neerslagtekort in combinatie met bovengemiddeld afvoerdeficit	3,3	2,5
1994	Brak	Gemiddelde omstandigheden	1,6	1,4
2002	Matig brak	Gemiddelde omstandigheden	1,1	1,1

Bij het bepalen van de herhalingstijden in 2050 is gebruik gemaakt van het WB21 Midden scenario. Voornaam kenmerken hiervan zijn: 1 graad temperatuurstijging zonder verandering in het luchtstromingspatroon, 25 cm zeespiegelstijging en een daling van de Rijnafoer met 8% in de zomerperiode. Wanneer wordt uitgegaan van de KNMI'06 scenario's zullen de herhalingstijden anders uitvallen. Het WB21 Midden scenario lijkt het meest op de W en G scenario's. In de G+ en W+ scenario's zal het afvoerdeficit groter zijn t.g.v. een hoger neerslagtekort, waardoor verzilting vaker en intenser optreedt. De zeespiegelstijging kan in de W en W+ scenario's oplopen tot 35 cm, wat ook de verzilting bevordert. De in Tabel 10 aangeduide afname van de herhalingstijden neemt onder de '+' scenario's dus nog verder af. Hoeveel deze afname kan zijn vormt momenteel nog een kennishiaat.

Hoewel Haaglanden in 2003 buiten schot is gebleven door het goed functioneren van de Brielse Meerleiding, is de combinatie van mogelijke daling van de herhalingstijden van (extreme) droogte- en van verziltingsjaren reden tot zorg. Daarbij komt dat niet alleen Haaglanden vaker te maken krijgt met de grotere vraag en tekorten, ook alle andere gebruikers in Nederland ondervinden last. De vraag is dan ook of door de toename van de watervraag in andere regio's en de afname van het wateraanbod er voldoende water zal overblijven om de aanvoer routes van Haaglanden te voorzien. Om deze vraag te beantwoorden zijn modelscenario's op een nagenoeg landelijk schaalniveau nodig. Hieraan wordt gewerkt in het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma.

7.4 Verkenning klimaatbestendigheid inlaatpunten

In de voorgaande paragrafen is beschreven welke wateraanvoermogelijkheden er voor Haaglanden zijn, hoe die hebben gefunctioneerd in 2003 en hoe vaak zich vergelijkbare en ernstiger situaties kunnen voordoen wanneer het klimaat verandert. Een uitkomst is dat de Brielse Meerleiding een belangrijke levenslijn is, die er in de toekomst steeds vaker voor moet zorgen dat ondanks het terugvallen van de wateraanvoer via andere routes, de voorziening van een groot deel van Haaglanden op peil blijft. De herkomst van dit water ligt bij het inlaatpunt Bernisse, aan het Spui. Om het relatieve belang van dit inlaatpunt inzichtelijk te maken, zijn ook toekomstige ontwikkelingen bij inlaatpunt Gouda van belang. Als dit punt vaker onbruikbaar wordt, neemt het belang van inlaatpunt Bernisse toe. Daarom wordt de klimaatbestendigheid van beide inlaatpunten in deze paragraaf onder de loep genomen. Figuur 51 toont de ligging van een selectie van inlaatpunten in het Noordelijk deltabekken.



Figuur 51: Locatie van belangrijke inlaatpunten in het noordelijk deltabekken (Beijk, mei 2008).

Stremming waterinname

De mogelijkheid tot inname van water uit het hoofdwatersysteem wordt vooral bepaald door de chlorideconcentratie en/of de waterstand in het hoofdsysteem bij de inlaatpunten. De mate van verzilting in het hoofdwatersysteem wordt met name bepaald door:

1. verhoging van de waterstand op zee (door storm), en
2. lage rivierafvoeren.

De kans op verzilting bij het gelijktijdig optreden van deze twee factoren is extra groot (zie paragraaf 7.3). Een lage afvoer alleen hoeft nog niet tot een extreme mate van externe verzilting te leiden, evenmin als een forse verhoging van de zeewaterstand als gevolg van een sterke noordwestelijke wind.

Voor elk inlaatpunt is genormeerd bij welke chlorideconcentratie de inlaat wordt gestremd. Voor enkele inlaatpunten, w.o. Bernisse en Gouda, geldt dat de duur van de concentratieoverschrijding bepalend is. Wanneer de stremingsduur een drempelwaarde overschrijdt ontstaat een probleem in de watervoorziening van het aangesloten gebied.

Kenmerken geraadpleegde studies

Voor deze verkenning is gebruik gemaakt van de resultaten van twee actuele studies: "Klimaatverandering en verzilting" (Beijk, mei 2008) en "Koploper Klimaat, Werkpakket Watervoorziening" (Hoogvliet et.al., 2008). In combinatie met de KNMI studie naar verziltingsjaren (KNMI, 2005), geven zij het meest complete beeld dat op dit moment kan worden geconstrueerd.

In "Klimaatverandering en verzilting" is de mate en frequentie van verzilting onderzocht op verschillende inlaatpunten voor alle vier KNMI'06 scenario's in 2050, gebruik makend van historische data uit vijf jaren die een verschillende mate van verzilting kenden, zie paragraaf 7.3, Tabel 10. Resultaten van deze studie zijn ook gebruikt in het onderzoek naar de invloed van een zout Volkerak Zoommeer op verzilting.

In de studie "Koploper Klimaat, Werkpakket Watervoorziening" is de invloed van een extremere mate van klimaatverandering en zeespiegelstijging bekeken. In de studie zijn de volgende scenario's bekeken:

1. Huidige situatie (metingen 1996, huidig klimaat)
2. W+ 2050, zeespiegelstijging 35 cm, rivierafvoer op jaarbasis 8% afname
3. W+ 2100, zeespiegelstijging 85 cm, rivierafvoer op jaarbasis 12% afname
4. W+ 2100, zeespiegelstijging 200 cm, rivierafvoer op jaarbasis 12% afname.

De extreme zeespiegelstijging in het laatste scenario is meegenomen om ook buiten de reguliere KNMI'06 verwachtingen te kunnen beoordelen hoe bestendig de inlaatpunten zijn.

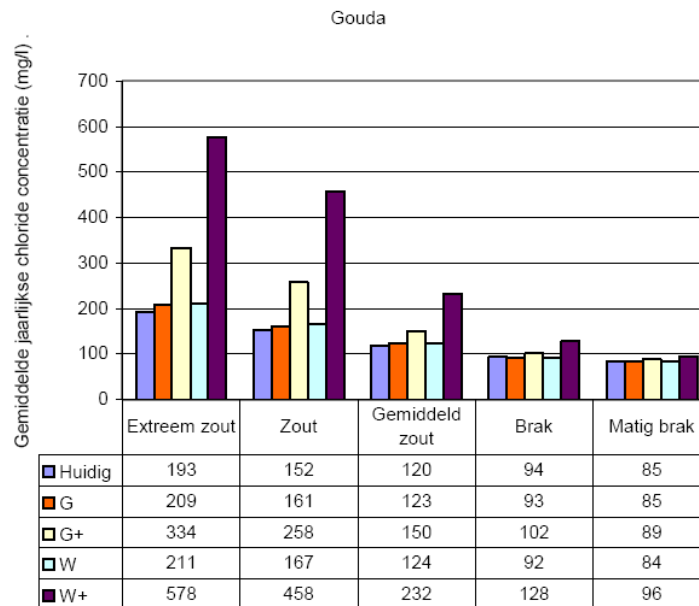
In beide studies is rekening gehouden met het beheer van de Haringvlietssluisen volgens het Kierbesluit en een open Nieuwe Waterweg.

Gouda

Figuur 52 geeft de berekende gemiddelde chlorideconcentratie op de Hollandse IJssel bij Gouda voor de 5 verziltingsjaren per klimaatscenario en voor de huidige situatie. Geconcludeerd kan worden dat in een gemiddeld zout, brak en een matig brak jaar de gemiddelde chlorideconcentratie lager blijft dan de inlaatnorm van 250 mg/l voor zoet water ten behoeve van de landbouw. In een zout en extreem zout jaar hangt dit af van het klimaatscenario. Voor een G en

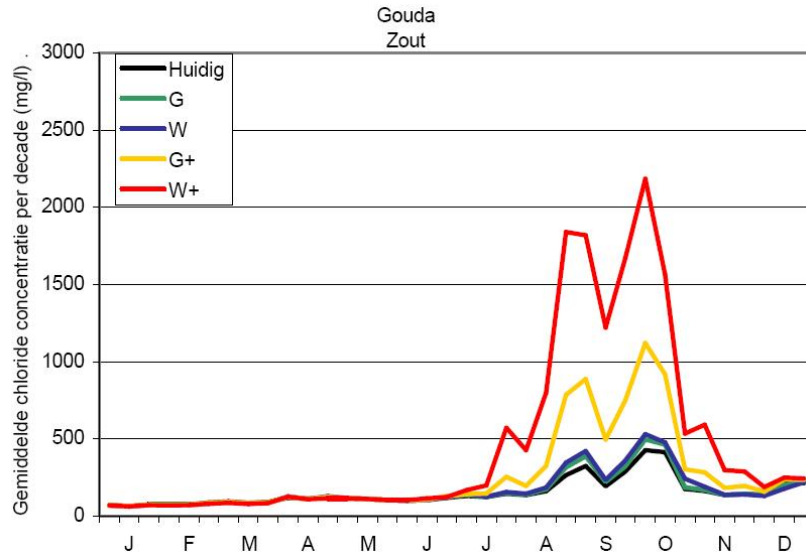
W scenario blijft de gemiddelde concentratie nog onder norm en verandert weinig ten opzichte van de huidige situatie (maximaal 10%). Echter, bij het G+ en bij het W+ scenario bedraagt, afhankelijk van de locatie, de maximale toename van de gemiddelde concentratie respectievelijk 40 en 45%. Hierbij komt de gemiddelde chlorideconcentratie voor een aantal locaties substantieel boven de norm voor zoet water inname te liggen (Beijk, mei 2008).

103



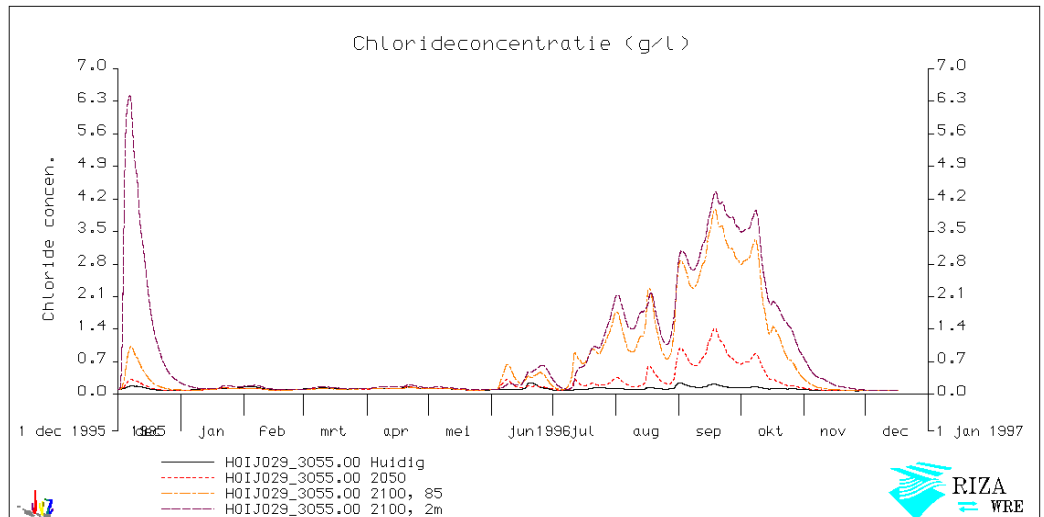
Figuur 52: Gemiddelde jaarlijkse chlorideconcentratie (mg/l) op de Hollandsche IJssel bij Gouda voor de 5 zoutjaren per klimaatscenario en de huidige situatie (Beijk, mei 2008)

Naast de gemiddelde jaarlijkse concentratie is voor elk van de karakteristieke jaren ook het decade (periode van 10 dagen) gemiddelde berekend. Dit geeft inzicht in de fluctuatie van concentraties gedurende het jaar. Dit is belangrijkere informatie dan de gemiddelden. Figuur 53 geeft het decade gemiddelde voor een zout jaar (2003). Ook hier is het effect van het G+ en W+ scenario op de chlorideconcentratie overduidelijk, terwijl een G of W scenario slechts een beperkte toename ten opzichte van de huidige situatie laat zien.



Figuur 53: Decade gemiddelde chlorideconcentratie bij Gouda per klimaatscenario voor een zout jaar (Beijk, mei 2008)

Figuur 54 toont de verzilting bij het inlaatpunt Gouda, voor de vier scenario's in de studie van Hoogvliet et.al. (2008). In de huidige situatie wordt de norm bij Gouda niet overschreden. In de toekomstscenario's wordt de norm al in 2050 overschreden gedurende de periode van eind juni tot eind november. Het aantal dagen in deze tijdspanne waarin de norm niet wordt overschreden neemt af, gaande van de situatie 2050 tot de situatie 2100 met 2 meter zeespiegelstijging. Het verschil tussen 85 cm zeespiegelstijging en 2 meter zeespiegelstijging is niet groot.



Figuur 54: Verloop van de chlorideconcentratie bij de inlaatpunt Gouda. In deze grafiek is één inspelmaand van het model (de hoge piek links in grafiek) meegenomen die geen belang heeft voor de analyse van de uitkomsten.

Tabel 11 toont de jaargemiddelde chlorideconcentraties bij inlaatpunt Gouda, in een gemiddeld zout voorbeeldjaar (1996), bij een W+ klimaatontwikkeling, over een lange termijn.

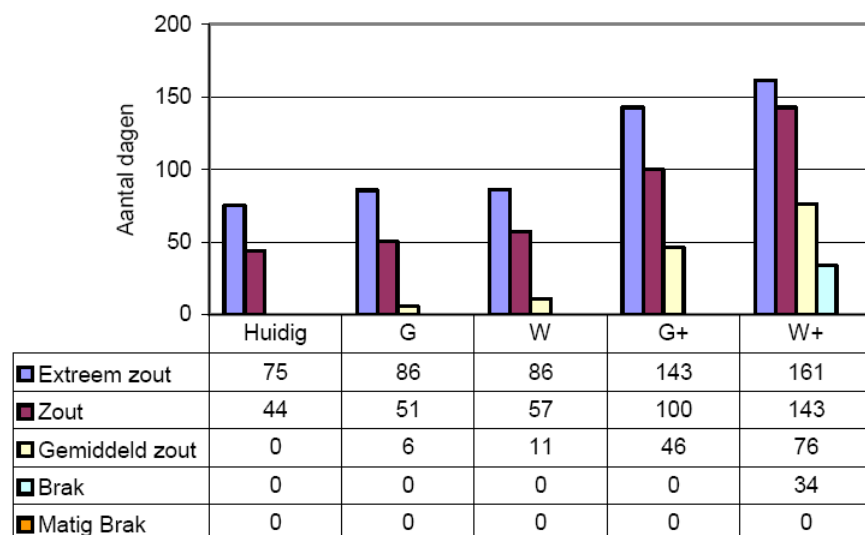
Tabel 11: Jaargemiddelde chlorideconcentratie (mg/l) voor vier scenario's (Hoogvliet et.al., 2008)

Riviertak	Locatie	Gem. (Cl) Huidig	Gem. (Cl) 2050, +35 cm	Gem. (Cl) 2100, +85 cm	Gem. (Cl) 2100, +200 cm
Hollandsche IJssel	Gouda inlaat	120	230	660	830

105

In Figuur 55 is per voorbeeldjaar en klimaatscenario de totale jaarlijkse overschrijdingsduur in dagen voor Gouda opgenomen. Het gaat hierbij om een overschrijding van 250 mg/l chloride langer dan 48 uur. Ten opzichte van de huidige situatie neemt de gemiddelde jaarlijkse overschrijdingsduur in een extreem zout of zout jaar toe met 20 à 30 procent. In de overige jaren wordt de grenswaarde van 250 mg/l zowel in de huidige situatie als onder een G of W scenario niet overschreden. Onder een G+ en W+ scenario zijn de veranderingen ingrijpender. Hier treden namelijk ook overschrijdingen op in een gemiddeld zout jaar en bij een W+ scenario zelfs ook in een brak jaar zal de grenswaarde gemiddeld 34 dagen overschreden worden. In een zout jaar neemt de overschrijdingsduur van 250 mg/l toe met 90 tot 120 procent en in een extreem zout jaar zelfs met 120 tot 220 procent (Beijk, mei 2008).

Hollandsche IJssel (Gouda)



Figuur 55: Totale jaarlijkse overschrijdingsduur van een chlorideconcentratie van 250 mg/l langer dan 48 uur bij Gouda (Beijk, mei 2008)

In Tabel 12 is de overschrijdingsduur weergegeven volgens de door de waterbeheerder aangegeven normen, in een gemiddeld zout voorbeeldjaar (1996), bij een W+ klimaatontwikkeling over een lange termijn.

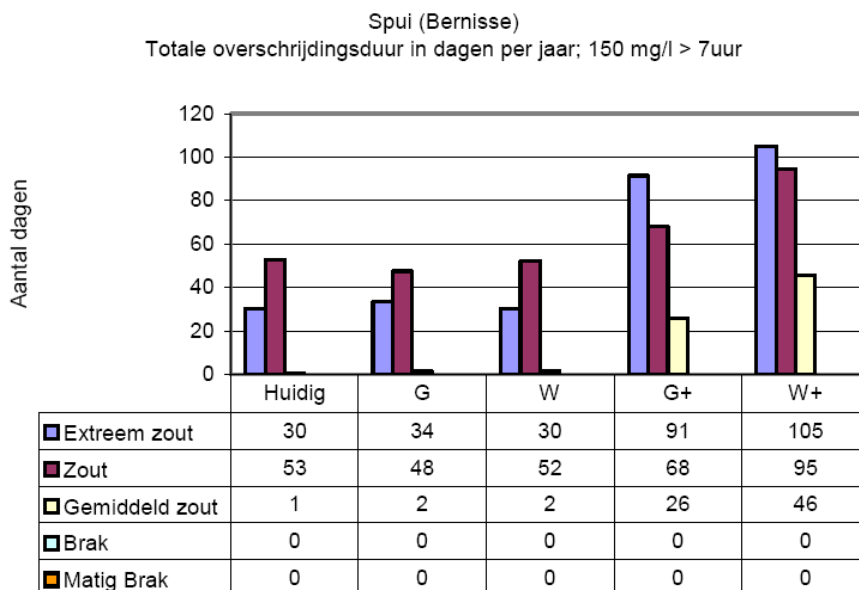
Tabel 12: Overschrijdingsduur drempelwaarde (in dagen) per inlaatpunt voor vier scenario's (Hoogvliet et.al., 2008)

Riviertak	Locatie	Drempel mg/l en duur	Duur Huidig	Duur 2050, +35 cm	Duur 2100, +85 cm	Duur 2100, +200 cm
Hollandsche IJssel	Gouda inlaat	250, 48 uur	0	76	139	156

106

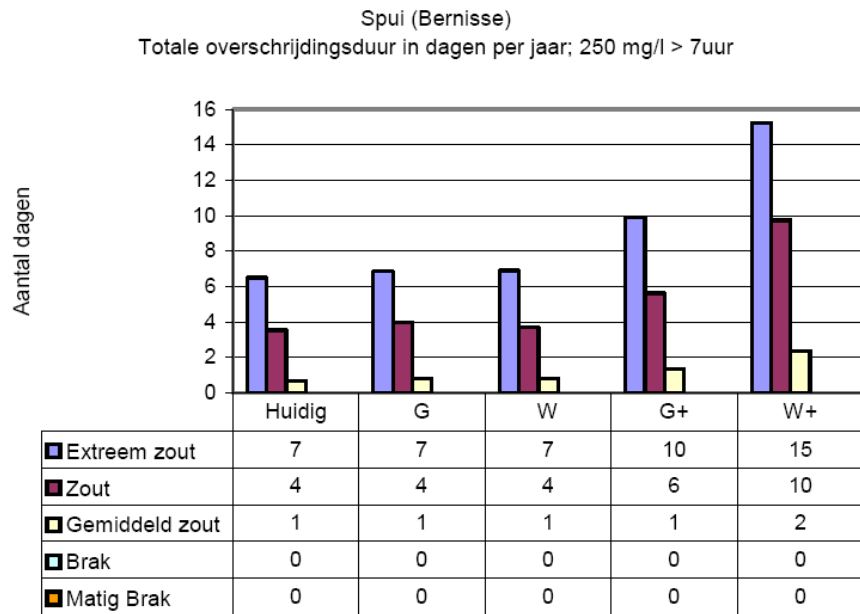
Bernisse

Bij inlaatpunt Bernisse gelden strengere normen dan bij Gouda: 150 mg/l Cl en een maximale stremmingsduur van 7 uur. De norm is hier laag vanwege de eisen die worden gesteld door de industrie, die ook een gebruiker is van Brielse Meer water. Figuur 56 toont op hoeveel dagen het chloridegehalte bij het inlaatpunt langer dan 7 uur boven de norm ligt. De lange stremming bij deze grenswaarde wordt veroorzaakt door de achtergrondconcentratie van de Rijn, die in droge jaren met een lage rivierafvoer boven 150 mg/l Cl ligt.



Figuur 56: Totale jaarlijkse overschrijdingsduur van een chlorideconcentratie van 150 mg/l langer dan 7 uur bij Bernisse (Beijk, 2008)

Ter vergelijking met de resultaten van Gouda zijn in Figuur 57 de resultaten met een grenswaarde van 250 mg/l weergegeven. Bij verhoging van de chloride-norm bij inlaatpunt Bernisse daalt de stremmingsduur aanzienlijk. De stremming in een W+ klimaat is dan vergelijkbaar met de stremming in de huidige situatie. Wanneer de maximale overschrijdingsduur gelijk zou zijn met die van Gouda (48 uur), zou nauwelijks stremming optreden.



Figuur 57: Totale jaarlijkse overschrijdingsduur van een chlorideconcentratie van 250 mg/l langer dan 7 uur bij Bernisse (Beijk, mei 2008)

7.5 Conclusies

Uitkomst van de verkenning van de klimaatbestendigheid van de inlaatpunten Gouda en Bernisse is dat beiden gevoelig zijn voor een verandering van het klimaat onder een G+ of W+ scenario. De redenen daarvoor verschillen. Voor Gouda geldt als reden de oprukkende verzilting vanuit zee, in combinatie met de afname van de rivierafvoer. De houdbaarheid van dit inlaatpunt, onder de huidige normen, vervalt hierdoor binnen enkele decennia.

Voor het punt Bernisse geldt een additionele reden. Dit punt wordt in hogere mate beïnvloed door de uitwerking van ingrepen elders in het Noordelijk Deltabekken. Zonder deze ingrepen zou het inlaatpunt in theorie nog lang kunnen functioneren. Zeker als besloten wordt om de chloridenorm te verhogen en de maximaal toegestane stremmingsduur kan worden verlengd. Het is echter niet waarschijnlijk dat ingrepen, die ook deels vanuit het oogpunt van klimaatverandering worden genomen, uitblijven. Met recht is daarom door Delfland alert gereageerd op de uitwerking van een zout Volkerak-Zoommeer op de chloridegehalten in het Haringvliet en Spui. Het is dus enerzijds zaak om de functionaliteit van het inlaatpunt te bewaken door mee te draaien in planstudies elders in de Delta, en anderzijds toch ook als verzekeringspolis te oriënteren op additionele of alternatieve aanvoer routes van zoet water (naar het Brielse Meer).

Bouwstenen adaptatiestrategie

In de voorgaande paragrafen is beschreven hoe het systeem van wateraanvoer naar Haaglanden werkt en wat de kwetsbaarheid hiervan is. Op basis van deze kennis kunnen suggesties voor een adaptatiestrategie worden gedaan.

Bij voorbaat kan worden gesteld dat er nauwelijks maatregelen mogelijk zijn die weinig kosten en veel opbrengen. Er zijn dus weinig "quick wins" te behalen als het gaat om het oplossen van de watervoorziening problematiek.

Overeenkomstig de Zoetwaterverkenning van de Provincie Zuid-Holland worden hieronder suggesties gedaan voor de adaptatiestrategie en daaraan gekoppelde kennishiaten, binnen vijf hoofdlijnen:

- Zoutbezwaar en externe verzilting tegengaan
- Vasthouden en bergen
- Wateraanvoer robuust
- Zuinig met water
- Ruimtelijke Ordeningsmaatregelen.

Onderstaande suggesties geven geen volledig beeld van de opties. Er zijn recentelijk verschillende uitgebreide studies verricht die de suggesties complementeren. Met betrekking tot het hoofdwatersysteem en de inlaatpunten zijn dit bijvoorbeeld de "Zoetwaterverkenning Zuid-Holland Zuid", de "Herijking zoetwatervoorziening Provincie Zuid-Holland", de studie "Zoetwater Zuidwestelijke Delta", de studie "Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke delta" en de uitkomsten van het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma. Verder lopen o.a. in het kader van Kennis voor Klimaat specifieke studies naar het watergebruik in de glastuinbouwsector en de waterbehoeften van het landelijk gebied. Ook zijn er t.a.v. watervoorziening maatregelenboeken uitgebracht, o.a. door Rijkswaterstaat Waterdienst, waaruit inspiratie kan worden opgedaan. Voor alle maatregelen geldt dat maatwerk noodzakelijk is en dat mogelijke neveneffecten goed moeten worden onderzocht.

Verder is geconstateerd dat de nota "Delflands Visie op de Watervoorziening" een grondig beeld geeft van hoe op de problematiek kan worden gereageerd. Deze Visie kan daarom worden gebruikt als een hoofdingrediënt voor de adaptatiestrategie.

Zoutbezwaar en externe verzilting tegengaan

Het tegengaan van de externe verzilting valt buiten de directe invloedssfeer van Haaglanden. Overeenkomstig de actie die t.a.v. het Volkerak-Zoommeer door Delfland is ondernomen, zullen de waterbeheerders in Haaglanden alert moeten blijven op wat er in het Noordelijk Deltabekken speelt, zodat hun belangen worden meegewogen en tot uiting komen in maatregelen. Een voorbeeld daarvan is het aan beide kanten afsluitbaar maken van het Spui. Op de lange termijn (na 2050, mogelijk voor 2100) komt de afsluiting van de Maeslantkering in beeld. Niet om de oprukkende verzilting te stoppen, maar om de veiligheid van Rotterdam en omstreken te borgen. Deze maatregel zou voor een complete herziening van de zoetwatervoorziening zorgen.

Vasthouden en bergen

Voorraadvorming in nieuwe bekkens is een optie die regionaal en lokaal een bijdrage zou kunnen leveren. Bekkens nemen echter ruimte in beslag die slechts beperkt wordt gebruikt. Zonder meervoudig ruimtegebruik van de bekkens (bijv. onder kassen) ligt deze oplossingsrichting daarom minder voor de hand in een gebied met grote druk op de ruimte.

Een bekken dat reeds in gebruik is, is het Brielse Meer. De buffercapaciteit van dit meer is in hoge mate bepalend voor de watervoorziening van Haaglanden. Het inlaatregime voor het Brielse Meer zal opnieuw moeten worden bezien als een stremming van het inlaatpunt dermate vaak voorkomt dat het niet meer mogelijk is om voldoende water in het meer in te laten als compensatie van wat er aan onttrokken wordt. Nu is het nog zo dat er met een groter debiet kan worden ingelaten dan dat er doorgaans aan onttrokken wordt. Dat betekent dat er ondanks een kortdurende stremming, toch voldoende water kan worden gebufferd om aan de watervraag van de onttrekkers van het Brielse Meer te voldoen. Er wordt daarom aangenomen dat de capaciteit voorlopig voldoende zal zijn om onderbrekingen in de wateraanvoer vanuit de Bernisse te overbruggen. Aanbevolen wordt om een onderzoek te doen naar de grenzen van de buffercapaciteit: bij welke watervraag en beperking van de waterinlaat wordt de grens van de buffercapaciteit bereikt?

Uitbreiden van de buffercapaciteit van het Brielse Meer, of bijschakelen van langs de aanvoerroute gelegen recreatieplassen is mogelijk een optie. Uitbreiding kan ook door de andere gebruiker, de industrie, deels af te koppelen van het meer. Er zullen dan bijvoorbeeld (additionele) ontziltingsinstallaties moeten worden ingezet bij gevoelige productielijnen.

Wateraanvoer robuust

Onderzoek heeft uitgewezen dat het technische mogelijk is om 6 in plaats van 4 m³/s aan te voeren naar Delfland door de bestaande Brielse Meerleiding, door uitbreiding van de capaciteit van gemaal Winsemius. Er kan dus worden overwogen om de huidige waterverdeling van het Brielse Meer water te veranderen en meer water naar Haaglanden te leiden. Er moet dan wel worden onderzocht welke gevolgen dit heeft voor de buffercapaciteit van het Brielse Meer: hoe lang kan men voort bij een maximale watervraag via de leiding en een langdurig gestremde aanvoer vanuit het inlaatpunt Bernisse?

Als alternatief voor de inname bij het Spui kan een aanvoersysteem worden gemaakt vanaf de Merwede of het Hollandsch Diep, door de Hoeksche Waard. Er kan worden gedacht aan een watergang of leiding, die wordt aangesloten op het Bernisse systeem. Deze optie kan ook als een aanvulling worden gezien. De bekkenfunctie van het Brielse Meer is dan niet afhankelijk van 1 prominent inlaatpunt. Bevoorrading van het meer via meerdere punten maakt de bufferfunctie van het meer robuuster.

Met steun van Innovatienetwerk wordt de haalbaarheid verkend om West Nederland van (meer) water te voorzien via de oude lopen van de Oude Rijn en Hollandsche IJssel. De verzilting van het innampunt bij Gouda wordt dan minder relevant. Dit is een ingrijpende maatregel voor de lange termijn die conse-

quenties heeft voor nagenoeg de hele waterverdeling van Midden-West Nederland. De maatregel heeft een grote adaptieve potentie en lange levensduur.

Een strategie van meer aanvoer vanuit het hoofdsysteem kent ook beperkingen. De voorraden in de grote bekkens zoals het IJssel- en Markermeer en de aanvoer vanuit de grote rivieren zijn niet onbeperkt. Bij verdere aanvoer vanuit het hoofdsysteem zal daarom het belang van de andere onttrekkingen aan het hoofdsysteem moeten worden meegenomen.

Hoewel de huidige maatregelen onder voorziene omstandigheden voldoende lijken, laat de zomer van 2003 ook zien dat een opeenstapeling van onregelmatigheden (bijvoorbeeld problemen bij de spuisluis in IJmuiden) tot ernstiger problemen kunnen leiden dan voorzien. Daarom moet in detailstudies naar de watervoorziening van Haaglanden vooral worden gekeken naar alle mogelijke combinaties en stapeling van problemen.

De overschrijdingsduur bij inlaatpunt Bernisse blijkt in verschillende geraadpleegde studies verschillend uit te pakken. Dat komt doordat de berekende duur sterk afhankelijk is van het gebruikte model en de bij een modellering gekozen uitgangspunten. Deze betreffen niet alleen de aangenomen mate van klimaatverandering, zeespiegelstijging en rivierafvoer, maar ook de aangenomen beheerspraktijken van kunstwerken in de rivieren en delta. Het is aan te bevelen voor dit inlaatpunt een gericht modelonderzoek uit te voeren waarin actuele data en vele verschillende uitgangspunten worden gebruikt. Het blikveld op de uitwerking van mogelijke toekomstige ontwikkelingen is nu te beperkt. Zo is er nog veel kennis te verwerven t.a.v. de balans tussen tijdelijke stremmingen in de waterinname bij het Spui, het bufferend vermogen van het Brielse Meer en de waterbehoefte van Haaglanden, onder verschillende klimatologische omstandigheden, verziltingsjaren en configuraties van het hoofdwatersysteem. Deze basiskennis is gewenst voordat gericht kan worden gezocht naar alternatieven voor de bevoorrading van het Brielse Meer. Eerstvolgende toevoeging aan de kennis is de 3D-zoutmodellering Benedenrivierengebied, die in 2011 door Deltares wordt afgerond in het kader van het verzouten van het Volkerak Zoommeer.

Zuinig met water

In Haaglanden is de glastuinbouw de meest kritische gebruiker van oppervlaktewater. In samenwerking met de glastuinbouwsector en industrie kan worden ingezet op minder afhankelijkheid van oppervlaktewater en meer zelfvoorzienendheid. Opties die kunnen worden ontwikkeld zijn:

- Omgekeerde osmose op grotere schaal toepassen (ook voor de industrie)
- Vergroten van bergingscapaciteit regenwater bij bedrijven
- Aanleveren van drinkwater of water op maat (voor gietwater en proceswater) door het drinkwaterbedrijf
- Onderzoek naar de mogelijkheid voor het benutten van het effluent van afvalwaterzuiveringen voor levering van water op maat
- Onderzoek naar het benutten van de zoute grondwateronttrekking van DSM gist, met omgekeerde osmose

- Gebruik van overschot andere bedrijven, hergebruik afvalwater, gebruik afgekoppeld regenwater van elders, etc.

Indien de reguliere aanvoerwegen vaker gestremd raken dan is het aantrekkelijker om effluent te gaan hergebruiken. De mogelijkheid hiervoor dient te worden opgehouden.

Overige waterbesparende maatregelen zijn:

- Interne verzilting bestrijden door peilopzet en het dichten wellen
- flexibel peilbeheer
- gericht doorspoelen, zodat de watervraag in droge periodes afneemt
- lokaal mogelijk brakke natuur aanleggen op brakke plekken in droogmakerijen (inclusief beperkte verhoging van de peilen), om zodoende interne verzilting tegen te gaan.

Ruimtelijke Ordeningsmaatregelen.

De zoetwaterbehoefte hangt af van de functies en de eisen die deze functies stellen in het beheergebied. Er bestaan nog kennislücken over deze autonome ontwikkelingen. Een duidelijk voorbeeld hiervan is de ontwikkeling in de glastuinbouw. Binnen het programma Kennis voor Klimaat wordt hiernaar een specifiek onderzoek gedaan in de hotspot Haaglanden.

Ook bij de ontwikkeling van de watervraag van het stedelijk gebied en het landelijk gebied (berekening, peilbeheer, doorspoeling), onder invloed van klimaatverandering, staan vraagtekens. Dit geldt overigens niet alleen voor Haaglanden, maar voor vele regio's. Zeker is evenwel dat deze vraag zal toenemen wanneer wordt vastgehouden aan het huidige watersysteem en het klimaat zich volgens een droog scenario ontwikkeld.

8 Waterkwaliteit

8.1 Gebruik en kwetsbaarheid van oppervlaktewater

Oppervlaktewater heeft verschillende functies voor de maatschappij die meer of minder kwetsbaar zijn. In het stedelijk of bebouwd gebied – in tegenstelling tot landbouw- of natuur gebied – vervult oppervlaktewater belangrijke functies als onderdeel van de openbare ruimte (blauwe groenvoorziening), als plek voor recreatie en natuurbeleving en meer specifiek als zwemwater. Deze functies zijn afhankelijk van de kwantiteit van het water, maar zeer sterk ook van de kwaliteit van het water.

De waterkwaliteit wordt gekenmerkt door zowel fysieke als chemische en biologische parameters. Peil, peilfluctuaties, doorstroming, golfslag, troebel- of helderheid en temperatuur zijn fysieke parameters; zuurstofgehalte, zoutgehalte, nutriënten, en verontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen of olie zijn chemische parameters; biomassa, soortendiversiteit, en de afwezigheid van ziekteverwekkende organismen bepalen de biologische kwaliteit van het oppervlaktewater.

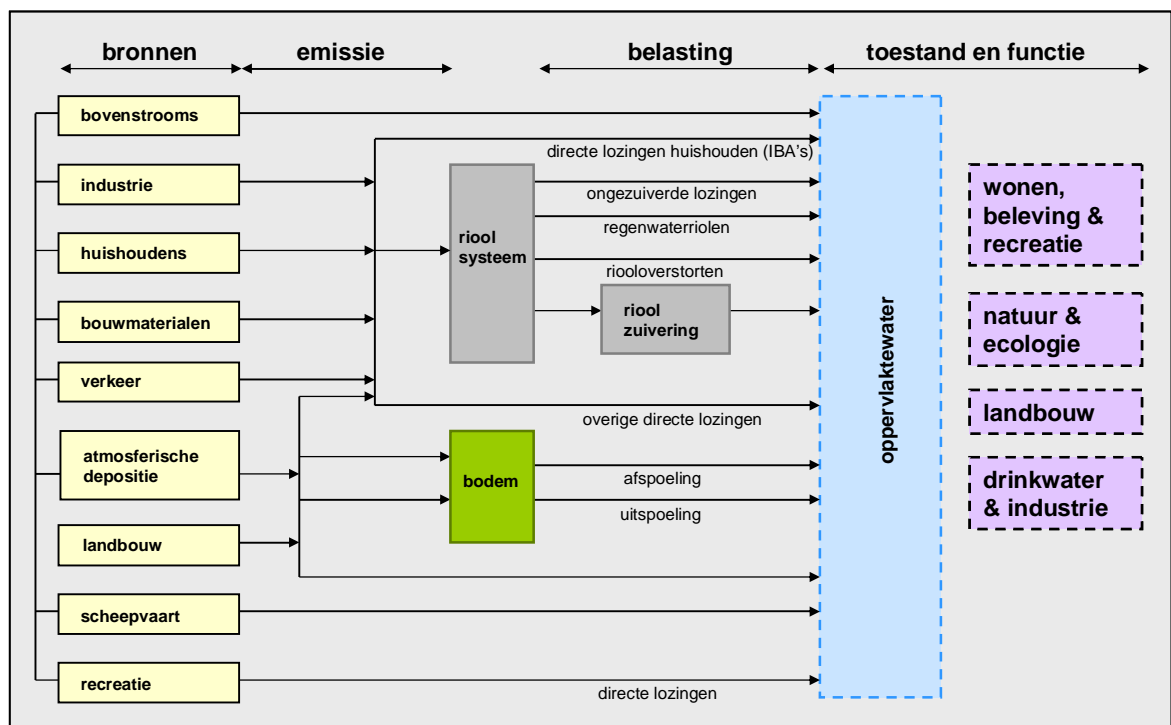
'Kwaliteit van oppervlaktewater' heeft in het bebouwde gebied vooral een esthetische betekenis en beïnvloedt de persoonlijke beleving van mensen. Deze beleving verschilt afhankelijk van het gebruik door personen van het water: hengelaars ervaren water anders dan wandelaars. Fysisch-chemische parameters als watertemperatuur, stofconcentraties, zuurgraad e.d., hebben voor inwoners nauwelijks betekenis.

Klimaatveranderingen zullen zonder twijfel leiden tot veranderingen in de waterkwaliteitsparameters. Hogere luchttemperaturen en instraling leiden tot hogere watertemperaturen; verminderde afvoer kan leiden tot stilstaand water, waarin ziekteverwekkende organismen zoals algen kunnen bloeien bij de beschikbaarheid van nutriënten. Naast de fysieke vermindering van het opgeloste zuurstofgehalte bij hogere temperaturen, kan ook hogere biologische afbraak voor grotere zuurstofconsumptie en lagere zuurstofgehalten zorgen. Deze factoren of combinaties daarvan kunnen leiden tot slechte (zwem)waterkwaliteit.

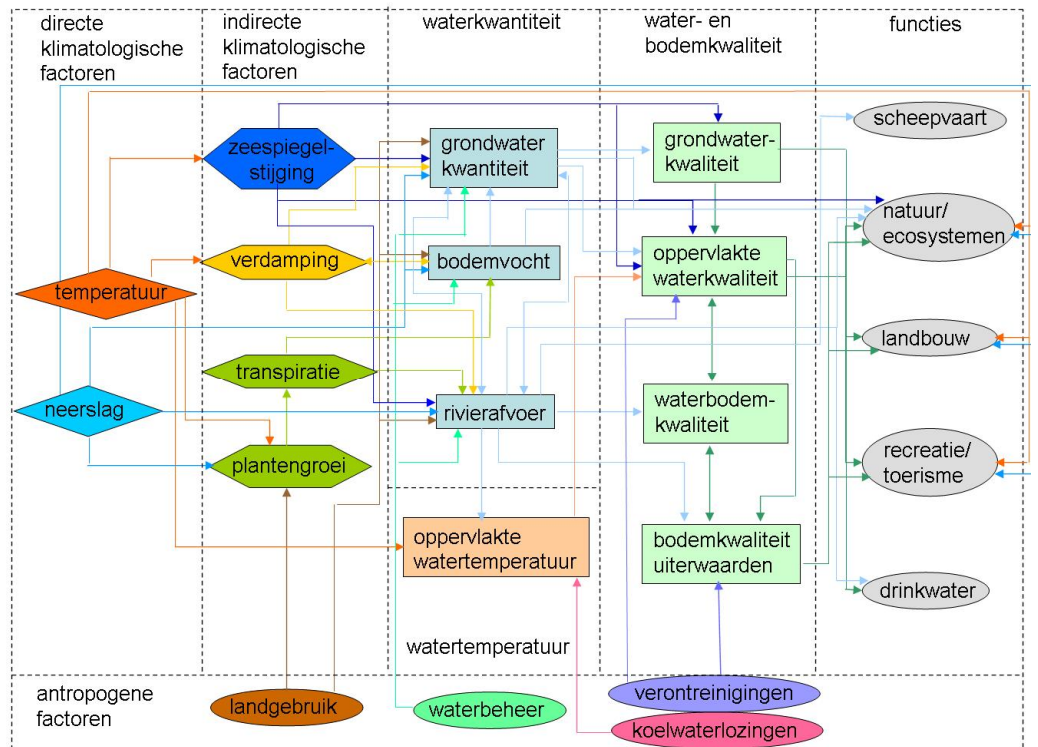
De gevoeligheid voor klimaatveranderingen varieert per watertype. Kleine zote en geïsoleerde waterlichamen ondervinden meer last van klimaatveranderingen dan grote rivieren. Effecten van klimaatverandering zijn voor de verschillende watertypen ook anders van aard: voor vennen zijn de problemen gerelateerd aan verdroging, diepere plassen en grote wateren worden bedreigd door eutrofiëring en rivieren kampen met exoten, koelwaterlozing en lage waterpeilen in de zomer. In regionale wateren zal meer zoutindringing optreden door verminderde afvoer en zeespiegelstijging.

Om de relaties met waterkwaliteit binnen het watersysteem te verduidelijken, kan het systeem worden opgedeeld in verschillende compartimenten: de bron-

nen, de emissies, de belasting en de functies. Verschillende bronnen (industrie, huishoudens, landbouw) emitteren een veelheid aan stoffen naar het oppervlakte systeem die gezamenlijk de belasting vormt. De belasting van het oppervlakte systeem heeft invloed op de toestand van het systeem, in relatie tot de functie die het oppervlaktewater moet vervullen. Vier functies zijn te onderscheiden: wonen, beleving en recreatie; natuur en ecologie; landbouw; en industrie en drinkwater. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de functie wonen, beleving en recreatie. Figuur 58 geeft weer via welke routes bronnen de vier functies beïnvloeden. In Figuur 59 is aangegeven via welke routes klimaatverandering effect kan hebben op waterkwaliteit en daarvan afhankelijke functies.



Figuur 58: Waterkwaliteitsaspecten van bron tot oppervlaktewatersysteem (Folmer et al., 2009)



Figuur 59: routes waarlangs klimaatfactoren effect hebben op waterkwantiteit en vervolgens de waterkwaliteit en daarvan afhankelijke functies.

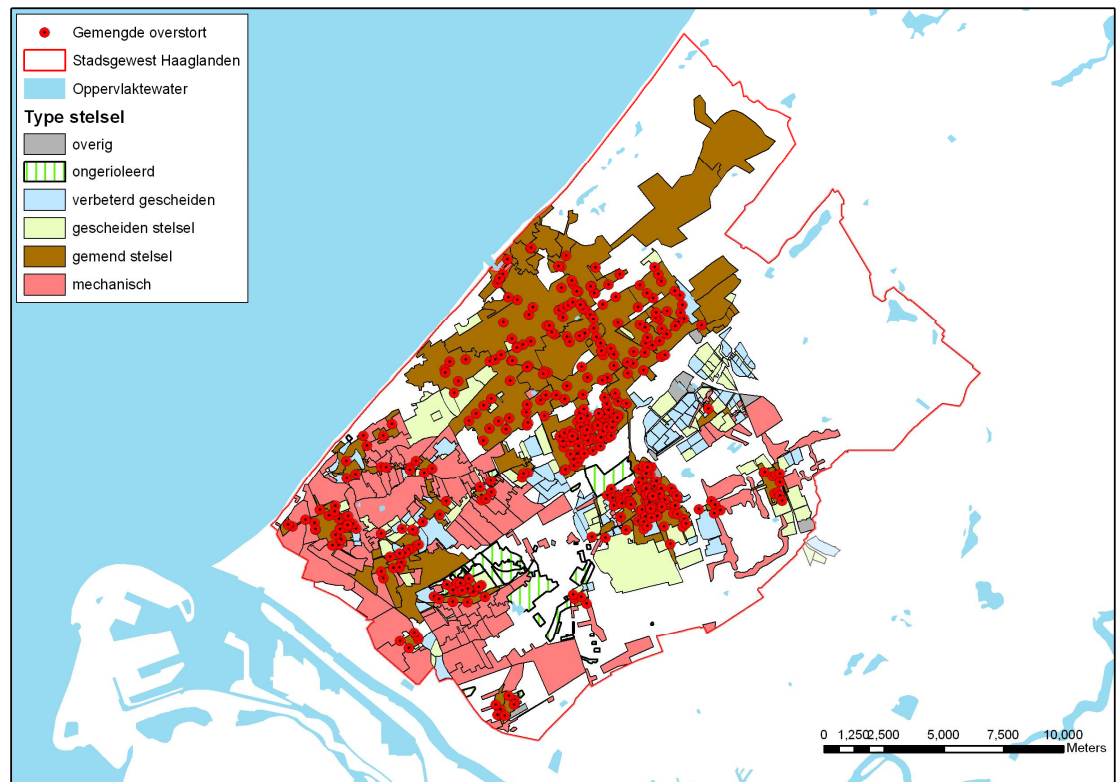
8.2 Belangrijke punten van zorg

Er zijn vijf zorgpunten die beïnvloed worden door klimaatverandering:

- Riiooloverstort en waterzuivering
- Stijging watertemperatuur
- Zwemwater
- Voorkomens van exoten in het aquatisch systeem
- Beleving van water in bebouwd gebied.

8.2.1 Riiooloverstort en waterzuivering

De meest veronderstelde oorzaak van vissterfte in woonwijken is de zuurstofdip die volgt op de lozing van ongezuiverd afvalwater via overstort. In de huidige situatie leiden extreme neerslaggebeurtenissen in gemengde rioolstelsels tot water op straat en overstortingen. Deze overstorten bevinden zich met name in de oudere wijken (Figuur 60).



Figuur 60: Locatie van gemengde overstorten en rioolstelseltypes in Hoogheemraadschap Delfland.

Klimaatverandering leidt naar verwachting tot een toename van intensiteit én aantal piekbuien. Hierdoor zal ook het volume overstortwater toenemen. Dit leidt tot een grotere belasting van het oppervlaktewater met zuurstofconsumerende stoffen. De zuurstofconcentratie daalt na afloop van overstortingen als gevolg van de afbraak van zuurstofconsumerende stoffen. Door de hogere temperatuur van het oppervlaktewater zal de afbraak van zuurstofconsumerende stoffen sneller verlopen, waardoor de zuurstofconcentratie sneller daalt. In warmer water lost bovendien minder zuurstof op. De combinatie van bovenstaande effecten leidt ertoe dat de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater vaker, sneller en sterker afneemt als gevolg van overstortingen uit het rioolstelsel. Deze lage zuurstofconcentraties en zuurstofloosheid leiden tot vissterfte en stankoverlast.

Tijdens een overstorting uit het rioolstelsel worden niet alleen zuurstofconsumerende stoffen geloosd, maar ook nutriënten, zware metalen, organische microverontreinigingen, zwevende stof, ziekteverwekkers en toxische stoffen. Een toename van de belasting van het oppervlaktewater met deze stoffen leidt tot een versterking van de effecten die deze stoffen hebben op de waterkwaliteit en het aquatisch ecosysteem. Hogere nutriëntenconcentraties leiden tot een versterkte algengroei en daarmee tot een vertroebeling van het water en het uitblijven van waterplantengroei. Zware metalen en organische microverontreinigingen accumuleren in de waterbodem. Deze ziekteverwekkers en toxische stoffen zijn schadelijk voor mens en dier.

De afvalwaterketen, bestaande uit de rioolstelsels, de AWZI's en het oppervlaktewater waarop overstortwater, effluent en neerslagafvoer geloosd worden, dient in onderlinge samenhang bekeken te worden. De berging, afvoercapaciteit en zuiveringscapaciteit van AWZI, riolering en oppervlaktewater zijn op elkaar afgestemd. De afvalwaterketen vervult bovendien meerdere functies tegelijk, die soms strijdig zijn met elkaar (inzamelen en behandelen van afvalwater versus berging en afvoer van overtollige neerslag).

Door het afkoppelen van verhard oppervlak van de riolering en het aanleggen van gescheiden en verbeterd gescheiden rioolstelsels wordt een groter deel van de neerslag direct op het oppervlaktewater geloosd, zonder opmenging met huishoudelijk afvalwater. Dit betekent ook dat het aanbod van regenwaterafvoer bij AWZI's daalt. Bodemdaling, zetting en variatie in de grondwaterstanden als gevolg van klimaatverandering kunnen ook van invloed zijn op de fysieke conditie van het rioolstelsel (verzakking, dode berging, leidingbreuk).

Door de hogere temperatuur neemt de biologische activiteit toe. De oplosbaarheid van zuurstof neemt af bij hogere temperaturen, waardoor het mogelijk meer energie kost om zuurstof in te brengen in het water. De concentratie van zuurstofconsumerende stoffen in overstortwater worden tot op heden vaak als een constante beschouwd: een groter volume overstortwater leidt dan automatisch tot een grotere vuiluitwerp. Meetgegevens wijzen echter uit dat de concentraties sterk kunnen variëren. De factoren die leiden tot die variatie zijn nog onvoldoende in beeld gebracht. Effecten van klimaatverandering op de concentraties van stoffen in het overstortwater zijn daarom lastig vast te stellen. De hogere temperaturen versnellen mogelijk ook de afbraakprocessen in het riool zelf. Bij langdurige, intensieve regenval volgt na de first-flush (waarbij het riool wordt schoongespoeld) mogelijk een periode waarin het overstortwater schoner is. Het verdient de aanbeveling om de samenstelling van het overstortende rioolwater te bemeten in een landelijk onderzoek (Stowa / Rioned).

8.2.2 Stijging watertemperatuur

Zuurstofgebrek treedt ook op bij te hoge temperatuurstijging van het (in de zomer stilstaande) oppervlaktewater in de wijken. Botulisme –dat ook leidt tot vissterfte- kan het gevolg zijn. Klimaatverandering vergroot de kans op zuurstoftekorten en botulisme in oppervlaktewater. Tekorten in wateraanvoer beperken nog eens de bestrijding ervan door middel van doorspoeling. Ook het zogenaamde 'hitte-eiland-effect' maakt juist de bebouwde omgeving extra kwetsbaar voor zuurstoftekorten en botulisme, doordat de stad harder opwarmt dan het land. In detailstudies moet dan ook rekening worden gehouden met een sterkere opwarming voor stedelijk oppervlaktewater dan door de algemene klimaatscenario's wordt voorspeld.

Algenbloei, drijfvlagen en/of een kroosdek hangen samen met voedselrijkheid van het water, (gebrek aan) waterbeweging en waterversing. Klimaatverandering heeft een versterkend negatief effect op deze drie factoren. Watertekorten (in zomer) leiden vaker tot langdurig stilstaand water in de wijken. Het

'overall' eutrofiërende effect van klimaatverandering zal algenbloei en het voorkomen van drijfslagen netto versterken.

8.2.3 Zwemwater

Op een zomerse dag zoeken veel mensen verkoeling in een zwemplas. Zwemmen in oppervlaktewater is niet te vergelijken met het zwemmen in een zwembad. Het water in een zwembad wordt voortdurend gezuiverd, terwijl de kwaliteit van een zwemwaterplas zeker in een warme periode in de zomer, snel kan veranderen.

Bij zwemmen in een plas, wordt er meestal niet aan gedacht dat het water gevolgen kan hebben voor de gezondheid. Mensen die gaan zwemmen in open water, moeten alert zijn. Er kunnen zich stoffen in het water bevinden die effect hebben op de gezondheid. Blauwalgen kunnen bijvoorbeeld huidirritatie, hoofdpijn, oorpijn, keelpijn, misselijkheid, diarree, koorts en zere ogen veroorzaken. Niet alleen een slok water, maar ook contact met het water kan dan al slecht zijn voor de gezondheid. Vooral kleine kinderen zijn kwetsbaarder omdat ze eerder water binnenkrijgen en sneller ziek worden door vergiftiging.

In door extremere neerslag in de zomer neemt de overstortfrequentie van de gemengde rioolstelsels toe. Door klimaatverandering neemt ook het aantal recreanten in en om het water toe. Dit zijn twee oorzaken waardoor meer fecale verontreinigingen in het water terecht komen. In het deel van Stadsgewest Haaglanden dat binnen het Waterschap Rijnland ligt zal ook het aandeel AWZI effluent in het oppervlaktewater toe. In Haaglanden wordt dit effluent op de Noordzee geloosd. Bovendien neemt droge zomers de doorspoeling van zwemplassen af waardoor de verblijftijd toeneemt. Dit leidt tot een toename van het aantal pathogenen, bacteriën en virussen.

Het beleid is alleen gericht is op officiële zwemlocaties. In de officiële zwemlocaties wordt alleen op de dagen dat extreem veel mensen verkoeling in het water zoeken een verhoging van de fecale verontreinigingen verwacht. Verscherpt toezicht en gerichte intensivering van de monsternamen is daarom aan te bevelen.

Effect van klimaatverandering

Het zwemseizoen loopt jaarlijks van 1 mei tot 1 oktober. Gedurende deze periode controleren de provincies de verschillende officiële openbare zwemlocaties. Het is te verwachten dat in de toekomst het zwemseizoen langer wordt en er al in april gezwommen kan worden in buitenwater. Daarmee neemt de noodzakelijke monitoringsinspanning toe.

In alle klimaatscenario's neemt de temperatuur toe. Door het warmere weer zullen zwemplassen vaker en intensiever bezocht worden. Dit heeft een toename van het aantal ziektekiemen in het water tot gevolg. Ook de watertemperatuur zal toenemen. Hierdoor zijn de omstandigheden voor blauwalgen beter. Klimaatverandering zet de zwemwaterkwaliteit in de beheersgebieden van de waterschappen daarmee verder onder druk. Naar verwachting zal er vaker,

eerder en langduriger een zwemverbod ingesteld moeten worden (Deltares, 2009). Waarschijnlijk heeft dit tot gevolg dat inwoners gebruik gaan maken van alternatieve zwemlocaties waar de druk dan zal toenemen. In de regio Haaglanden zal echter ook vaker uitgeweken worden naar de Noordzee.



Figuur 61: Invloedsfactoren fecale verontreiniging (Folmer et al., 2009)

De meeste ziekteverwekkers die in mensen en dieren voorkomen en indicator zijn voor fecale verontreiniging sterven eerder af in warmer water. Aan de andere kant nemen amoeben en andere ziekteverwekkers toe in warm water. Er zal een verschuiving in ziekteverwekkers plaatsvinden richting amoeben en zwembadbacterie, welke oor- en slijmvliesklachten geeft. Door klimaateffecten kunnen plaagalggen en bacteriën die nu nog niet veel effect hebben een probleem worden. Ook zijn al nieuwe, tropische soorten blauwalgen (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in Nederland aangetroffen die giftig zijn (Deltares, 2009).



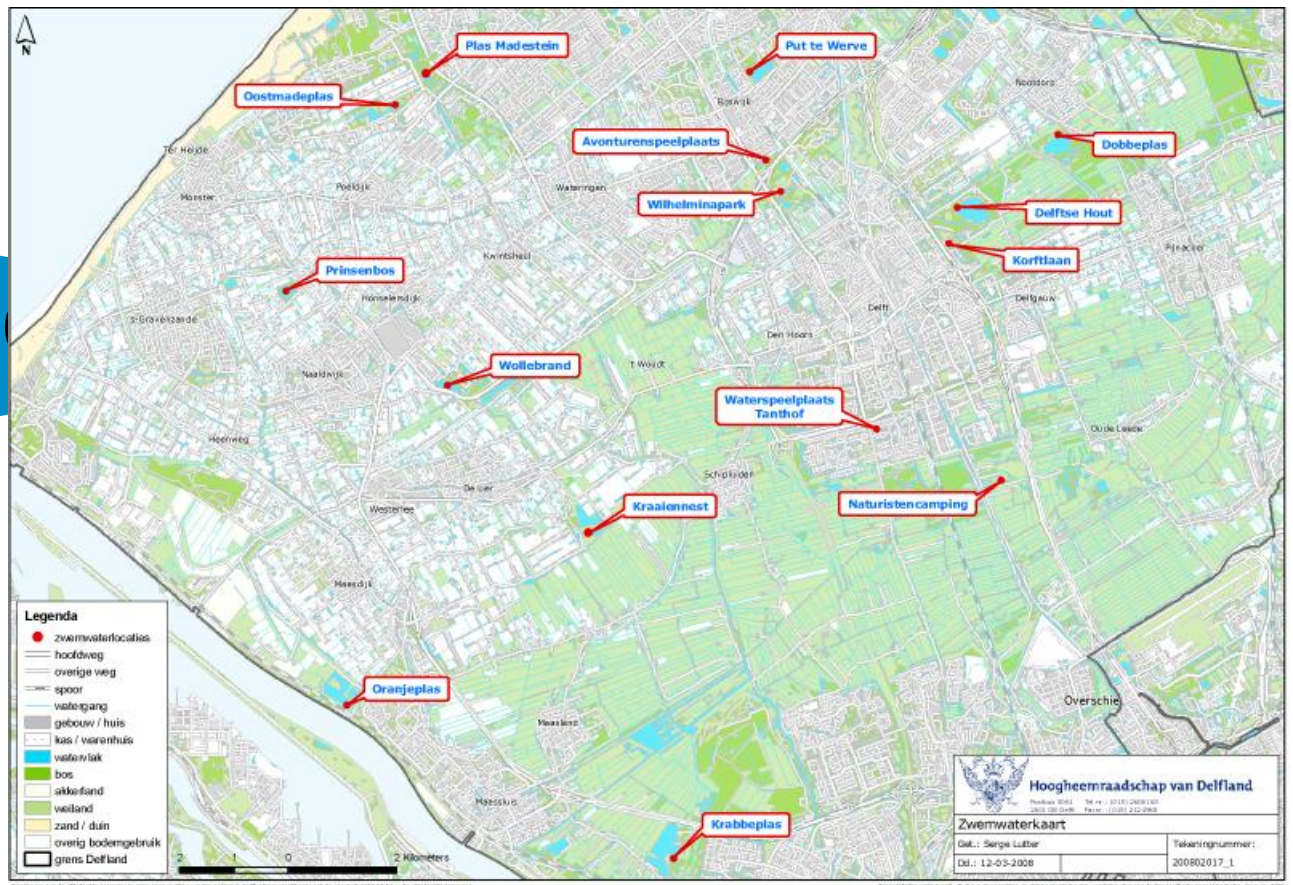
Figuur 62: Blauwalgen en zwemwater (bron: www.Gelderland.nl)

Daarnaast zal een toename van het aantal zwemmers ook een toename van cosmetica en farmaceutische stoffen in het water tot gevolg hebben. Veel cosmetica en medicijnen zijn weliswaar op dieren getest, maar de effecten bij diffuse verspreiding in ecosystemen zijn vaak onbekend. Met name de effecten van nano-deeltjes van titaniumoxide in zonnebrandcrème zijn onderwerp van studie omdat nadelige effecten op het ecosysteem-functioneren verwacht worden.

Monitoring zwemwaterlocaties

Het officiële zwemseizoen voor natuurwater loopt van 1 mei tot oktober. In deze periode wordt elke twee weken de waterkwaliteit gemeten van meer dan 100 locaties in Zuid-Holland. De provincie controleert alleen officiële zwemwaterlocaties, die zijn aangegeven op de kaart. Zwemmers kunnen zich het beste houden aan de officiële zwemlocaties die de provincie Zuid-Holland aanwijst. Bij de provincie kan worden geïnformeerd of zwemmen verantwoord is. Ook staan er borden bij het water die dat aangeven. In alle andere plassen, sloten en kanalen kan beter niet worden gezwommen. Het is niet zeker dat in die plassen het water schoon genoeg is.

Het water wordt onderzocht op temperatuur, bacteriën, helderheid en aanwezigheid van blauwwieren. Ook controleert Delfland op de parasiet afkomstig van watervogels die rode, jeukende bultjes op de huid veroorzaken. Is de waterkwaliteit op een bepaalde plaats te slecht om in te zwemmen, of is een locatie onveilig, dan kan de provincie maatregelen nemen. Als het nodig is stelt de provincie Zuid-Holland, in overleg met Delfland, een negatief zwemadvies of zwemverbod in.



Figuur 63: zwemlocaties in Delfland (bron: HH van Delfland).

1. Plas Prinsenbos (Naaldwijk, gemeente Westland)
2. Waterskiplas Wollebrand (Honselersdijk, gemeente Westland)
3. Oostmadeplas (Den Haag Loosduinen, gemeente Den Haag)
4. Plas Madestein (Poeldijk, gemeente Den Haag)
5. Krabbeplass (Vlaardingen, gemeente Vlaardingen)
6. Het Kraaiennest (gemeente Midden-Delfland)
7. Plas Oranjepolder (Maassluis, gemeente Rotterdam, maar eigendom gemeente Maassluis)
8. Waterspeeltuin Tanthof (Delft, gemeente Delft)
9. Waterspeeltuin Korftlaan (Delft, gemeente Delft)
10. Grote Plas Delftse Hout (Delft, gemeente Delft)
11. Zwemvijver Wilhelminapark (Rijswijk gemeente Rijswijk)
12. Waterpeelplaats Tubasingel (Rijswijk, gemeente Rijswijk)
13. Put Te Werve (Rijswijk, gemeente Rijswijk)
14. Natuurstencamping Delft (Delft, gemeente Delft)
15. Dobbeplass (Nootdorp, gemeente Pijnacker-Nootdorp)

8.2.4 Voorkomens van exoten in aquatisch systeem

Met name via temperatuurstijging creëert klimaatverandering ook kansen voor exoten, die een gevaar kunnen zijn voor het aquatisch ecosysteem. Exoten hebben door de zachtere winteromstandigheden een grotere kans om zich succesvol te vestigen. De vraag is op welk punt de ontwikkeling van exoten derma-

te ernstig zal zijn dat maatregelen moeten worden genomen (of moet worden overgegaan tot meer acceptatie). Het beleid tot dusver komt neer op het bestrijden van de exoten die het meeste overlast veroorzaken en het voorkomen van nieuwe introducties.

De belangrijkste route voor exotische waterplanten is de handel in planten voor tuincentra. Voor vissen en macrofauna is de belangrijkste route de scheepvaart en de kanalen die tussen de verschillende stroomgebieden zijn aangelegd. Het is de vraag of het mogelijk is de introducties van exoten via deze verschillende routes voor de waterbeheerder onder controle te houden zijn. Momenteel is de grote waternavel de enige plantensoort waarvan het bezit expliciet verboden is in de Flora- en faunawet. Voor de rest wordt ingezet op preventie (door communicatie) en vrijwillige afspraken.

Het wegnemen van versturende factoren op een watersysteem (eutrofiëring; ontbreken van diversiteit aan (micro)habitats) zorgt ervoor dat het watersysteem robuust is. De inheemse soorten hebben daardoor een grote kans om de concurrentiestrijd van exoten te winnen en op deze manier te voorkomen dat de exoten uit kunnen groeien tot een plaag.

Sommige exoten zijn al zo lang in Nederland dat ze niet meer als zodanig worden beschouwd (karper, snoekbaars). Dit komt mede doordat ze beperkt tot geen overlast veroorzaken. Acceptatie van exoten en het aanpassen van de doelstellingen is dus ook reële een mogelijkheid.

8.2.5 Beleving van water (stedelijk gebied)

Er zijn twee voorname problemen te onderscheiden die door klimaatverandering tot knelpunten voor de beleving van water kunnen leiden: blauwalgen en fecale verontreinigingen.

De verwachte toename van blauwalgenoverlast vormt een belangrijk aandachtspunt voor de waterbeheerder. Blauwalgen zullen vroeger in het jaar, intensiever en langduriger een probleem vormen dan voorheen. Klimaatverandering heeft dezelfde expressie van effecten op het ecosysteem als het bekende probleem van eutrofiëring. Hierbij moet bedacht worden dat de curatieve maatregel 'doorspoelen', door een afname van waterbeschikbaarheid, vaker geen oplossing zal bieden.

Mogelijke aangrijpingspunten voor de waterbeheerder zijn:

- Terugdringen van externe belastingen met nutriënten (landbouw, rwi's, overstorten)
- Retentie vergroten (wegvangen nutriënten)
- Interne eutrofiëring voorkomen (baggeren)
- Verbliftijd verkleinen (doorspoelen) als voldoende water aanwezig
- In noodgevallen curatieve methoden als Phoslock om fosfor te binden.

Als gevolg van verminderde waterverversing door toenemende droogte kan de fecale verontreiniging van water toenemen. Samen met de toenemende vraag naar recreatiewater en zwemwater kan dit een knelpunt opleveren. Ook water zonder officiële zwemwaterfunctie is een belangrijk onderwerp voor waterschappen en gemeentes. Vijf factoren spelen een rol bij de ernst van fecale verontreinigingen:

- doorspoeling met vers water
- verblijftijd van het water
- aandeel AWZI (alleen Rijnland)
- aantal zwemmers
- frequentie riooloverstortingen.

8.3 Beleidslijnen en -instrumenten voor waterkwaliteit

Als gevolg van de complexiteit van de routes en mechanismen die van invloed zijn op de waterkwaliteit, is ook het beleidsveld gecompliceerd. Via uiteenlopende beleidslijnen werkt de overheid aan het in stand houden en verbeteren van de waterkwaliteit:

- Gebiedsgericht KRW-beleid
- De watertoets (het ruimtelijk spoor)
- Stimuleren afkoppelen
- Waterzuivering
- Vergunningverlening & handhaving
- Beheer en onderhoud (ook baggeren)
- Versterken lokale samenwerking .

In de handhaving en uitvoering van al dit beleid moet rekening worden gehouden met de effecten van klimaatverandering. De belangrijkste instrumenten en beleidslijnen zijn hieronder beknopt beschreven, toegespitst op het thema waterkwaliteit.

Gebiedsgericht KRW-beleid

De Europese verplichtingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) richten zich op het bereiken van de Goede Ecologische en Chemische Toestand voor oppervlaktewaterlichamen. Het woord 'klimaat' komt echter als zodanig niet voor in de basistekst van de KRW. De basistekst is echter abstract, het is nu van belang dat klimaat(verandering) wel meegenomen wordt bij de formulering van stroomgebiedsbeschrijvingen, stroomgebiedsplannen en monitoringsplannen (Veraart en Westein 2005).

De watertoets

De watertoets is het werkproces waarin de waterschappen en gemeenten samen zorgdragen voor een waarborg van 'waterbelangen' in nieuwe stedenbouwkundige ontwikkelingen. In dit 'ruimtelijk spoor' hebben de waterschappen o.a. invloed op kwaliteitsaspecten van stedelijk water (mooi water), de

verwerkingswijze van afvalwater- en regenwaterstromen en andere waterkwaliteitsaspecten.

Stimuleren afkoppelen verhardingen

De waterschappen stimuleren afkoppelen van verharde oppervlakken. Voor waterkwaliteit betekent dit:

- Schoner effluent
- (Nutriëntenarm) regenwater als bron voor stedelijk water
- Afname ongezuiverde lozingen(overstorten).

Gemeenten werken (gestaag want kostenverantwoord) aan de ombouw van hun gemengde rioolstelsels naar aparte riolen voor afvalwater en regenwater. Naar verwachting (dynamiek stedelijk gebied / levensduur riolering) zal in 2050 veel verhard oppervlak afgekoppeld zijn.

Waterzuivering

Schoner effluent van de AWZI leidt tot een schonere basiswaterkwaliteit van oppervlaktewater. Beide AWZI installaties in Stadsgewest Haaglanden (Houtrust en Harnaschpolder) lozen op buitenwater waardoor deze weinig invloed hebben op de waterkwaliteit. Alleen de kleine AWZI (1300 inwoner equivalenten) in kern Stompwijk (Leidschendam-Voorburg) loost effluent op het oppervlaktewater.

Beheer en onderhoud

Vraagstukken over waterbeleving zijn vaak terug te voeren tot de wijze van beheer en onderhoud. (Veel voorkomende) baggerachterstanden zijn illustratief voor onderhoudsvraagstukken die leiden tot (zeer) onaantrekkelijk oppervlaktewater.

Vergunningverlening en handhaving

Via het 'spoor' vergunningverlening en handhaving' zien waterschappen (en provincie en gemeenten) toe op lozing van afvalwater. Voor lozingen in bebouwde gebieden gaat het dan vooral om het reguleren van overstortfrequenties van gemeentelijke rioolstelsels. Veel gemeenten hebben inmiddels geïnvesteerd in het voldoen aan de zgn. basisinspanning. Door de genomen maatregelen storten riolen nu minder vaak over op het oppervlaktewater.

8.4 Conclusies

Waterkwaliteit komt onder druk te staan door klimaatverandering. Dit wordt met name veroorzaakt door:

- Toenemende watertemperatuur leidt tot een lager zuurstofgehalte van het oppervlaktewater. Dit leidt tot verminderde afbraak, mogelijke vissterfte en toename van blauwalg. In combinatie met een verminderde doorspoeling door droogte zal de oppervlaktewaterkwaliteit afnemen.
- Overstortwater uit de riolering blijft een aandachtspunt. Via het waterkwaliteitsspoor is al veel verhard oppervlak afgekoppeld en zijn extra (berg-bezink)voorzieningen geplaatst. Door toename van de oppervlaktewater temperatuur (verminderde zuurstof concentratie) en toenemende extreme neerslag blijft het werken richting een robuuster systeem een opgave.
- De zwemwaterkwaliteit in de zomer gaat waarschijnlijk achteruit door stijgende temperatuur, verminderde doorspoeling en grotere recreatiedruk, waardoor zwemverboden eerder in zullen gaan. Hierdoor zal waarschijnlijk naar alternatieve zwemlocaties uitgeweken worden, waar vervolgens ook de druk op de waterkwaliteit zal toenemen.
- Stijging van de oppervlaktewatertemperatuur zal de kans op een succesvolle vestiging van exoten in het aquatisch systeem doen toenemen. Dit kan mogelijk leiden tot overlast. Het wegnemen van versturende factoren (eutrofiering; ontbreken van diversiteit aan habitats) zorgt ervoor dat het watersysteem robuust is, waardoor de kans op het uitgroeien van exoten tot een plaag vermindert.

De volgende voor de adaptatiestrategie relevante kennisvelden zijn gesignaleerd:

- Veel effecten van klimaatverandering op afzonderlijke aan waterkwaliteit gerelateerde aspecten (bijvoorbeeld effect temperatuurstijging op oplosbaarheid van zuurstof) zijn bekend. De totale uitwerking van al deze aspecten op de waterkwaliteit, is nog onduidelijk.
- De concentraties van stoffen kunnen sterk variëren. De factoren die dit beïnvloeden zijn nog onvoldoende in beeld gebracht, waardoor de effecten van klimaatverandering op de concentraties van deze stoffen in o.a. overstortwater lastig zijn vast te stellen. Bij langdurige, intensieve regenval volgt bijvoorbeeld na de 'first-flush' mogelijk een periode met schoner overstortwater, anderzijds kunnen drempelwaarden in de afvoersnelheid overschreden worden waardoor extra slib loskomt. Het verdient aanbeveling om de samenstelling van het overstortende rioolwater te bemeten in systematisch onderzoek
- Veel cosmetica en medicijnen zijn weliswaar op dieren getest, maar de effecten bij diffuse verspreiding in ecosystemen zijn vaak onbekend. Bijvoorbeeld de effecten van nano-deeltjes van titaniumoxide in zon-

nebrandcrème zijn onderwerp van studie omdat nadelige effecten op het ecosysteem-functioneren verwacht worden.

Momenteel voert het Hoogheemraadschap voor verschillende gebieden zogenaamde Watergebiedsstudies uit waarin het watersysteem in zowel het functioneren voor waterkwantiteit als waterkwaliteit wordt doorgelicht. In deze studies wordt rekening gehouden met de klimaatverandering voor 2050. In de komende jaren worden alle gebieden in watergebiedsstudies onderzocht. Zodra uit deze studies nieuwe inzichten voortkomen kunnen deze worden gebruikt voor het nader invullen van de regionale adaptatiestrategie.

Deel C: Klimaatverandering en prominente functies

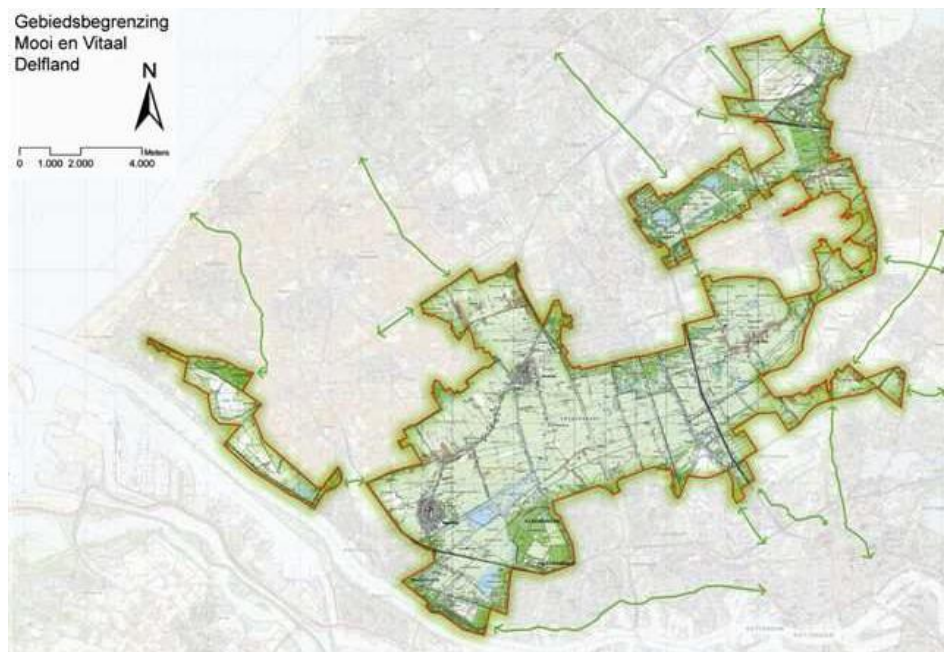
126



9 Buitengebied – ‘Gras’

Dit hoofdstuk beschrijft de gevolgen van klimaatverandering voor het grasgebied in de regio Haaglanden. Met ‘het grasgebied’ bedoelen we alles wat geen stedelijke, glastuinbouw of waterfunctie heeft. Het betreft dus de grondgebonden landbouw, natuur (EHS), bos en groengebieden buiten de EHS. We analyseren wat de kansen en risico’s zijn voor landbouw, natuur en recreatie bij klimaatverandering. Daarvoor is een benadering gehanteerd die combinaties maakt van enerzijds de gevoeligheid van de functie en anderzijds de kans op het optreden van een bepaald klimaatgedreven effect. Uit deze analyse volgen zo concreet mogelijke aanbevelingen ten aanzien van adaptatieopties. Deze opties vormen bouwstenen voor de regionale adaptatiestrategie die de komende jaren vorm gegeven zal worden. Hieronder beschrijven we eerst de gevolgen van klimaatverandering voor respectievelijk landbouw, natuur en recreatie.

Het grasgebied in Haaglanden heeft naast een landbouwkundige en ecologische betekenis vooral ook een belangrijke landschappelijke en cultuurhistorische waarde. In de sterk verstedelijkte zuidvleugel van de Randstad zijn gebieden als Midden Delfland en de Groenblauwe Slinger van eminent belang voor de leefkwaliteit en beleefbaarheid van het landschap in de regio. Juist vanwege deze kwaliteiten vormt dit gebied een onderdeel van het Randstad Urgent programma (Mooi en Vitaal Delfland).



Figuur 64: Gebiedsbegrenzing Mooi en Vitaal Delfland

Tijdens de eerste workshop (Arena) met de stakeholders uit de regio zijn de doelstellingen voor dit gebied kernachtig verwoord in drie statements die we in dit hoofdstuk verder als leidraad zullen hanteren:

1. Hoe houden we de koe in de wei
2. Hoe blijft de orchidee in de natuur
3. Hoe houden we de recreant op de fiets.

In onze analyse gaan we in op de vraag in hoeverre klimaatverandering van invloed is op het behalen van deze drie doelen voor het gebied.

9.1 Landbouw

9.1.1 Huidig beleid en voorziene knelpunten

De grondgebonden landbouw, en dan specifiek de melkveehouderij, is een belangrijke drager van het landschap in de regio Haaglanden. De grondgebonden landbouw is voor het overgrote deel geconcentreerd in Delfland. In het Randstad Urgent project Mooi en Vitaal Delfland wordt getracht de volgende doelen te bereiken:

1. het duurzaam in stand houden en ontwikkelen van het weidse landschap en de mooie natuur
2. het verbeteren van het beheer van het landelijke gebied
3. het opknappen van het landschap en het uitbreiden van het groen
4. het verbeteren van de agrarische structuur en het in stand houden van de veehouderijsector
5. het verbeteren van de bereikbaarheid van het landelijke gebied voor recreanten
6. het geven van meer bekendheid aan het weidse landschap en de mooie natuur
7. het versnellen van de uitvoering van concrete plannen voor verbetering van het landschap, de natuur, de waterhuishouding, het recreatieaanbod en de bereikbaarheid voor recreanten.

In de regionale structuurvisie wordt het belang van het landelijk gebied onderschreven en in verband gebracht met de (be)leefbaarheid van de regio. De melkveehouderij wordt onmisbaar geacht voor het behoud van het weidelandschap. De weidegebieden in de regioparken Midden-Delfland/Oude-Leede en Duin, Horst & Weide vormen een waardevol onderdeel van de Haaglandse groenstructuur. Planologische bescherming alleen kan hier echter niet volstaan. De melkveehouderij vormt een onmisbare basis voor de kwaliteit van het weidelandschap, maar kan deze niet duurzaam waarborgen. De opgave is te komen tot een ontwikkeling van de weidegebieden die ervoor zorgt dat de landbouw economisch kan functioneren en zijn rol als landschapsbeheerder kan blijven waarmaken. De nieuwe agrarische ondernemer zal ook stedelijke diensten leveren (Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020).

Voorziene knelpunten

Het belang van de melkveehouderij als drager van het landschap wordt duidelijk onderschreven, maar tegelijkertijd wordt onderkend dat de positie van de melkveehouderij als economische drager wankel is en afhankelijk is van het leveren van diensten en het verwerven van neveninkomsten. De vraag die wij hier verder zullen adresseren is of deze positie van de melkveehouderij als drager van het landschap door klimaatverandering verder onder druk komt te staan, of mogelijk ook kan profiteren door in te spelen op klimaatverandering.

9.1.2 Klimaateffecten landbouw

Klimaat heeft een directe relatie met de landbouw sector. Een verandering van het weer kan namelijk directe gevolgen hebben voor de productie, de kwaliteit van het producten en daarmee op het inkomen. De aard en de impact van klimaatindicatoren kan per teelt en bedrijfssysteem heel verschillend zijn. Het toekomstige klimaat vormt een randvoorwaarde waarbinnen de landbouw zich moet ontwikkelen. De belangrijkste effecten van klimaatverandering voor de landbouw zijn:

1. Weersextremen (extreme neerslag, droogte, hagel en storm)
2. Geleidelijk veranderende hydrologische veranderingen
3. Temperatuurstijging
4. Verlenging van het groeiseizoen
5. Vermestend effect van CO₂
6. Ziekten en plagen

Weersextremen veroorzaken over het algemeen de grootste productieschade die bovendien incidenteel en plotseling van aard is. Hagel, hevige neerslag, droogte en extreme hitte zorgen voor oogstreductie en kwaliteitsverlies van de producten. In deze paragraaf gaan we daarom dieper in op de vraag wat de mogelijke gevolgen van klimaatverandering op de frequentie van weersextremen kan zijn. We leggen ons in deze regiospecifieke verkenning vooral toe op de analyse van de gevolgen van veranderingen in weersextremen. Het is bekend dat het voorkomen en de intensiteit van extreme buien zal gaan toenemen. Daarnaast zal het aantal hittegolven gaan toenemen waardoor de hiermee geassocieerde problemen groter zal worden (Schaap, Blom-Zandstra et al. 2009).

Analyse in de breedte

Door geleidelijke veranderingen in de hydrologie is sprake van een aantal meer sluimerende effecten die over meerdere jaren genomen gevoeld zullen gaan worden. Op basis van de voorgaande hoofdstukken beschreven effecten wordt hier aangegeven hoe dit mogelijkerewijs consequenties kan hebben voor het functioneren van de grondgebonden landbouw. Omdat de effecten van klimaatverandering op overlast, verzilting en watervoorziening al uitvoerig zijn behandeld, volstaan we hier met het presenteren van de belangrijkste implicaties voor het landbouwgebied. We zoomen in paragraaf 9.1.3 wel verder in op het mogelijk vaker optreden van weersextremen.

Wateroverlast

In het hoofdstuk Wateroverlast bleek dat bij het natte scenario (W) vooral de wateropgave voor grasland en glastuinbouw toenemen. Ook de wateropgave voor akkerbouw en natuur neemt in dat scenario procentueel fors toe. De wateropgave schuift ten gevolge van klimaatverandering van stedelijk gebied meer naar glastuinbouw, en voor het G en W scenario ook naar grasland.

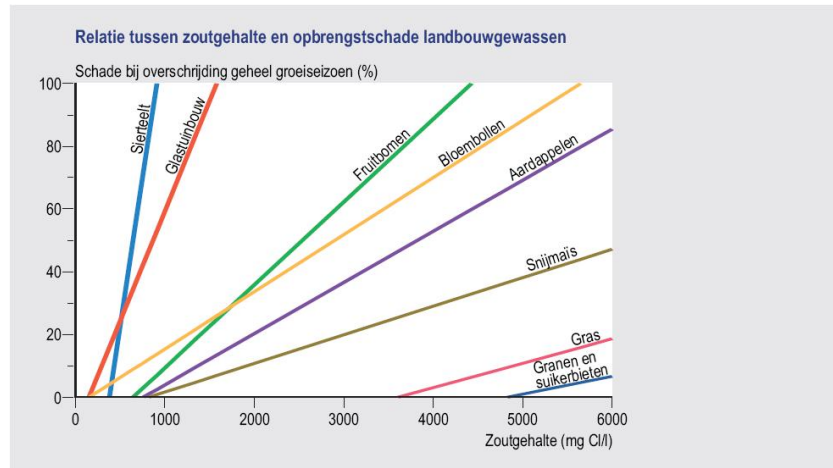
In het G+ en W+ scenario neemt de wateropgave voor grasland beperkt toe. Dit wordt veroorzaakt doordat zowel de gemiddelde neerslag als het aantal natte dagen in de zomer afnemen en bovendien de potentiële verdamping toeneemt. Hierdoor ontstaat na de zomerperiode meer bergingsruimte in de bodem, waardoor extreme neerslagebeurtenissen in het najaar minder snel tot wateroverlast lijden. Dit effect is zo groot dat in het G+ scenario de wateropgave ten opzichte van de huidige situatie daalt, althans voor grasland.

De gevolgen van wateroverlast voor de melkveehouderij zijn relatief gezien, ten opzichte van bijvoorbeeld glastuinbouw en akkerbouw, niet zo groot. Gras verdraagt een tijdelijke inundatie redelijk goed. In het project "Landbouw en klimaat in Noord Nederland" is het aspect vernatting daarom niet aangegeven als een belangrijk klimaateffect voor grasland (Schaap, et al. 2009). Met name melkveehouderijbedrijven in de veenweidegebieden krijgen wel te maken met een grotere kans op natschade, zeker wanneer sprake is van peilverhoging waardoor bewerking van het land moeilijker wordt. Door hogere grondwaterpeilen neemt ook het bergend vermogen van die gebieden verder af waardoor inundatie na zware aanhoudende neerslag vaker problematisch zal zijn. Indien op de percelen zich vaker plasdras situaties voordoen, zullen de koeien ook vaker uit de wei moeten worden gehaald om vertrapping van het gras te voorkomen. Bij een robuuster ingericht watersysteem zal de impact van klimaatverandering beperkt blijven omdat meer berging mogelijk wordt door een flexibel slootpeil en het beschikbaar stellen van laag gelegen delen van percelen waar tijdelijk water kan worden geborgen. Dergelijke aanpassingen om het watersysteem robuuster te maken en de bodemdaling te beperken stellen wel eisen aan de landbouw, die zich meer zal moeten aanpassen aan een variabele drooglegging.

Verzilting

Door interne en externe verzilting zal de zoutinvloed in het gebied onder klimaatverandering toenemen. De zoutvrachten die via opkwellend water in de regionale wateren terecht komen worden nauwelijks door klimaatverandering beïnvloed. Wel zal sprake zijn van een toenemende zoutinvloed als gevolg van het oprukken van de zouttong waardoor inlaatpunten vaker onbruikbaar kunnen worden (zie hoofdstuk 7).

De gevolgen van hogere chloridegehalten in het water zullen voor grasland niet al te groot zijn. Figuur 65 geeft de relatie tussen zoutgehalte en opbrengstschade weer. Wanneer de huidige zoetwatervoorziening van het gebied op peil kan worden gehouden zullen de chlorideconcentraties ver onder de drempelwaarde blijven voor de productie van gras. Voor gras bestaat dus een grote mate van robuustheid t.a.v. verzilting.



Figuur 65: Relatie tussen zoutgehalte en opbrengstschade (RIZA, 2004).

Wanneer we kijken naar de watervraag vanuit de landbouw, dan kan gesteld worden dat deze vraag flink toe zal nemen als gevolg van klimaatverandering, vooral in het droge W+ scenario. In een 10%-droog jaar is de over het jaar gesommeerde beregeningsgift circa 2,5 maal zo hoog als de meerjarig gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift (Veldhuizen and Bakel 2008).

9.1.3 Uitgelicht: invloed van weersextremen op productie gras

In deze studie is voor grasland de klimaatgevoeligheid bepaald. Deze gevoeligheid is vastgesteld via een combinatie van literatuurstudie en interviews met experts uit het onderzoek en de praktijk in het project Landbouw en Natuur in Noord Nederland (Schaap et al., 2009). Daarbij is vastgesteld voor welke klimaatgerelateerde factoren verschillende gewassen gevoelig zijn en in welke periodes van het jaar. Tabellen 16 en 17 geven een overzicht van de relevante factoren voor gras. De klimaatgevoelige periodes van grasland in Haaglanden zijn vervolgens bepaald door de frequentie van het voorkomen van weersextremen te bepalen op basis van +/- 100 jaar meteorologische gegevens van meetstation Valkenburg (ZH). Vervolgens zijn deze ter controle vergeleken met de meetgegevens van station Rotterdam. Om de toekomstige veranderingen in het voorkomen van weersextremen te bepalen is gebruik gemaakt van klimaat-scenario's waarbij is gekeken naar de tijdsvensters 2050 en 2100. Eventuele schade is globaal ingeschat in gesprekken met agrariërs en uitgedrukt als percentage oogstreductie of een kwaliteitsvermindering. Elk landbouwgewas heeft zijn eigen gevoeligheden en optimum wat betreft de groeiomstandigheden (bodem en klimaat). Ook zijn de drempelwaarde waarbij schade optreedt per gewas specifiek. Verder is bij de effectbepaling van belang om rekening te houden met de groeistadia van het gewas, zaaiingen hebben immers andere drempelwaarden dan bloeiende of afrijpende gewassen. Door middel van expert judgment is de gevoeligheid per gewas op verschillende teeltmomenten voor de weersextremen bepaald. Hierbij is men er vanuit gegaan dat als een gewas eenmaal dood is, de oogst voor het gehele jaar verloren is (geen tweede zaaiing). De extremen en de gevoeligheden zijn gecombineerd in een teeltkalender

per gewas, die de teeltmomenten en mogelijke beperkingen door weersomstandigheden per maand in beeld brengt. Van belang is aan te geven dat het hier gaat om klimaatfactoren die van invloed zijn op het gewas. Naast deze klimaatfactoren zijn nog meer factoren van belang, zoals mogelijkheden tot beregening, bodemtype, mestgebruik en om echt iets te kunnen zeggen over landbouwmogelijkheden zou ook gekeken moeten worden naar prijseffecten, internationale concurrentieverhoudingen, subsidies etc. Dat is in het kader van deze studie niet mogelijk en zover voert de huidige stand van de kennis nog niet. Hier geven we een indicatie van de gevoeligheid van het gewas voor klimaatfactoren die mogelijk ook een rol kunnen spelen naast alle andere factoren die van belang zijn voor de bedrijfsvoering.

Tabel 13: Teeltmomenten voor gras per maand en mogelijke beperkingen door weersomstandigheden.

Teeltmomenten	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Beperking door:
Inzaaimomenten			X	X					X				
Grasland is beweidbaar			X	X	X	X	X	X	X	X			Of er koeien in de wei kunnen hangt af van hoe nat het veld is en of de dieren veel gras vertrappen.
Maaien			X	X	X	X	X	X	X	X			Maaien in de intensieve teelt kan ongeveer ieder zes weken plaatsvinden tussen maart en oktober

Er wordt geen toename verwacht in de schaal en in de infectiekans door ziekten en plagen als gevolg van klimaatverandering. In Tabel 14 zijn de voor gras relevante klimaatfactoren weergegeven. Tevens is aangegeven in welke periode de factor een rol speelt en welke impact deze heeft op het gewas. Daarnaast is de geschatte schade aangegeven.

Tabel 14: Relevante klimaatfactoren voor de productie van gras en de impact op het gewas.

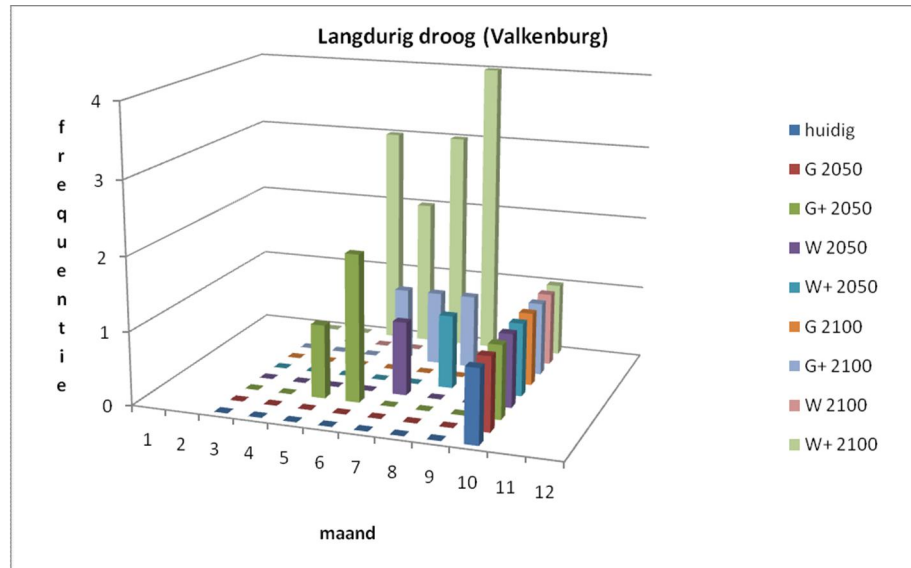
Klimaatfactor	Periode	Impact op het gewas	Grove indicatie van de opbrengstderving van (in % kg)
Tropisch en nat	april – sept	Toenemende kans op schimmels. Leidt mogelijk tot afsterving, zo blijkt uit ervaringen in Midden China.	0 - 10%
Langdurig droog	mrt – okt	Geleidelijk effect op zodekwaliteit.	5 - 10 % per maand
Zeere strenge vorst	nov – febr	Engels raaigras gaat dood; andere soorten als timothee (<i>Phelum pratense</i>) kunnen overleven: is wel een argument om timothee in mengsels op te nemen. Naarmate er meer tijd is verstreken sinds een winter met kale strenge vorst, laten boeren timothee weer weg uit mengsel.	20-40%
aanhoudend hete dagen (periode van min. 3 dagen > 30°C)	mrt – okt	Engels raaigras kan slecht tegen temperaturen boven de dertig graden. Planten kunnen afsterven waardoor de grasmat verslechterd, vooral als hoge temperatuur samen gaat met sub-optimaal management.	0-10%

Onder "tropisch nat" wordt verstaan: Minimaal op 66 % van de 3 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 30°C valt meer dan 0.5 mm/dag regen. Onder 'langdurig droog' vallen periodes van minimaal 30 dagen met minder dan 1mm/dag neerslag. Zeer strenge vorst is gedefinieerd als dagen met een minimumtemperatuur van -20 C en kouder. Aanhoudend hete dagen is gedefinieerd als een periode van minimaal 3 dagen van meer dan 30 C.

In Tabel 15 is per klimaatfactor per maand aangegeven hoe vaak deze voorkomt in een periode van 30 jaar. In de tabel zijn alleen die klimaatsfactoren meegenomen waarvoor gras gevoelig is, evenals de perioden waarin gras gevoelig is. Tropische en natte omstandigheden komen in het huidige klimaat in deze regio niet voor, evenals perioden van aanhoudend hete dagen (> 30°C) of zeer strenge vorst. Goed is te zien dat de kans op droge perioden met name in het voorjaar op treedt, maar ook in juli is er een even grote kans op droogte.

Tabel 15: Frequentie van voorkomen van klimaatfactoren in Valkenburg (ZH) gemeten door het KNMI in de periode 1976-2005 (Bron: KNMI 2008)

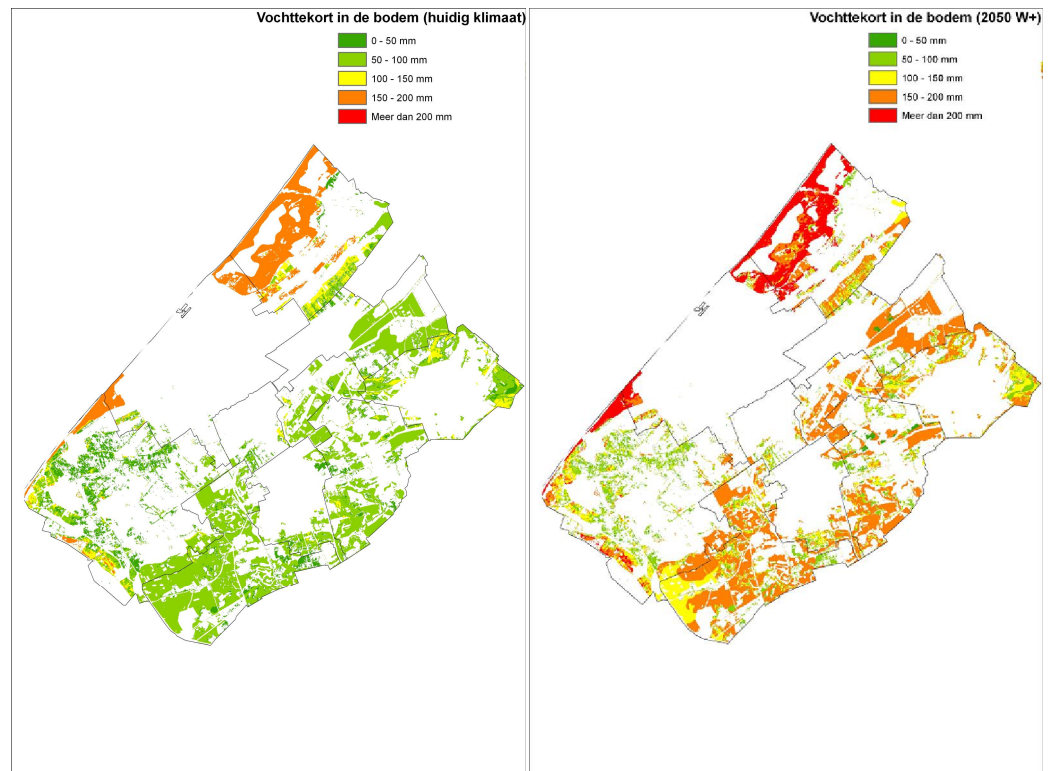
Klimaatfactor	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tropisch en nat				0	0	0	0	0	0			
Langdurig droog			4	4	4	2	4	3	2	1		
Zeere strenge vorst	0	0									0	0
Aanhoudend hete dagen				0	0	0	0	0	0			



Figuur 66: Verandering in de frequentie van het voorkomen van klimaatfactoren in Valkenburg (ZH) zoals berekend door het KNMI voor 2050 en 2100 voor de KNMI '06.

Door de afnemende zomerneerslag in de G+ en W+ scenario's en door de toenemende verdamping zal het grondwaterpeil in polders verder uitzakken en zullen naar verwachting hogere vochttekorten optreden in de zomer. In het kader van de klimaateffectatlas en het beleidsondersteunend onderzoek voor LNV (Van der Gaast en Massop, 2009) zijn effecten van toenemende verdamping en veranderende neerslagpatronen op het verloop van de verschillende indicatieve grondwaterstandparameters 'G×G' (i.c. Gemiddelde Voorjaars-Grondwaterstand GVG, Gemiddeld Laagste Grondwaterstand GLG en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand GHG) door Alterra voor de verschillende klimaatscenario's gemodelleerd. Met behulp van zogenoemde 'lineaire landsdekkende tijdreeksmodellen' zijn met een resolutie van 25×25m grondwaterstandsreeksen berekend voor het huidige klimaat en voor toekomstige klimaatscenario's. De berekende G×G-kaarten zijn vervolgens gebruikt om het effect van klimaatverandering op de vochtvoorraad in de wortelzone en op het vochttekort te bepalen. Voor onder andere gras is specifiek het vochttekort in de bodem gemodelleerd.

In Figuur 67 is weergegeven hoe het vochttekorten oplopen in het W+ scenario in 2050.



Figuur 67: Vochttekort in huidig klimaat (links) en in het W+ scenario in 2050 (bron: Van der Gaast en Massop, 2009; en klimaateffectatlas)

Uit Figuur 67 wordt duidelijk dat de vochttekorten op kunnen lopen tot zo'n 100-200 mm wat kan leiden tot gewasschade in de landbouw. Dit ondersteunt verder het beeld van de agro-klimaatkalender (Figuur 66) waarin puur vanuit de neerslagreeksen is afgeleid dat droogtestress een factor van betekenis kan worden.

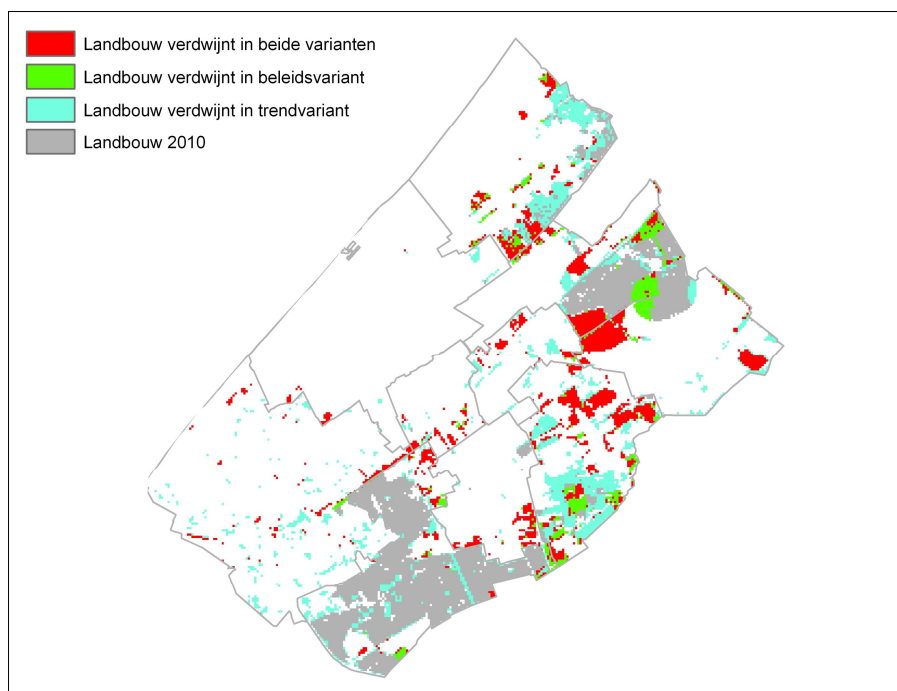
Om dit te voorkomen zal meer water moeten worden ingelaten. De aanvoer van zoet water in Haaglanden zou in de knel kunnen komen in droge zomers, zoals die van 2003. Echter, zijn er in 2003 in deze regio geen grote problemen opgetreden ten aanzien van de watervoorziening. De frequentie van optreden van droogteperiodes als die van 2003 neemt wel toe onder de KNMI'06 G+ en W+ klimaatscenario's.

9.1.4 Minder koeien in de wei

Voor landbouwsystemen betekent klimaatverandering een beïnvloeding van een aantal productiefactoren. Natschade is een toenemend risico in Haaglanden. Dit risico neemt onder het W scenario toe. Zoutinvloed neemt ook toe, maar vormt relatief gezien geen grote bedreiging. De chloridegehalten van het oppervlakte water lijken ook onder klimaatverandering nog onder de grens te blijven van wat gras kan verdragen. Wel zal er sprake zijn van een grotere doorspoelbehoefte. Daarnaast zal droogte een probleem worden. Vooral in de droge scenario's zal het grondwater verder uitzakken en treden vochttekorten in de bodem op. Melkveehouderijbedrijven zullen vaker moeten gaan beregenen en dat brengt kosten met zich mee. Ook zal de watervraag vanuit de grondgebonden landbouw toenemen. De inlaatbehoefte neemt toe, met name onder het W+ scenario. Echter is de totale watervraag vanuit grasland zeer beperkt vergeleken met de vraag vanuit de overige landgebruikfuncties in Haaglanden. Uit de analyse van weersextremen die mogelijk van invloed zijn op de melkveehouderij komt eveneens naar voren dat periodes van aanhoudende droogte de grootste bedreiging vormen. Op basis van de analyse van het meetstation Valkenburg kan niet worden vastgesteld dat de kans op ziekten en plagen door aanhoudend warme en natte condities een grotere bedreiging gaan vormen dan nu het geval is. Er zijn overigens ook positieve effecten van klimaatverandering. Zo heeft een hogere CO₂ concentratie een 'vermestend' effect waardoor gewassen harder groeien. Ook kan er sprake zijn van een verlenging van het groeiseizoen en afname van vorstschade. Concluderend stellen we dat vooral het aspect droogte een klimaatfactor is waar de grondgebonden landbouw in de regio Haaglanden rekening mee moet houden.

Trends en toekomstscenario's

Uit de beelden van de verwachte ruimtelijke ontwikkelingen (huidig, trend en beleid) blijkt duidelijk dat in beide toekomstvarianten het areaal grondgebonden landbouw behoorlijk afneemt.



Figuur 68: Afname van het areaal grondgebonden landbouw in de beide scenario's ten opzichte van de huidige situatie.

In totaal gaat het om een afname van 10.000 hectare in de huidige situatie naar 7500 hectare in de beleidsvariant en 6000 in de trendvariant. Dit areaal gaat verloren aan natuur en verstedelijking. Vanwege de waterbergingsopgave verdwijnt er (afhankelijk van het klimaat en het ruimtelijke scenario) nog additioneel areaal. Daar is sprake van een toename van de wateropgave in het grasgebied met name in het W+ scenario.

Kansen en knelpunten

Puur vanuit de landbouw bezien kunnen we stellen dat het in de toekomst moeilijker wordt om de 'koe in de wei' te zien in de regio Haaglanden. Dit heeft meerdere oorzaken. In de eerste plaats neemt het areaal grasland af zoals hierboven in beeld is gebracht. Het gaat hier om een substantiële afname van 25 tot 40 procent van het huidig areaal. Deze sterke afname in areaal betekent ook dat het voor de overblijvende landbouwers zeer lastig zal worden om hun bedrijven uit te breiden en zo concurrerend te blijven opereren. Dit zou boeren er toe kunnen aanzetten hun bedrijfsvoering te verbreden zoals in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk wordt uitgewerkt.

Naast het teruglopen van het areaal grasland zal klimaatverandering gevolgen hebben voor de bedrijfsvoering. Door droogte zullen boeren vaker moeten be-
rengen. Figuur 66 geeft weer hoe de vochttekorten voor grasland zullen oplopen onder klimaatverandering. Daardoor zal ook meer water moeten worden aangevoerd. Dit kan problematisch worden in zeer droge jaren. De belangrijkste invloeden van klimaatverandering voor het grasgebied zijn hogere temperaturen (grasland heeft te leiden onder aanhoudende temperaturen van boven 30 graden) en grotere kansen op weersextremen, zowel neerslagpieken als

droge perioden met watertekorten. Het risico voor klimaateffecten in het grasgebied is het grootst bij klimaatscenario's waarbij sprake is van een sterke stijging van de gemiddelde zomertemperatuur, daling van de zomerneerslag en lagere rivierstanden. Dit zijn vooral de '+' scenario's en daarbinnen is het risico onder het W+ scenario groter dan onder het G+ scenario. Berekend is dat de bodemdaling en ook de CO₂ emissie bij het W+ scenario in 2100 tussen 55 en 70% groter zal zijn dan nu het geval is (Jansen et al., 2009).

Deze veranderingen hebben effect op het functioneren van het watersysteem, landbouw, natuur en versterken bodemdaling en broeikasgasemissies. De problematiek van bodemdaling wordt versterkt door hogere temperaturen en een grotere kans op droogte. Dit wordt veroorzaakt doordat bodemprocessen, zoals mineralisatie, bij hogere temperaturen sneller verlopen en doordat tijdens droge periode de grondwaterstand verder zal uitzakken dan nu het geval is. Deze effecten zullen vooral optreden onder het W+ scenario. De klimaatbestendigheid van het grasgebied hangt in sterke mate samen met de inrichting en het beheer van het watersysteem. Neerslagpieken verhogen het risico van wateroverlast, vooral ook omdat de veenbodems een geringe bergingscapaciteit hebben en ook omdat de afvoercapaciteit van het boezemstelsel nu al beperkt is. Andersom zal door langduriger droogte en grotere verdamping er meer behoefte ontstaan aan inlaatwater. De vraag is of aan die toenemende behoefte altijd kan worden voldaan. Het klimaatbestendiger maken van het grasgebied gaat daarom vooral over het tijdelijk bergen van neerslagpieken (voorkomen van schade aan de landbouw en bebouwing) en het voorkómen van uitdroging van de bodem en verdroging van natuurgebieden (voorkomt bodemdaling, emissie en schade aan natuur) door water langer vast te houden in het gebied.

9.2 Natuur

De graslanden in Haaglanden worden grotendeels beheerd door melkveehouderijbedrijven. Het grasland heeft naast een landbouwkundige ook een ecologische betekenis. Strikt genomen is er in de regio Haaglanden behalve voor de duinen weinig ecologische hoofdstructuur aanwezig. Wel bevat het grasgebied belangrijke natuurwaarden. Het grasgebied bestaat veelal uit veenweidennatuur die vooral een functie heeft voor weidevogels. Typische veenweidennatuur zoals kamgraslanden, dotterbloemhooilanden en vlietlanden hebben ook een cultuurhistorische waarde. Het open landschap wordt vaak afgewisseld met lintbebouwing en moerasnatuur. De sloten, plassen, boezems, vaarten en kleine riviertjes maken het tot een nat landschap. De veenweiden kennen een sterk gereguleerd waterbeheer. In deze gebieden worden streefpeilen gehanteerd die gehandhaafd worden door overtollig water af en watertekorten aan te voeren. Het landschap bevat cultuurhistorische elementen, zowel in de woonkernen als in het landschap (Woestenburg et al, 2009). Naast de veenweidenatuur die vooral wordt aangetroffen in het gebied rond Midden Delfland, is vooral de kustnatuur van een grote ecologische betekenis.

9.2.1 Klimateffecten op natuur

De natuur gaat onder invloed van het klimaat veranderen. Klimaatverandering werkt direct door op de soortensamenstelling van ecosystemen. Daarnaast zullen de effecten van klimaatverandering doorwerken op standplaatsfactoren (bodem- en watersysteem) en daardoor op de geschiktheid van die standplaatsen (condities) voor soorten en ecosystemen veranderen. Dit heeft gevolgen voor het functioneren van ecosystemen. Niet elke soort of alle ecosystemen reageren negatief op klimaatverandering, bepaalde soorten en ecosystemen zullen juist profiteren van de nieuwe omstandigheden.

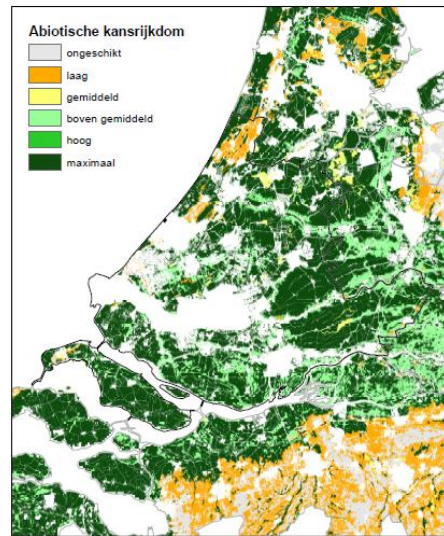
Het voorspellen van ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering is lastig en het huidig modelinstrumentarium is niet goed in staat om deze veranderingen betrouwbaar in te schatten op de lokale/regionale schaal (Witte et al., 2009). Echter, om toch een richting aan te kunnen geven voor de natuur in de regio Haaglanden is met het model NATLES in kaart gebracht hoe de kansrijkdom van natuurdoeltypen beïnvloed wordt door klimaatverandering. Daarnaast zijn de resultaten van Witte et al. (2009) in ogenschouw genomen. Het NATLES model geeft de abiotische kansrijkdom van grondwaterafhankelijke vegetaties/natuurdoelen aan op basis van een modelberekening van de standplaatsfactoren. Deze standplaatsfactoren worden berekend aan de hand van een modellering van grondwaterstanden (GVG, GLG, GHG). De veranderingen in deze grondwaterstanden als gevolg van klimaatverandering zijn gebaseerd op doorvertaling van de KNMI klimaatscenario's dmv. modelberekeningen op de GVG en GLG (Gaast, Massop et al. 2009). Hoewel deze methode duidelijk beperkingen kent (de dosis effect relaties die de basis vormen van het systeem zijn verouderd en houden geen rekening met een veranderend klimaat), kan wel een grove indicatie worden gegeven van de richting waarop natuurtypen zich zullen gaan ontwikkelen bij een veranderend klimaat.

In Haaglanden komt een beperkt aantal natuurdoeltypen voor. Voor de in Haaglanden aanwezige natuurdoeltypen worden hieronder de kansrijkdomkaarten weergegeven. Daarbij zijn natuurdoeltypen samengenomen die onder de noemer Moeras kunnen worden geschaard (Tabel 16). Hieronder valt ook de veenweide natuur zoals we die in het gebied Midden Delfland aantreffen. De reden om deze natuurdoeltypen samen te nemen is dat het NATLES model onvoldoende betrouwbaar is om uitspraken te kunnen doen op het niveau van individuele natuurdoeltypen. Door meerdere typen samen te nemen kan wel een globale indicatie worden gegeven van de dominante richting van de veranderingen.

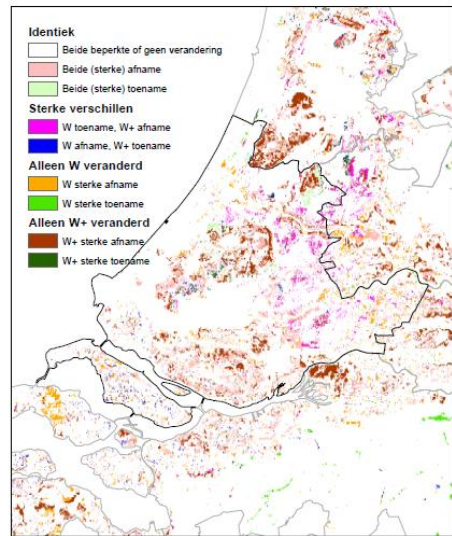
Tabel 16: De in de studie betrokken natuurdoeltypen die zijn samengenomen onder het hoofd-type Moeras.

Moeras	Moeras Bos	Wilgenstruweel
		elzen-essenhakhout en -middenbos
		park-stinzenbos
		Ooibos
		Laagveenbos
		Hoogveenbos
	Moeras Gras	Nat schraalgrasland
		dotterbloemgrasland van beekdalen
		dotterbloemgrasland van veen en klei
		Nat en matig voedselrijk grasland
		bloemrijk grasland van het zand- en veengebied
		bloemrijk grasland van het rivieren- en zeeleigebied
	Moeras	Moerassen
		natte strooiselruigte
		natte duinvallei
		trilveen
		veenmosrietland

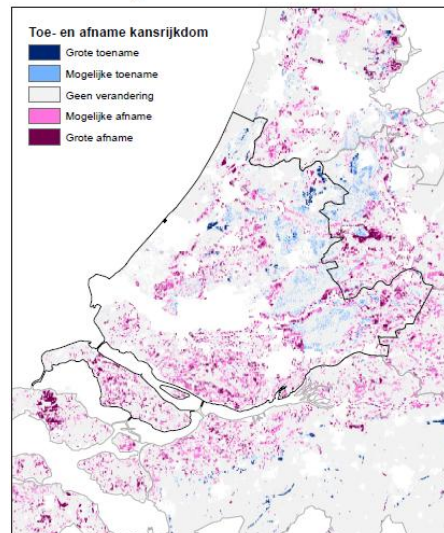
Huidige abiotische kansrijkdom Natles



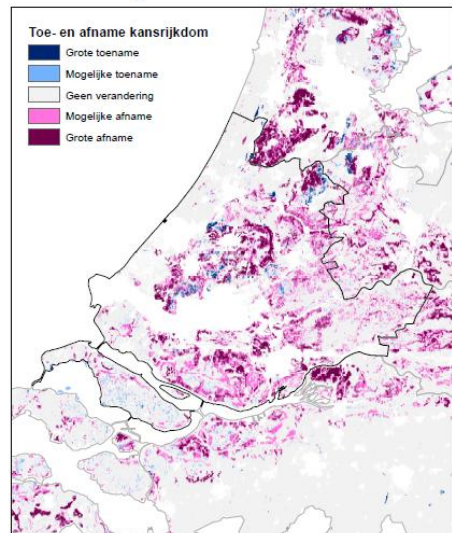
Kansrijkdom W en W+ scenario vergeleken



Verschil: Huidige situatie minus W scenario



Verschil: Huidige situatie minus W+ scenario



Figuur 69: Uitkomsten van de NATLES analyse voor de bepaling van de ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering op natuurtypen moeras.

In Figuur 69 is te zien dat klimaatverandering waarschijnlijk negatieve effecten heeft op grasland en moerasnatuur. Deze resultaten zijn slechts gebaseerd op de gemodelleerde veranderingen in grondwaterstanden. Hierin is nog niet het effect van gebiedsvreemd water en verzilting meegenomen. Hoewel het precieze effect van klimaatverandering op natuurtypen op dit moment (met het huidige modelinstrumentarium) niet is in te schatten, lijken voor dit type van gebieden de richtingen wel helder. Deze uitkomsten stemmen overeen met de conclusie die Witte et al. (2009) trekken in de ecohydrologische analyse van klimaatverandering op de veenweidenatuur. In het veenweidegebied verwacht Witte et al (2009) vooral negatieve effecten van klimaatverandering. De percelen zijn ten behoeve van de landbouw ontwaterd, wat leidt tot mineralisatie en

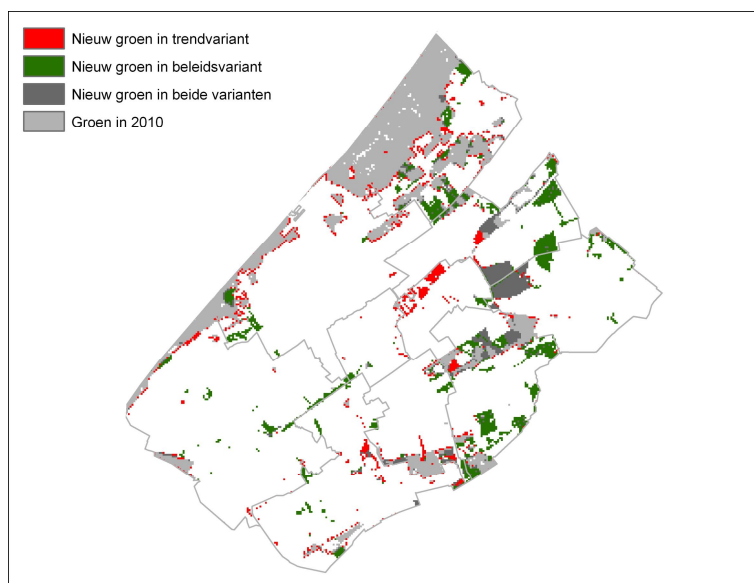
zetting van het veen. Daardoor is de drainageweerstand toegenomen en kan de grondwaterspiegel 's in het midden van het perceel zomers ver uitzakken, wat vooral in wegzijgebieden leidt tot holle percelen. De drogere zomers zullen, in combinatie met de hogere temperatuur, leiden tot een versterking van de veenafbraak. Meer systeemvreemd water is nodig om deze veengebieden op peil te houden. Verruiging en verarming van natuurwaarden zal daarvan het gevolg zijn. Voor sterk van de aanvoer van oppervlaktewater afhankelijke gebieden verwacht men een verslechtering van de waterkwaliteit, vooral onder W+, omdat de ingelaten hoeveelheid water, vooral in uitzonderlijk droge jaren, zal toenemen en de kwaliteit van dit inlaatwater slechter (zouter, nutriënten- en sulfatrijker) zal zijn. Dit kan gevolgen hebben voor de moerasnatuur (veenvormende plassen en moerassen), maar ook voor de veenweidenatuur (gedraineerde percelen met soortenrijke hooilanden en weidevogels). Hoe sterk deze gevolgen zijn en voor welke natuurwaarden ze het meest bedreigend zijn, is op dit moment nog niet goed bekend.

Effecten op kustnatuur

Door de voorspelde vaker optredende droogte in de zomer kan op leemarme zandgronden, zoals de kustduinen, het aandeel kale grond in de vegetatie gaan toenemen, met meer verstuiwing tot gevolg (Witte et al., 2008). Mogelijk neemt tevens het aandeel mossen en korstmossen toe. Deze gevolgen van meer droge zomers zouden in eerste instantie door terreinbeheerders kunnen worden toegelicht, omdat ze nu immers klagen dat de duinen te weinig dynamiek kennen en volledig dichtgroeien. Grazige en soortenrijke duingraslanden zullen zich echter nog sterker terugtrekken op beschutte Noord-hellingen (Witte et al., 2009). De analyse met het NATLES model zijn hiermee in overeenstemming en laten geen negatieve effecten zien op de droge duinnatuur en droge heide vegetaties. Omdat hier geen effecten optreden zijn de kaarten van de analysere-sultaten hier niet opgenomen.

Toekomstperspectief natuur

De doorrekening van de ruimtelijke scenario's (zie hoofdstuk 3) laten een toename zien van het areaal natuur. Dit areaal neemt toe van 5000 naar 8000 in het beleidscenario en 7000 in het trend scenario (zie Figuur 70). Deze ruimte is vanuit ecologisch, maar ook vanuit landschappelijk en recreatief oogpunt van groot belang voor een sterk verstedelijkte regio als de regio Haaglanden.



Figuur 70: Toename van het areaal groen (natuur en recreatie) in de beide scenario's ten opzichte van de huidige situatie.

In de beleidsvariant worden de vigerende verdichtingsdoelstellingen (netto 50 procent binnenstedelijk) juist aangescherpt en wordt het doel gesteld voor de gehele Zuidvleugel 80% van de woningvraag binnen bestaand bebouwd gebied te realiseren. Hierdoor zal er meer ruimte voor groen overblijven. Deze ruimte is vanuit ecologisch, maar ook vanuit landschappelijk en recreatief oogpunt van groot belang voor een sterk verstedelijkte regio als de regio Haaglanden.

9.2.2 Natuur wint areaal maar verliest kwaliteit

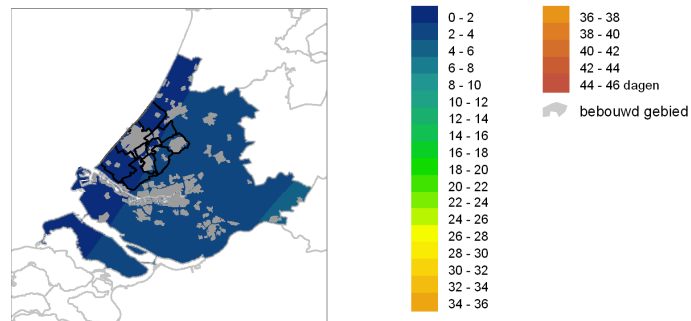
Het toenemend areaal voor natuur en recreatief groen is gunstig voor de leefomgevingskwaliteit van de regio Haaglanden. Echter, door klimaatverandering zal de kwaliteit van de natuur (veenweidenatuur met moerassen, rietland en ruigtes) waarschijnlijk afnemen. De kansrijkdom voor de ontwikkeling van moerasnatuur neemt af in het grootste gedeelte van de regio, zowel onder W als onder W+. Er zal meer gebiedsvreemd water nodig zijn om watertekorten op te kunnen vangen en in de zomer zal meer inlaatwater nodig zijn voor doorspoeling en het tegengaan van bodemdaling. Daarnaast worden afbraakprocessen versneld bij hogere temperaturen waardoor meer nutriënten vrijkomen in het systeem. De effecten van toenemende zoutinval zijn nog niet in deze analyse meegenomen, maar vormen een aanvullende bedreiging voor de natuurwaarden in het gebied. De effecten op kustnatuur zijn naar waarschijnlijkheid niet negatief.

9.3 Recreatieve regio?

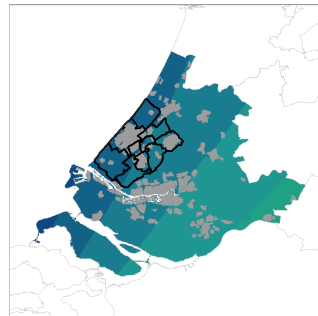
Door de verdere verstedelijking van de regio zal de vraag naar groengebieden verder toenemen. Daarnaast zal de vraag naar recreatie in het groengebied verder toe kunnen nemen als gevolg van het opwarmende klimaat. Kijken we naar de frequentie van tropische dagen dan zien we een toename van zo'n 2 dagen per jaar naar zo'n 14 in 2100 W naar wel 25 dagen per jaar in 2100 W+ (Figuur 71).

Aantal tropische dagen per jaar (maximumtemperatuur $\geq 30^\circ\text{C}$)

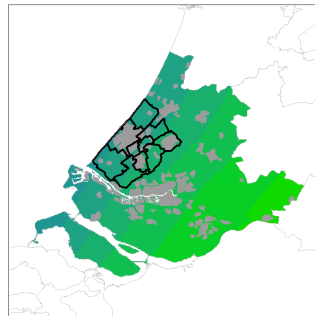
1976 - 2005



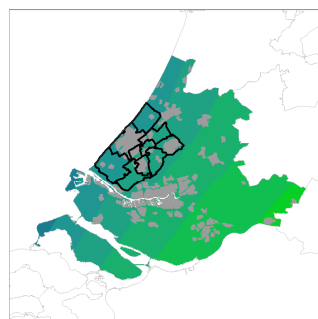
2050 W



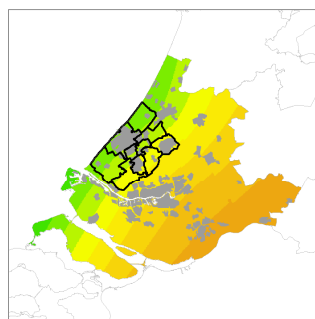
2100 W



2050 W+



2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

Figuur 71: Aantal tropische dagen per jaar (bron: <http://klimaateffectatlas.wur.nl>)

De behoefte aan buitenrecreatie zal in de warme scenario's fors toe kunnen nemen. Dit terwijl het aanbod door klimaatverandering verder onder druk kan komen te staan. Zwemwateren zoals het Delftse Hout zullen vaker dan nu het geval is, uitvallen vanwege blauwalg bijvoorbeeld. Deze zomer (op 6 juli 2010) gaf de Provincie Zuid-Holland een negatief zwemadvies af voor het Delftse Hout.

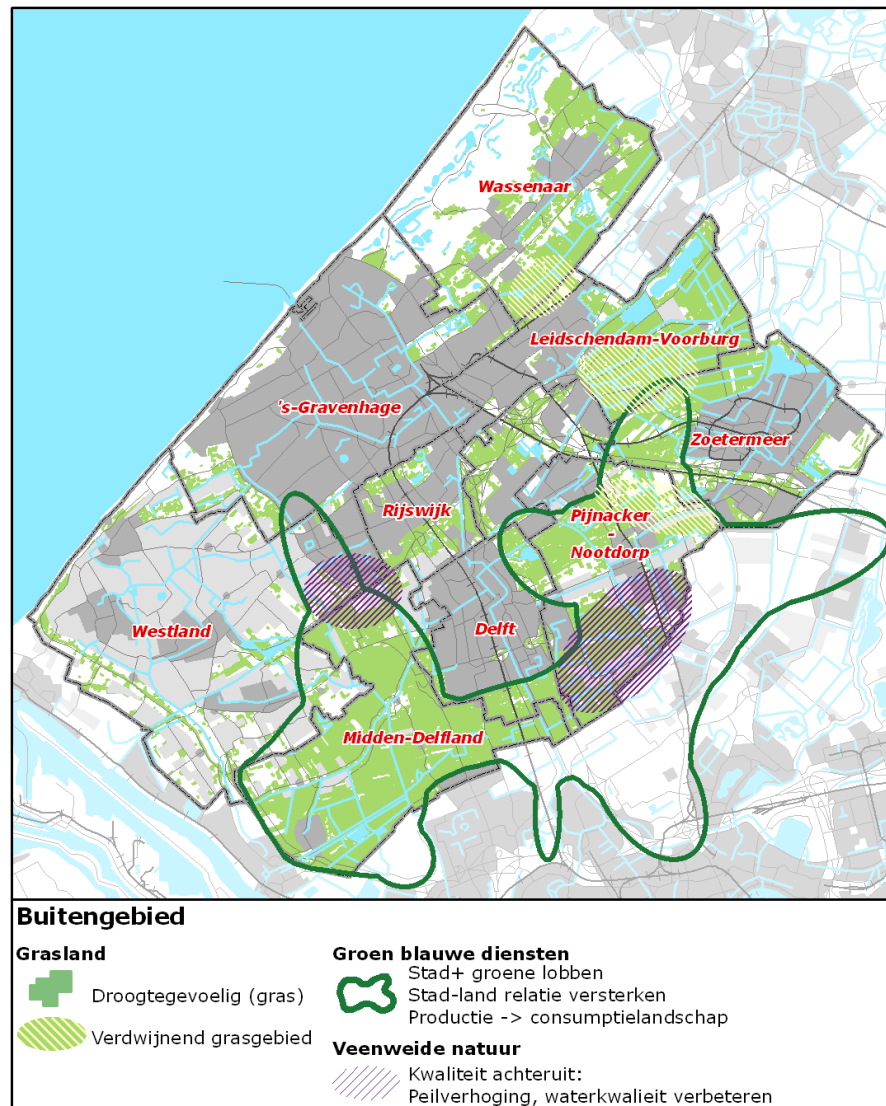
Daarbij komt nog het feit dat in de regio nu al sprake is van een groot recreatie-tekort (Abma and Berkens, 2006). Het groengebied zal in toenemende mate belangrijk worden voor de leefbaarheid in de regio Haaglanden. Dat biedt kansen voor de ontwikkeling van een multifunctioneel groengebied in een regio waar de grondgebonden landbouw vaker te maken krijgt met aanhoudende droogtes en watertekorten.

9.4 Conclusies

Koester Gras in het licht van klimaatverandering

Door klimaatverandering zal de concurrentiekracht van de grondgebonden landbouw waarschijnlijk afnemen. Vooral in de warme scenario's nemen weersextremen toe. In het W plus scenario zullen periodes met aanhoudende droogte en hitte tot productieverliezen leiden en zal vaker berekend moeten worden. Verder neemt het areaal grondgebonden landbouw verder af (van 10.000 hectare naar 7.500 of 6.000 afhankelijk van het scenario), en komt hier bovenop nog een waterbergingsopgave in de orde van 100-200 hectare. Natuurwaarden nemen naar waarschijnlijkheid af vanwege het verder uitzakken van grondwaterstanden, de toenemende invloed van gebiedsvreemd en zouter water en de toenemende mineralisatie. Hiertegenover staat een toename van het areaal groen in beide ruimtelijke scenario's (van 5.000 naar maximaal 8.000). Over het geheel zien we in het beleidsscenario een totale toename van ongeveer 500 hectare niet bebouwd natuur en grasgebied. In het trendscenario zien we een verlies van netto 2000 hectare aan niet bebouwd natuur en grasgebied.

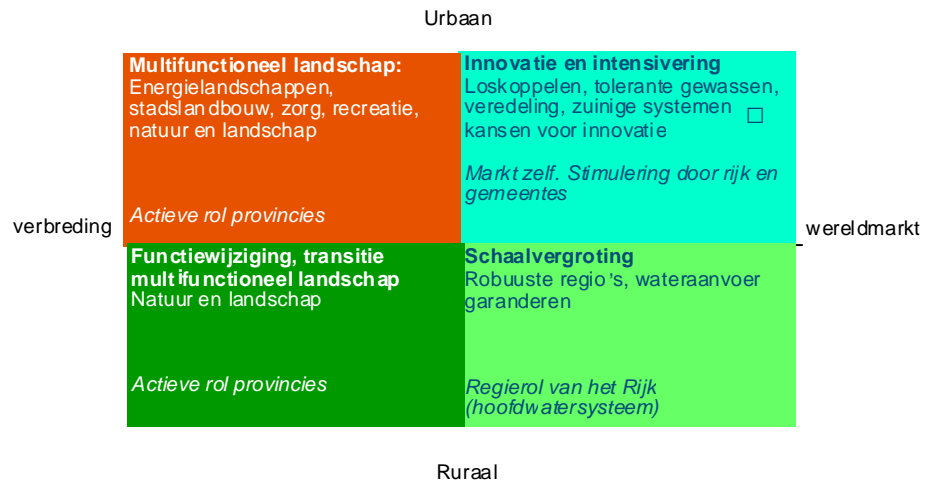
Het aantal tropische dagen zou op kunnen lopen van gemiddeld 2 per jaar in huidig klimaat naar zo'n 25 in 2100 W+. Dat betekent dat de behoefte aan verkoeling en buitenrecreatie zal toenemen. Maar we constateren tegelijkertijd een tekort aan recreatieruimte. Tenslotte zien we het recreatief aanbod verder afnemen onder klimaatverandering (zwemwater, minder landbouwareaal en verschraving van natuurkwaliteit). De urgentie om de transitie naar een multifunctioneel grasgebied in te zetten neemt door klimaatverandering verder toe. De autonome trend is dat het groengebied verder afneemt en de kwaliteit daarvan nog verder onder druk komt te staan door klimaatverandering. Er ligt concluderend een grote opgave voor de regio Haaglanden om het grasgebied verder te ontwikkelen als een multifunctioneel landschap waar de landbouw niet alleen producent is maar ook belangrijke natuur- landschaps- en recreatieve waarden levert. In een sterk verstedelijkte regio onder invloed van klimaatverandering mag deze opgave niet worden onderschat.



Figuur 72: Aandachtsgebieden knelpunten in buitengebied

Mogelijke strategieën

De grondgebonden landbouw in de regio Haaglanden wordt gekenmerkt door een grote stedelijke druk, en de bedrijven zijn (op een landelijke schaal bekeken) relatief concurrentiekrachtig. In het kader van de PBL studie "Naar een klimaatbestendig Nederland", deelstudie Landelijk gebied, is door Alterra-WUR een kwadrant ontwikkeld waarin verschillende adaptatiestrategieën voor het landelijk gebied in verband gebracht worden met het karakter van een regio (urban of ruraal) enerzijds, en mate waarin de landbouw primair voor de wereldmarkt produceert of ook via verbreding haar concurrentiekracht behoudt (Van de Sandt & Goosen, 2010 in concept).



Figuur 73: kwadranten adaptatiestrategieën landelijk gebied

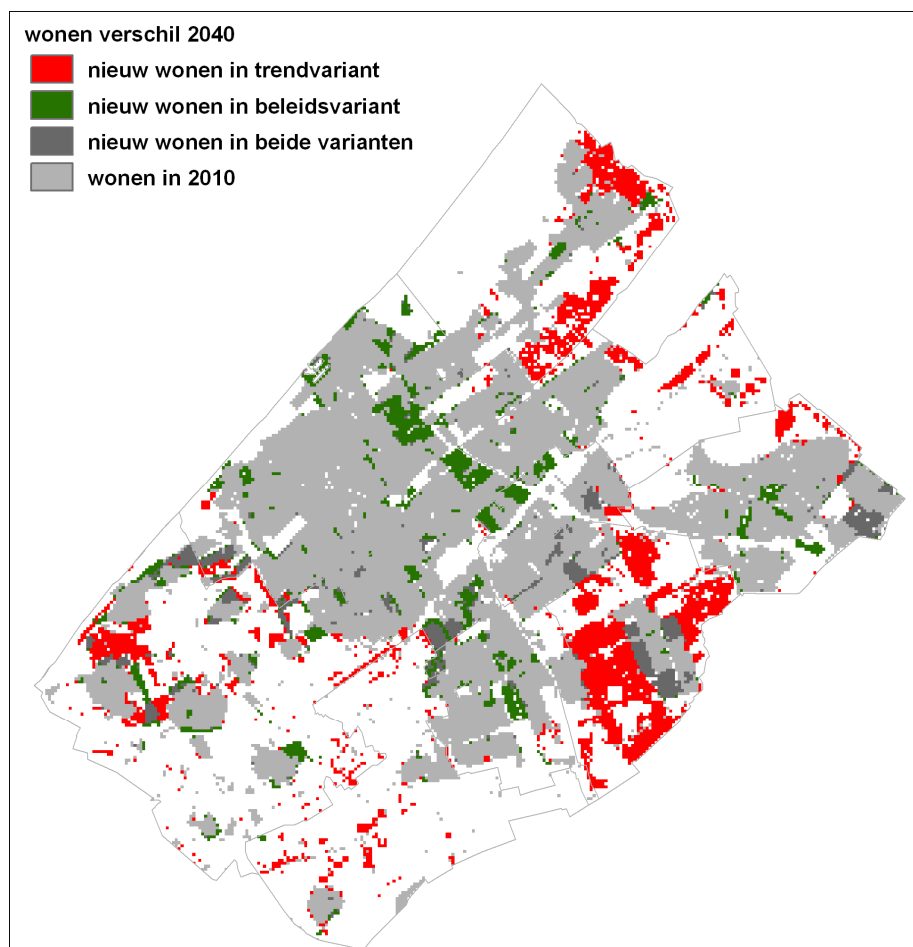
Vanuit dit gedachtegoed verwachten we dat in Haaglanden de grondgebonden landbouw de negatieve gevolgen van klimaatverandering waarschijnlijk op zal vangen door in te zetten op diensten in een urbane omgeving. Gedacht kan worden aan recreatie, zorg, regionale producten en diensten ten behoeve van natuur en water. In combinatie met het sterk afnemende areaal in het gebied kan klimaatverandering ertoe leiden dat de grondgebonden landbouw in de regio aan concurrentiekracht moet inboeten. Daarmee zal een transitie naar een multifunctioneel landschap nog meer voor de hand liggend worden. Deze transitie naar multifunctioneel landschap is ook aantrekkelijk vanuit het perspectief van recreatie. Vanwege de grote vraag naar recreatieruimte met name in de zuidvleugel van de randstad (Abma and Berkens, 2006) en de hoge stedelijke druk ligt een transitie naar verbrede landbouw met accent op natuur, landschap en recreatie voor de hand. Periodes van aanhoudende hitte zullen in een sterk verstedelijkte regio als de regio Haaglanden de behoefte aan recreatie in het groen verder doen toenemen.

10 Stedelijk gebied – ‘Stad’

10.1 Ontwikkeling stedelijk gebied

149

De ruimtelijke ontwikkeling van Haaglanden is eerder in dit rapport beschreven aan de hand van twee varianten, de trendvariant en de beleidsvariant. Deze varianten verschillen sterk met betrekking tot de locatie van de woningbouw in Haaglanden (zie Figuur 74, zie bijlage D voor grotere weergave).



Figuur 74: Kaart van Haaglanden met bestaande woongebieden in 2010 (lichtgrijs) en nieuwe woongebieden volgens de trendvariant (rood, 2040), de beleidsvariant (groen, 2030) of beide varianten (donkergrijs).

In de beleidsvariant worden een aantal grootschalige locaties binnen of grenzend aan de stad benut voor woonontwikkeling. Op verschillende binnenstedelijke locaties in Den Haag worden woningen toegevoegd op locaties waar nu nog een werkfunctie dominant is, bijvoorbeeld nabij het station en Binckhorst. In veel van deze gebieden blijft een werkfunctie aanwezig maar wordt de

woonfunctie ook belangrijker. Daarnaast worden er enkele locaties waaronder Vlietzone, Rijswijk-Zuid benut voor nieuwe verstedelijking.

In de trendvariant kleurt een grootschalig gebied op de lijn Delft-Pijnacker-Zoetermeer rood met nieuwe woonontwikkelingen. Omdat dit gebied het laatste grootschalige agrarische gebied in de regio Haaglanden zonder rijksbufferstatus vormt, vinden er veel ontwikkelingen in deze omgeving plaats in de trendvariant.

In het Westland is in beide varianten duidelijk sprake van verdere verstedelijking, in de trendvariant manifesteert deze ontwikkeling zich duidelijker door het aan elkaar groeien van de dorpen.

In de beleidsvariant blijven de rijksbufferzones Den Haag – Leiden – Zoetermeer en Midden-Delfland overwegend vrij van bebouwing. In de trendvariant zijn er wel veel ontwikkelingen in dit eerste gebied: met name boven Leidschendam en boven Wassenaar zijn grootschalige ontwikkelingen zichtbaar. In Midden-Delfland vindt er ook beperkt verdere verstedelijking plaats in de trendvariant.

De stad herbergt vele verschillende functionaliteiten rond wonen, werken en vervoeren. Het stadsgewest Haaglanden heeft de lijnen voor de ontwikkelingen rond deze functionaliteiten in de regio vastgesteld in het “Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020” (RSP, april 2008). Het stadsgewest Haaglanden heeft de volgende ambities omschreven:

1. Het uitbouwen van de vier internationale specialisaties die het economisch hart van Haaglanden vormen
2. Het verbeteren van de regionale netwerken voor groen, water en verkeer
3. Het blijven doorwerken aan een aantrekkelijke woonomgeving

Om deze ambities te kunnen realiseren is tevens een bepaalde “hardware”, de fysieke infrastructuur van belang. Deze fysieke infrastructuur bestaat uit voorzieningen voor energie, telecommunicatie, rioolwater, drinkwater en regulering van de waterhuishouding, (kantoor)gebouwen en huizen, pleinen, parken en vijvers en (spoor-, water- en auto-)wegen etc.

Klimaatverandering kan direct de functionaliteit van wonen, werken en vervoeren beïnvloeden, maar ook indirect via de onderliggende infrastructuur. Dit laatste is waarschijnlijk een belangrijke route omdat klimaatverandering een fysiek proces is dat direct invloed heeft op de infrastructuur. Mede daarom zijn de effecten op zich relatief goed in te schatten, al is dit op het nieuwe en complexe terrein van klimaatverandering op dit moment nog steeds beperkt.

We zullen daarom de mogelijke effecten van klimaatverandering in de stad in de regio Haaglanden eerst behandelen voor de *infrastructuur*. Vervolgens zullen *mobiliteit*, *economie* en *leefbaarheid* aan de orde komen⁵.

⁵ Voor de KvK hotspot Rotterdam heeft Deltares een separate deelstudie uitgevoerd naar de klimaateffecten in het stedelijk gebied. De bevindingen in deze stu-

10.2 Infrastructuur

Huidige situatie en beleid

De fysieke infrastructuur kan onderverdeeld worden in een aantal verschillende typen:

- voorzieningen voor energie, telecommunicatie, rioolwater, drinkwater, en regulering van de waterhuishouding (met name dijken), (kantoor)gebouwen en woningen (functionaliteit: economie en leefbaarheid),
- pleinen, parken en vijvers (functionaliteit: leefbaarheid),
- (spoor-, water- en auto-)wegen inclusief sluisen, bruggen, tunnels, viaducten etc. (functionaliteit: mobiliteit)

Met het oog op de ambitie om een veilige, aantrekkelijk gevarieerde, internationaal concurrerende en goed bereikbare regio te zijn, worden er hoge eisen gesteld aan de betrouwbaarheid en kwaliteit van de infrastructuur.

Klimaateffecten

De volgende effecten van klimaatverandering zijn relevant voor infrastructuur in Haaglanden:

1. Risico van overstroming door falen van polder- en boezemkaden als gevolg van verdroging of zeer natte perioden; risico van overstroming door falen kustwering of primaire kering a.g.v. zeespiegelstijging en stormvloeden
2. Verzakking van bouwwerken en wegen door bodemdaling en aantasting van fundering, beide door verdroging
3. Wateroverlast door hevige of langdurige neerslag (water op straat).
4. Vermindering van gebouwveiligheid door veranderende klimaatomstandigheden
5. Verwering van bouwwerken en wegen door warmte en vrieskoude
6. Effecten op de overige infrastructuur (energie- en drinkwatervoorziening).

Ad 1. Risico van overstroming vanuit zee

In het effectonderzoek bleek dat de klimaatbestendigheid van polder- en boezemkaden voor de beheerders van Haaglanden belangrijke aandacht verlangt. Daarom wordt voornamelijk hierop in hoofdstuk 5 ingegaan. De gevolgen van een overstroming vanuit zee zijn vanzelfsprekend ook voor Haaglanden relevant. De potentiële schade hiervan, en daarmee het risico, is enorm. En niet alleen voor de infrastructuur, maar voor alle functies in het gebied en Nederland als geheel.

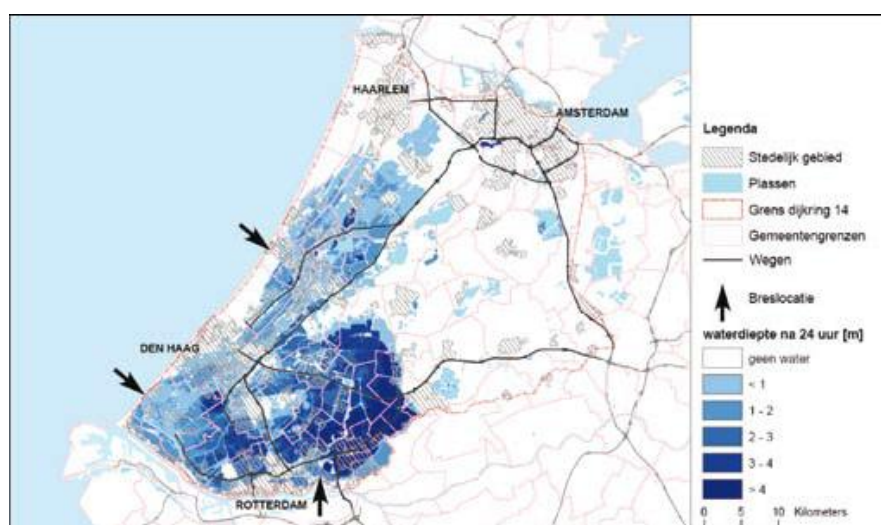
Haaglanden ligt binnen een primaire waterkering, Dijkkring 14 (de aaneengesloten waterkering tussen Den Haag, Amsterdam, Utrecht en Rotterdam) die be-

die zijn ook bruikbaar voor Haaglanden: Deltares, januari 2010. Building the Netherlands climate proof – urban areas. Deltares projectnummer 1201082-000.

scherm t tegen zowel overstroming uit zee als van de rivieren. De primaire waterkering moet volgens de Wet op de waterkering bestand zijn tegen een extreme combinatie van orkaanstormen en een hoge zeewaterstand die zich statistisch slechts eens in de tienduizend jaar voordoet.

De Ergst Denkbare Overstroming (EDO) is de meest extreme overstroming die experts voor mogelijk houden. Deze situatie zal statistisch gezien niet vaker dan één keer in de honderdduizend jaar voorkomen. Toch wordt bij het opstellen van rampenplannen en bij oefeningen zoals recent 'Kopje Onder' en 'Waterproef' rekening gehouden met dit scenario. Wie op het ergste is voorbereid, zal niet voor verrassingen komen te staan. Bij een EDO is de schade aan gebouwen, infrastructuur en nutsvoorzieningen enorm. De hulpverlening zal ernstig worden bemoeilijkt door de gevolgen van de ramp. (uit:

www.focushaaglanden.nl/Documenten/Focus4_041208.pdf)



Figuur 75: EDO (Ergst Denkbare Overstroming) in Haaglanden (bron: www.risicokaart.nl)

Wat is nu de schade als er een overstroming optreedt? TNO heeft hieraan gerekend en wel specifiek voor dijkkring 14. De resultaten van deze berekeningen staan gepresenteerd in Tabel 17, waar de schade in miljoenen euro's is gegeven voor verschillende schadeposten. Men onderscheidt fysieke schade aan inwoners, infrastructuur en bedrijven en economische schade door het niet kunnen functioneren van economische processen. Meer dan de helft (5 miljard euro) van de totale schade betreft fysieke schade voor inwoners (zowel woningen als bewoners). De economische schade op (middel)lange termijn bedraagt een derde (3 miljard). De fysieke schade aan infrastructuur en bedrijven is relatief gering, maar heeft wel een relatie met de economische schade.

Tabel 17: Schade in dijkkring 14 van een gemiddelde overstroming in 2008, in miljoenen euro's.

Schadepost	Schade in miljoenen euro's
Fysieke schade	6305
w.v. inwoners	4988
w.v. infrastructuur en publieke ruimte	705
w.v. bedrijven	612
Economische schade tijdens overstroming	73
Economische schade middellange + lange termijn	2906
Totale schade	9284

Bron: TNO, op basis van HIS-SSM en RAEM (Jonkhoff 2008)

Vervolgens is de vraag hoe reëel de kans op een overstroming is? TNO heeft overstromingskansen uitgerekend voor de huidige situatie (2015) en een aantal alternatieve scenario's voor 2050: het nulalternatief, superdijk en intensivering sluitregime Maeslantkering. In deze alternatieven is klimaatverandering meegenomen. De resultaten staan in Tabel 18, waarbij de regel voor Dijkkring 14 relevant is voor Haaglanden (lila gearceerd). Hieruit blijkt dat de norm voor de minimaal te behalen herhalingstijd (1/overstromingskans) van 10 000 jaar voor primaire waterkeringen (Wet op de waterkering, zie de tweede kolom in Tabel 18) niet gehaald wordt in 2015 (namelijk 3 981 jaar). De normen worden ook niet gehaald voor de andere waterkeringen zoals in de Alblasterwaard en Voorne Putten. In het nulalternatief verslechtert de situatie voor alle dijkringen als gevolg van klimaatverandering. Intensivering van het sluitregime van de Maeslantkering verandert hier niets aan. Een superdijk brengt wel verbetering, maar de norm voor de herhalingstijd wordt in bijna geen van de gevallen gehaald.

Tabel 18: Overstromingskansen in 2015 en 2050 per projectalternatief, uitgedrukt als herhalingstijd (overstromingskans per jaar per dijkkring is 1/herhalingstijd).

Dijk-ring	Norm	Naam	2015	2050 Nulalternatief	2050 Superdijk	2050 Intensivering sluitregime Maeslantkering
14	10000	Centraal Holland	3981	1995	5012	1995
15	2000	Lopiker/Krimpen-erwaard	1995	1000	1995	1000
16	2000	Alblasterwaard	1259	794	1585	794
17	4000	IJselmonde	6310	3162	3981	3162
20	4000	Voorne Putten	3162	1585	2512	1585
21	2000	Groote Waard	1995	1259	1585	1259
22	2000	Eiland van Dordrecht	1995	1000	1585	1000

Bron: TNO, op basis van PC-RING (Jonkhoff 2008)

Tenslotte stellen we ons de vraag wat het zou kosten om de herhalingsstijd voor overstroming weer terug te brengen op normniveau. Tabel 19 geeft een overzicht van de door de Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen (AFPW) verwachte kosten van de versterking van de primaire waterkeringen. Dit zijn waterkeringen die bescherming bieden tegen overstromingen uit de Noordzee, de grote rivieren en het IJsselmeer. De tabel onderscheidt drie scenario's voor de stijging van de zeespiegel in drie opeenvolgende periodes. Hierbij is aangenomen dat in de periode 2007-2015 het achterstallig onderhoud aan de waterkeringen wordt weggewerkt, in de periode 2015-2025 de waterkeringen worden aangepast aan een economisch optimale norm en in de periode 2025-2100 de waterkeringen worden versterkt met het oog op de klimaatverandering. De uitgaven zijn uitgedrukt in percentage van het bbp (bruto binnenlands product) in het begin- en eindjaar van de periode. Het verschil tussen begin- en eindjaar ontstaat doordat wordt uitgegaan van een reële economische groei van 2% per jaar. De onderste regel geeft het reële bbp in het begin- en eindjaar.

Momenteel wordt ongeveer 0,15% van het bbp besteed aan het voorkomen van overstromingen. De percentages in de tabel geven de totale benodigde jaarlijkse uitgaven voor versterking van de waterkeringen in de betreffende periode weer. Deze maken duidelijk dat het versterken van de waterkeringen volgens de inschatting van de AFPW geen groot budgettair probleem gaat opleveren.

Vanwege de verwachte reële economische groei worden de uitgaven als percentage van het bbp in de toekomst steeds kleiner, zelfs in het scenario waarin de zeespiegel 150 centimeter stijgt. Overigens wordt bij het versterken van de waterkeringen in de eerste twee perioden, gezien de lange levensduur van waterkeringen, eveneens rekening gehouden met de verwachte gevolgen van klimaatverandering.

Tabel 19: Totale jaarlijkse kosten van de primaire waterkeringen (bron: Adviescommissie Primaire Waterkeringen, Tussensprint naar 2015, december 2006)

Tabel 1 Totale jaarlijkse kosten van de primaire waterkeringen

	2007-2015 Achterstallig onderhoud	2015-2025 Economisch optimale normen	2025-2100 Bijhouden van klimaat- verandering
Jaarlijks benodigd bedrag in % bbp in het begin- en eindjaar			
Zeespiegelstijging			
60 cm	0,17 - 0,14 ¹	0,14 - 0,11 ¹	0,06 - 0,01 ¹
85 cm	0,17 - 0,14 ¹	0,14 - 0,11 ¹	0,08 - 0,02 ¹
150 cm	0,17 - 0,14 ¹	0,14 - 0,11 ¹	0,1 - 0,02 ¹
Miljarden euro in prijzen 2006 in het begin- en eindjaar			
Reëel bbp ²	550 - 645	645 - 785	785 - 3469

¹ Als gevolg van de reële economische groei in de periode daalt het bedrag als percentage bbp.

² Bij een reële groei van 2% per jaar.

Bron: Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen (2006), 'Tussensprint naar 2015', december 2006.

Op basis van de nationale schatting van de AFPW over de aanpassing van de primaire waterkering kan geconcludeerd worden dat het achterstallig onderhoud en het aanpassen aan de nieuwe veiligheidsnormen in ordegrootte vergelijkbare kosten vragen als de aanpassing aan verwachte zeespiegelstijging. Als deze kosten uitgedrukt worden als percentage van het bbp worden deze in de loop van de eeuw steeds geringer.

Duidelijk is dat de ligging van Haaglanden het risico van overstroming uit zee zeer relevant maakt. Schade van een gemiddelde overstroming loopt in de miljarden. Meer dan de helft van de schade betreft fysieke schade voor inwoners (zowel woningen als bewoners). De economische schade op (middel)lange termijn bedraagt een derde. De fysieke schade aan infrastructuur en bedrijven is relatief gering, maar heeft wel een relatie met de economische schade.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige wettelijk gestelde norm voor de overstromingskans (eens in de 10 000 jaar) in Haaglanden momenteel niet gehaald wordt (eens in de 4000 jaar), overigens net als in andere laaggelegen gebieden in Nederland. Het huidige 'veiligheidstekort' zal in 2050 zijn verdubbeld door klimaatverandering (herhalingskans eens in de 2000 jaar). Een superdijk repareert de onveiligheid door klimaatverandering maar is niet in staat om in Haaglanden de veiligheidsnorm te halen (eens in de 5000 jaar). De kosten om de onveiligheid door klimaatverandering te repareren worden grofweg van eenzelfde orde geschat als de kosten om in de huidige situatie de wettelijke norm te behalen.

Voor Haaglanden specifiekere antwoorden op de veiligheidsvragen in tijden van klimaatverandering zullen in de komende jaren worden gevonden in de deelprogramma's Veiligheid en Kust van het Deltaprogramma.

Ad 2. Verzakking van bouwwerken en wegen en aantasting van fundering

Verdroging kan twee effecten hebben waardoor bouwwerken verzakken. Enerzijds treedt door verdroging krimp en bodemdaling op waardoor scheuring in fundamente en muren kan optreden. Dit is het sterkst in veenweidegebieden (zie hoofdstuk Bodem en Grondwater). Anderzijds leidt verdroging tot dalende grondwaterstanden, waardoor houten heipalen, zoals gebruikt in historische stadscentra, worden blootgesteld aan zuurstof en afbraak door schimmels.

Ad 3. Wateroverlast door hevige of langdurige neerslag (water op straat)

Als gevolg van hevige neerslag kunnen situaties ontstaan waarbij de riolering de neerslag niet kan verwerken. Op dat moment ontstaan plassen op straat en kan wateroverlast ontstaan. In deze paragraaf wordt ingegaan op de overlast die op deze manier ontstaat. Dit is een andere vorm van wateroverlast dan beschreven in hoofdstuk 6 waar het gaat om wateroverlast die ontstaat door het buiten de oevers treden van watergangen.

Rioolstelsels zijn zo ontworpen dat bij een hevige regenbui met een herhalings-tijd van 1 keer in de 2 jaar een situatie mag ontstaan waarbij het water net niet op straat komt. 1 keer in de 10-25 jaar mag overlast door water-op-straat (het

tijdelijk blijven staan van plassen water op straat) optreden. Er mag echter geen ernstige hinder of schade optreden. Bij een bui met een herhalingstijd van 1 keer per 50 jaar mag wel schade optreden (zie onderstaande tabel, Rioned2006).

Bij het optreden van water-op-sstraat spelen riooloverstorten een belangrijke rol. Bij grote waterhoogten in de gemengde riolering wordt het water namelijk via de overstorten direct afgevoerd op het oppervlakte water. Als deze riooloverstorten gestremd zijn doordat het oppervlaktewater het water niet kan verwerken zal meer water op straat blijven staan.

Op het gebied van riolering vinden een aantal veranderingen plaats. Momenteel wordt in Nederland binnen het Waterkwaliteitsspoor op grote schaal afvoerend oppervlak afgekoppeld of op nieuw aangelegde regenwaterriolen aangesloten. Het doel hierbij is om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren door de belasting op het rioolstelsel en daarmee vooral het overstortvolume terug te brengen. Dit is een zeer kapitaalintensieve oplossing die vooral gecombineerd wordt met bestaande renovatie trajecten. In het kader van het Waterkwaliteitsspoor worden ook veel bergbezinkvoorzieningen aangelegd.

In Haaglanden zullen naar verwachting de komende decennia honderden kilometers riolering gerenoveerd worden. Dit biedt een goede kans om in te spelen op veranderingen in het klimaat en te streven naar een robuuster rioleringsstelsel.

Ad 4. Vermindering van gebouwveiligheid door veranderende klimaatomstandigheden

Wind- en temperatuurtoenames zouden kunnen leiden tot een afname van gebouwveiligheid, omdat gebouwen er eenvoudigweg niet op ontworpen en gebouwd zijn, maar de risico's zijn onzeker en worden voorlopig klein ingeschat. Het risico op instorting van daken door extreme neerslag wordt realistischer geacht. Een toename van de maximale neerslagintensiteit tot 27% leidt tot een grotere belasting van de daken, die daarom sterker zouden moeten zijn en in sommige gevallen een grotere helling zouden moeten krijgen (Steenbergen 2008).

Aanpassing van bouwcodes is hier het geëigende middel. Wel moet worden bedacht dat deze codes in toenemende mate worden bepaald door de Europese Commissie.

Ad 5. Verwerking van bouwwerken en wegen

Door klimaatverandering kan er aan wegen en bouwwerken, naast hiervoor genoemde veiligheidsproblemen, ook schade (of schadevermindering) door verwerking ontstaan. Het betreft een scala aan klimaatimpacts (vocht, temperatuur, wind, zoninstraling) op een breed palet aan materialen. Mogelijke effecten (+ positief effect, - negatief effect) in de vorm van verwerking van bouwwerken betreffen (Nijland 2008):

- + een mindere zoutbelasting van betoninfrastructuur door verminderd gebruik van zoutstrooisel als gevolg van warmere winters.
- + minder vorstschade aan wegen als gevolg van warmere winters.
- Hogere vochtigheid maakt poreuze bouwmaterialen (met name baksteen en natuursteen, niet beton) juist kwetsbaarder voor vorstschade. In combinatie met relatief hogere temperaturen wordt netto echter een gering effect verwacht.
- Hogere vochtigheid in combinatie met hogere temperaturen leidt tot schade door zoutindringing in poreuze bouwmaterialen, zoals bijv. in oude gebouwen. Restauratie is waarschijnlijk de enige oplossing.
- Hogere vochtigheid in combinatie met hogere temperaturen leidt tot schade door organismen. In plaats van algen zullen soorten als cyanobacteriën en schimmels voorkomen, die (vooral visuele) schade aan steen en cement kunnen toebrengen. De levensduur van houtstructuren wordt hierdoor verminderd. Gebruik van meer grof-poreuze materialen leidt tot minder vocht in de het materiaal en hierdoor verminderde gevoeligheid voor organismen.
- Toename van wind in combinatie met neerslag leidt tot versterkte verwerking aan vooral hoge gebouwen.
- Verwerking van vooral geverfde oppervlakken kan toenemen door verhoogde zoninstraling (in combinatie met hogere temperaturen). Het lijkt echter waarschijnlijk dat dit effect zal worden gecompenseerd door de ontwikkelingen op het gebied van fotostabilisatoren in lakken en verven (Andrady et al 2003).

Het is lastig om op basis van deze zeer kwalitatieve gegevens uitspraken te doen over de gevolgen van het klimaat voor verwerking van bouwwerken. Te meer omdat het klimaat een grote variabiliteit houdt en relatief warme en koude jaren zullen blijven voorkomen. Er lijken echter twee effecten uit te springen, één positief en één negatief van aard.

Winterse vorstschade is in het algemeen groter dan de zomerse hitteschade. Verschuiving naar warmere winters en warmere zomers zal daarom hoogstwaarschijnlijk leiden tot een kostenbesparing aan het onderhoud van wegen. Verder lijkt het waarschijnlijk dat hogere zoninstraling, zoutindringing en ontwikkeling van schadelijke organismen vooral oude gebouwen zullen beschadigen, terwijl hier de minste maatregelen beschikbaar zijn.

Ad 6. Effecten op de overige infrastructuur

De aanvoer van zoet water in Haaglanden kan in de knel komen in droge zomers. De kans op droogte neemt toe onder de KNMI'06 G+ en W+ klimaatscenario's. De verhoogde kans op neerslagtekorten door klimaatverandering leidt grofweg tot een halvering van de herhalingstijden van droogteperioden. Deze kunnen zich vertalen in problemen met de drinkwatervoorziening.

KWR heeft een quick scan gemaakt van de klimaatbestendigheid van de productie van drinkwater dat aan het oppervlaktewater wordt onttrokken (Zwolsman, 2008). Dunea of NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH) produceert drinkwater voor Haaglanden door oppervlaktewater uit de Afgedamde Maas bij

Brakel in te nemen, te transporteren naar de duinen bij Katwijk en Monster en het daar te laten infiltreren, weer op te pompen en na te bewerken.

De belangrijkste effecten van klimaatverandering op de drinkwatervoorziening treden op bij langdurige perioden van droogte, zoals in de zomer en herfst van 2003. Diverse processen leiden tot verslechtering van de ruwwaterkwaliteit bij droogte en de, daarmee gepaard gaande, lage afvoeren van Rijn en Maas:

1. Verminderde verdunning van puntlozingen (industriële en RWZI's);
2. Versterkte indringing van zout water in de Rijn-Maas monding, door een combinatie van langdurig lage afvoeren en storm op zee (wat niet bij DZH speelt);
3. Verhoging van de watertemperatuur tijdens hittegolven (vaak samenvallend met langdurige droogte), leidend tot versterkte groei van ziekteverwekkers in het leidingnet (geldt alleen voor directe bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater, dus niet in Haaglanden);
4. Bij hoge watertemperaturen meer kans op bloei van cyanobacteriën.

Ad 1) De belangrijkste zorg voor de waterbedrijven is de aanwezigheid van nieuwe stoffen (emerging substances) in het ruwe water. DZH voorziet dat de zuivering in de nabije toekomst hierop moet worden aangepast (knikpunt). De "nieuwe stoffen" problematiek heeft een relatie met klimaatverandering omdat het vaak stoffen betreft die via puntlozingen in het watersysteem belanden (bijv. RWZI's); bij lage afvoeren is de verdunning van puntlozingen minder.

Ook de chlorideconcentratie van de Rijn is rechtstreeks gerelateerd aan de afvoer, maar dit speelt niet bij DZH.

Ad 2) Een ander knikpunt gaat ontstaan in de Rijn-Maas delta, waar de winning van drinkwater (door Evides en Oasen) steeds meer wordt bedreigd door verzilting. Deze verzilting is enerzijds het gevolg van klimaatverandering (lage afvoeren, stijging zeespiegel), anderzijds een gevolg van een gewijzigd waterbeheer zoals voorzien in het rapport van de Commissie Veerman (zoet-zout gradiënt Volkerak-Zoommeer, open Haringvlietsluizen). Dit speelt niet bij DZH, dat water inneemt in de Afdamde Maas in Brakel.

Ad 3) Bij voortgaande opwarming van Nederland is overschrijding van de 25 °C grens van het drinkwater in de zomer op enig moment te verwachten voor bedrijven die oppervlaktewater direct tot drinkwater verwerken (Evides, PWN), mogelijk ook voor open terugwinningen van grondwater (Waternet). Dit verhoogt het risico van microbiële groei in het drinkwater. Om het risico te beperken is het van groot belang dat de opwarming van het oppervlaktewater door koelwaterlozingen wordt verminderd. Wanneer dit onvoldoende gebeurt, zal de drinkwatersector maatregelen moeten treffen om de microbiologische stabiliteit van het drinkwater te garanderen tijdens warme zomers. Toevoeging van een desinfectiemiddel aan het drinkwater kan dan niet op voorhand worden uitgesloten, ter bescherming van de volksgezondheid. Dat zou een radicale wijziging inhouden van de filosofie

van de drinkwatersector en mag om die reden een knikpunt worden genoemd.

Dit geldt alleen voor directe bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater, dus niet in Haaglanden.

Ad 4). In oppervlaktewater bestemd voor drinkwater worden soms hoge dichtheden aan cyanobacteriën aangetroffen. Voorbeelden hiervan zijn het IJsselmeer (PWN) en de Afgedamde Maas (DZH). Daarnaast kan bloei van cyanobacteriën optreden in de ruwwater bekken van drinkwaterbedrijven, al wordt dit door actieve circulatie in het bekken (beluchting) beperkt. In sommige infiltratieplassen in de duinen komen eveneens hoge dichtheden aan cyanobacteriën voor, ondanks defosfatering van het inlaatwater (PWN, DZH). De gezondheidsrisico's van de aanwezigheid van cyanobacteriën en eventuele toxines in het ruwe water voor de drinkwaterbereiding zijn op dit moment nog onduidelijk. Omdat de problematiek erger kan worden tijdens warme en droge zomers, is het verstandig om door middel van monitoring een vinger aan de pols te houden.

Voorname knelpunten

Infrastructuur, in al zijn facetten (dus niet alleen verkeer, maar ook bebouwing enz.), is de sleutel tot een klimaatrobuuste stad. Het bepaalt de kwetsbaarheid van de stedelijke functies, voor de korte termijn, maar vanwege de lange levensduur, ook voor de lange termijn. Adaptatiemaatregelen op het gebied van infrastructuur zullen dus tijdig genomen moeten worden om op tijd effect te kunnen sorteren.

In het kader van klimaatverandering is naast de aard ook de locatie van infrastructuur bepalend voor de gevoeligheid voor klimaateffecten zoals overstroming, vernatting, verdroging, bodemdaling en/of verzilting. Daarom zal in de navolgende alinea's bekeken worden waar in Haaglanden deze klimaateffecten tot knelpunten of kansen kunnen leiden.

Ad 1. Risico van overstroming

Het risico van een overstroming uit zee hangt in Haaglanden af van de primaire waterkering dijkkring 14, waarvan de versterking vooral een rijksaangelegenheid is. Het overgrote deel van de schade van een calamiteit met deze dijkkring zal echter in Haaglanden plaatsvinden, vooral in de laaggelegen gebieden aan de zuid-oost kant (Pijnacker, Zoetermeer en ook Leidschendam). Naast de woningen in dit gebied zal schade aan de auto- (A12) en spoorwegen (Gouda – Den Haag, Randstadrail) in deze laaggelegen gebied leiden tot economische schade.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige wettelijk gestelde norm voor de overstromingskans (eens in de 10 000 jaar) in Haaglanden momenteel niet gehaald wordt (eens in de 4000 jaar), overigens net als in andere laaggelegen gebieden in Nederland. Het huidige 'veiligheidstekort' zal in 2050 zijn verdubbeld door klimaatverandering (herhalingskans eens in de 2000 jaar). De kosten om de onveiligheid door klimaatverandering te repareren worden grofweg van eenzelfde orde geschat als de kosten om in de huidige situatie de wettelijke norm te behalen.

In aanvulling hierop nemen de veiligheidsrisico's toe ten gevolge van de destabilisatie van polder- en boezemkades. Gevolgen van een overstroming nemen toe door maaiveld daling. De gebieden waar dit speelt zijn de gebieden waar de grootste bodemdaling wordt verwacht: het gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland (zie Figuur 21). Voor Delft leidt dit momenteel al tot kosten om de stad droog te houden. Deze gebieden zijn dan ook door de provincie Zuid-Holland als aandachtsgebieden aangemerkt.

Echter, het gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam ligt momenteel al relatief laag (4 tot 6 m –NAP). Het extra risico bij een overstroming dat bodemdaling hier veroorzaakt is daarom gering. In midden Delfland kan de extra bodemdaling wel extra risico's opleveren, aangezien de verwachte bodemdaling (0.1 - > 0,5 m) hier relatief groot is vergeleken met de huidige ligging van de polder (1 to 3 m –NAP) ten opzichte van de waterlopen.

Ad 2. Verzakking van bouwwerken en wegen en aantasting van fundering

Zoals hiervoor is aangegeven wordt de grootste bodemdaling verwacht in het gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland. In deze gebieden zijn op de laaggelegen delen geen grote autowegen of spoorverbindingen aanwezig of gepland. Ook worden er amper woningen gebouwd, slechts in zeer geringe mate in de trendvariant in 2040.

De aantasting van houten heipalen onder historische bouwwerken door verdroging als gevolg van klimaatverandering lijkt als eerste gevolgen te kunnen hebben in het hoger gelegen Den Haag (op kustduinen en oude strandwallen) en niet zozeer in Delft, waar men al moeite moet doen om de stad droog te houden. Dit zal nader onderzocht moeten worden.

Ad 3. Wateroverlast door hevige of langdurige neerslag (water op straat)

Rioolstelsels zijn systemen die snel reageren op neerslag. Dit betekent dat veranderingen in neerslagextremen het meeste relevant zijn voor deze systemen. En met name de neerslagextremen in de zomer, omdat in die periode de buien met hoge intensiteit vallen die voor rioolstelsels maatgevend zijn. De neerslagextremen nemen in de zomer volgens alle KNMI'06 scenario's zeer waarschijnlijk toe. Bovendien is de verwachting dat voor Haaglanden door het kusteffect de meest extreme scenario's voor de zomerneerslag, G en W, waarschijnlijker zijn dan de meer gematigde G+ en W+ scenario's.

De klimaatverandering zal invloed hebben op het functioneren van rioolstelsels, waarbij deze vaker grote hoeveelheden neerslag te verwerken krijgen. Als de huidige rioolstelsels met deze verandering te maken krijgen zal de frequentie van de situaties waarin water-op-straat staat, en de mate van wateroverlast die dan plaatsvindt, toenemen. Deze effecten zullen op de bekende knelpunten vaker gaan optreden. Er zullen afhankelijk van de neerslagspreiding ook nieuwe en wisselende probleemlocaties optreden.

Water op straat kan in principe overal in het gebied voorkomen. Voor het bepalen van de huidige situatie blijkt dat het bepalen van overlast op basis van meldingen van inwoners het meest betrouwbare beeld geeft. Computersimula-

ties representeren vaak niet de werkelijke situatie van het stelsel waardoor voorspellingen niet kloppen. Water op straat is bovendien erg lokaal en afhankelijk van de specifieke situatie. Algemene kwantitatieve uitspraken over de effecten van klimaatverandering op water op straat zijn daardoor niet te doen. Wel is duidelijk dat overlast op bestaande knelpunten groter zal worden.

Het beperken van overlast door water op straat kan op diverse manieren worden verminderd. Belangrijke opties liggen in lokale oplossingen. Mogelijkheden zijn (o.a. Rioned):

- vergroten van de 'acceptatie' van water op straat door bewoners (dit is gemakkelijker als het gaat om schoon regenwater dan wanneer het gaat om uittredend rioolwater)
- afkoppelen van afvoerend verhard oppervlak van de riolering
- ondergrondse berging door aanleg grotere riolen en bergbezinkbasins (nadeel hoge kosten)
- sturing van gemalen (beperkte winst door voor te bemalen of door water in stroomopwaartse rioleringsgebieden met voldoende berging langer vast te houden door gemaal later aan te laten slaan)
- beter onderhoud, met name voorkomen verstoppingen van andere straatkolken
- terugbrengen (half)-gesloten verhardingen op particulier terrein voor meer infiltratie van regenwater
- verhogen van stoepranden en straatpeil verlagen voor waterberging op straat zonder dat overlast in huizen ontstaat
- waterbergen in de openbare ruimte zoals groenvoorziening
- meer open water voor extra waterberging
- gebouwen beschermen tegen water door bijvoorbeeld hogere ingangen van gebouwen.

Ad 4. Vermindering van gebouwveiligheid door veranderende klimaatomstandigheden

Haaglanden bevindt zich in het natte deel van Nederland. Daarom kunnen de effecten van extreme neerslag op de gebouwveiligheid zich hier het meest doen gelden. Met name platte daken en bedrijfshallen zijn hierin kwetsbaar, evenals tuinbouwkassen. Het is onbekend hoe de situatie in Haaglanden op dit gebied is, al is de verwachting dat de nieuwbouw, bedrijventerreinen en het buitengebied een verhoogde kwetsbaarheid hebben vanwege relatief veel voorkomende platte daken.

De gebouwveiligheid is geregeld in nationale en EU bouwcodes en kan daarom niet direct door Haaglanden worden aangepast. Wel kan een bepaalde bouwtechniek of -stijl worden gepromoot.

Ad 5. Verwerking van bouwwerken en wegen

Verschuiving naar warmere winters en warmere zomers zal leiden tot een kostenbesparing aan het onderhoud van wegen omdat winterse vorstschade in het algemeen groter is dan de zomerse hitteschade.

Bij aanleg van vooral spoorwegen zou meer rekening gehouden kunnen worden met hittebestendigheid, om verstoring van de mobiliteit te voorkomen. Verder lijkt het waarschijnlijk dat hogere zoninstraling, zoutindringing en ontwikkeling van schadelijke organismen vooral oude gebouwen in de binnenstad van Den Haag en Delft zullen beschadigen omdat maatregelen niet direct beschikbaar zijn. Dit heeft effect op de toeristische functie die het Haagse stadscentrum heeft (samen met Delft).

Ad 6. Effecten op de overige infrastructuur

De belangrijkste effecten van klimaatverandering op de drinkwatervoorziening bij DZH in Haaglanden treden op bij langdurige perioden van droogte en betreffen verminderde verdunning van puntlozingen en meer kans op bloei van cyanobacteriën bij hoge watertemperaturen.

De duinwaterbedrijven zoals DZH hebben in principe de beschikking over een strategische zoetwater voorraad in de duinen, maar deze kan maar beperkt worden aangesproken. Immers, wanneer de onttrekking doorgaat terwijl de infiltratie is stilgelegd zullen de duinen gaan verdrogen. Wanneer wordt omgeschakeld naar diepe winningen bestaat het risico dat brak grondwater wordt aangetrokken, waardoor de hele waterwinning (langdurig) gevaar loopt. In de praktijk is de strategische voorraad in de duinen van DZH enkele weken (2 à 3 weken).

Het is vooralsnog echter niet mogelijk om aan te geven wanneer de knikpunten rond verminderde verdunning en groei van cyanobacteriën op zullen optreden, omdat dit afhankelijk is van a) het hydrologische scenario en b) ontwikkelingen op het gebied van emissiereductie (bijv. Kaderrichtlijn Water). In een vervolgstudie zou de vraag centraal moeten staan wanneer de geconstateerde knikpunten voor de drinkwatervoorziening gaan optreden in de tijd. Om deze vraag te beantwoorden is een kwantitatieve analyse noodzakelijk, gebaseerd op scenario's voor de hydrologie en emissies van stoffen (puntbronnen en diffuse bronnen) in het stroomgebied van Rijn en Maas.

Er worden geen grote effecten verwacht op de overige infrastructuur zoals de energievoorziening. Wel heeft Haaglanden de mogelijkheid om de decentrale energievoorziening te versterken (bij gebrek aan centrale opwekking) om zodoende minder kwetsbaar te zijn in het geval van een (klimaatgerelateerde) calamiteit.

10.3 Mobiliteit

Ontwikkelingen en ambities

Het is in Haaglanden de ambitie om de regionale netwerken voor groen, water en verkeer te verbeteren.

Deze netwerken zorgen ervoor dat de motor waarop Haaglanden draait kan blijven functioneren. Honderdduizenden mensen bewegen zich dagelijks via de

wegen, fietspaden en het spoor. De groene verbindingen tussen de open gebieden zijn belangrijk voor recreatie, natuur en de gezondheid van de burgers. Men wil dit bereiken door:

- *De verbinding naar andere regio's in binnen- en buitenland te verbeteren.* De prioriteit ligt bij de aanleg van ontbrekende delen in de A4, extra sporen en de hogesnelheidslijnen voor het internationale spoorverkeer.
- *Het openbaar vervoer in regio naar een hoger plan tillen.* Dit betreft het uitbreiden van Randstadrail en het verbeteren van de overstapmogelijkheden, ook naar andere vormen van vervoer. Daarnaast wordt gewerkt aan de Stedenbaan, een verbeterd stoptreinnet, gekoppeld aan beter bereikbare stations en meer kantoren en woningen in de directe nabijheid van de stations.
- *De fietsverbindingen sneller en comfortabeler te maken.* Hiervoor zijn hoogwaardige fietsroutes en voorzieningen nodig, zoals stallingen.
- *Het wegennet betrouwbaarder te maken.* De aanleg van nieuwe wegen kan tot het hoognodige beperkt worden door het beter benutten van bestaande wegen en bewust reisgedrag te stimuleren.
- *Groene verbindingen verder ontwikkelen.* Duinen, weiden, landschappen, parken en reactiegebieden onderling verbinden en landschappen verder ontwikkelen, evenals de overgang van stad naar groengebieden verbeteren.

Klimaateffecten

De grootste bedreiging voor het verbeteren van de mobiliteit wordt voorzien voor het personen- en vrachtautovoer als wegdelen onderlopen ten gevolge van een toename van de neerslag in de herfst, winter en lente. De verbinding tussen en binnen de regio's loopt gevaar en de betrouwbaarheid van het wegennetwerk neemt af. Het risico op overstroming is besproken in de paragraaf Infrastructuur.

Veranderingen in gemiddelde winter- en zomertemperatuur kunnen leiden tot een verandering in de kwetsbaarheid van met name het spoorvervoer. Temperatuurtoename in de winter leidt tot een verlaagde kans op uitval van treinen. Een toename van hitteperioden met extreme temperaturen in de zomer leidt tot een grotere kans op treinuitval.

De bereikbaarheid van de kust en zwemwater zal in Haaglanden om meerdere redenen onder druk komen te staan. De behoefte aan strandrecreatie zal groter worden door een groeiende bevolking, de warmere zomers (zie de paragraaf over economie) en de onder druk staande zoetwaterkwaliteit die de mogelijkheden van recreatie aan plassen verkleint.

Voorname knelpunten

Als gevolg van onderlopende wegdelen kan mobiliteit verstoord raken in de laaggelegen gebieden aan de zuidoost kant (Pijnacker, Zoetermeer en ook Leidschendam, o.a. op de auto- (A12, A13) en spoorwegen (Gouda – Den Haag, Randstadrail). Bij aanleg is het verstandig om rekening te houden met de noodzaak van vergrote afvoermogelijkheden om onderlopende weg- / spoordelen (tunnels en viaducten) te voorkomen.

Laaggelegen wegdelen spelen ook een belangrijke rol in de economische schade na een overstroming. Dit betekent wederom dat laaggelegen wegdelen zoveel mogelijk voorkomen dienen te worden.

De bereikbaarheid van de kust zal in de toekomst door meerdere factoren waaronder het klimaat steeds verder onder druk komen te staan. Om de toeristische peiler in stand te houden zal Haaglanden deze bereikbaarheid moeten waarborgen.

10.4 Economie

Ontwikkelingen en ambities

Het is de ambitie in Haaglanden om op het gebied van economische ontwikkeling de vier internationale specialisaties verder uit te bouwen. De vier internationale specialisaties waarop de economische motor van de regio Haaglanden op draait zijn (Stadsgewest Haaglanden (2008) Regionaal Structuurplan Haaglanden):

- *Recht, vrede en veiligheid*: te vinden in de strook Scheveningen - Den Haag Centraal, zoals het Binnenhof, het Vredespaleis en het Internationaal Strafhof.
- *Kennis, innovatie en technologie*: Delft ligt in het centrum van de regio, met o.a. de TUD en TNO
- *Greenport Westland-Oostland*: Glastuinbouw gebied en alle verwante agro-bedrijvigheid (verder behandeld in het hoofdstuk 9 Glas)
- *Toerisme*: strand, attractieparken, landschappen, historische binnensteden en sportvoorzieningen.

Elke specialisatie moet de ruimte krijgen om zich verder te ontwikkelen binnen het gebied waar het zich het best thuis voelt. Dit wordt gedaan door (Stadsgewest Haaglanden (2008) Regionaal Structuurplan Haaglanden):

- Voldoende ruimte te reserveren, en te zorgen dat deze voldoet aan de eisen van de bedrijven en instellingen.
- De bereikbaarheid verbeteren
- Voldoende geschikte woningen aan te bieden
- Een gevarieerd aanbod aan cultuurvoorzieningen, ontmoetingscentra en moderne horeca te stimuleren
- Te investeren in de samenwerking tussen overheid, onderwijsinstellingen en bedrijven.

Klimaat effecten

De economische pijlers van Haaglanden zijn relatief klimaatrobuust. De economische waarde van Haaglanden wordt namelijk vooral gevormd door kennis en know-how van mensen. Grootschalige industrieën met de benodigde infrastructuur lopen veel meer risico in een veranderend klimaat. Bovendien is de kenniseconomie van Haaglanden relatief energie- en CO₂-extensief en zal dus weinig te lijden hebben onder een streng CO₂-reductiebeleid.

Negatief effect van klimaatverandering op de beleids- en kenniseconomie in Haaglanden is de afnemende arbeidsproductiviteit als gevolg van hittestress door verhoogde temperaturen (Daanen et.al., 2010). Hiertegen zijn maatregelen te nemen in de vorm van binnenklimaatregeling (Klok, 2010), waarbij de hittestress effecten sterk teruggedrongen worden.

Ook de vastgoedmarkt kan worden beïnvloed door klimaat effecten en overstromingsrisico's. Het is hierbij niet altijd doorslaggevend of er een werkelijke of een vermeende dreiging bestaat. De kwestie is dat de kopers overtuigd moeten zijn van de rentabiliteit van hun investering. Er is een hypothese dat met name in de laaggelegen gebieden vastgoedprijzen zouden kunnen dalen (omdat men een extra risico percipieert) en als gevolg daarvan in de hoger gelegen gebieden stijgen. Een overtuigend veiligheidsbeleid zou dit kunnen voorkomen maar zeker is dit niet (omdat het om perceptie gaat). Klimaatverzekeringen die momenteel in ontwikkeling zijn (Botzen, 2010) zouden deze effecten doelgericht kunnen temperen omdat ze het extra gepercipieerde investeringsrisico afdekken.

Het toerisme in Haaglanden zal profiteren van klimaatverandering omdat opwarming in Haaglanden een verbetering betekent, terwijl opwarming in Zuid-Europa een verslechtering inhoudt. Voorwaarde is wel dat de mogelijk negatieve gevolgen van klimaatverandering voor het toerisme in Haaglanden beperkt blijven, bijvoorbeeld dat de historische binnensteden hun kwaliteit blijven behouden en de bereikbaarheid van toeristische attracties gegarandeerd is. Dit hangt tevens samen met effecten die genoemd worden in hoofdstuk 10.2 Infrastructuur (verzakking en verwerking) en 10.3 Mobiliteit (bereikbaarheid) en 10.5 Leefbaarheid (hittestress en overige overlast).

Hoofdstuk 11 gaat in op de effecten voor de economische pijler glastuinbouw.

Voorname knelpunten

Haaglanden heeft economisch gezien relatief weinig te lijden onder de klimaatverandering zolang de infrastructuur goed blijft functioneren en het veiligheidsniveau van het gebied op peil is. De economie is dan relatief klimaatrobuust.

Er is een hypothese dat dalende huis- en kantorenrijzen in lage gebieden en de stijgende prijzen in de hogere gebieden een klimaat effect kan worden. Dit effect verkleint de aantrekkelijkheid van het trendscenario en bevoordeelt het beleidsscenario, waar in de hooggelegen binnenstad bijgebouwd wordt. Met name in Zoetermeer zal dan de prijs van een groot aantal (bestaande en nieu-

we) woningen door klimaatrisico's kunnen worden gedrukt. Den Haag ligt relatief hoog waardoor de vastgoedprijzen sterker zullen stijgen. Dit wordt versterkt door het aantrekkende kusttoerisme, dat zeker een kans biedt voor Haaglanden.

10.5 Leefbaarheid

Ontwikkelingen en ambities

Het is een ambitie in Haaglanden om te blijven werken aan een aantrekkelijke woonomgeving. De investeringen in de economische ontwikkeling en de netwerken van water, groen en verkeer zijn bedoeld om de bewoners van Haaglanden een goede leefomgeving te kunnen bieden. De kwaliteit hiervan wordt daarnaast bepaald door de woning en de woonomgeving. De plannen hiervoor worden door de individuele gemeentes gemaakt. Het Regionaal Structuur Plan bevat wel een aantal algemene kwaliteitseisen:

- De woon- en leefomgeving moet schoon, stil en veilig zijn, met ruimte om te spelen en elkaar te ontmoeten
- De woonbuurten moeten van elkaar verschillen
- Verouderde wijken moeten verder vernieuwd worden.

Klimaat effecten

De belangrijkste knelpunten voor de leefbaarheid komen voor op het gebied van:

1. Hittestress als gevolg van klimaatverandering en luchtkwaliteit
2. Waterkwaliteit en stankoverlast en
3. Wateroverlast en vochtproblemen.

Ad 1. Hittestress als gevolg van klimaatverandering en luchtkwaliteit

In warme zomerperioden kan hittestress optreden, een toestand waarin het menselijk lichaam niet meer goed functioneert door een te hoge warmtebelasting. Dit kan leiden tot onwelbevinden, slaapverstoring, lagere arbeidsproductiviteit en zelfs sterfte, vooral bij kwetsbare groepen als ouderen, zieken en kinderen. Kanttekening hierbij is dat een toename van de winterkoude in het algemeen meer sterfte tot gevolg heeft dan eenzelfde toename van de zomerwarmte. Dit zou betekenen dat over het hele jaar gezien, een warmer klimaat tot minder sterfte zou leiden.

Het is nog niet geheel duidelijk wat de mechanismen achter hittestress zijn maar wel duidelijk is dat een combinatie met luchtverontreiniging leidt tot sterkere gezondheidseffecten. Hierbij komt het verschijnsel dat de temperaturen in het stadsgebied over het algemeen wat hoger zijn dan in het buitengebied, het zogenaamde 'urban heat island', omdat de stad in materialen en door warmteproductie en microklimaat warmte vasthoudt.

Voor Rotterdam is een studie naar het urban heat island en hittestress uitgevoerd in het kader van Kennis voor Klimaat. In Rotterdam, met zo'n 600 000

inwoners, wordt het hitte-eiland effect geschat op maximaal 8°C verschil met het omliggende landelijke gebied. Op basis hiervan wordt geschat dat hittestress leidt tot een extra sterfte per dag van gemiddeld 1,5 sterftegeval, wat met 24 zomerse dagen (max $\geq 25^{\circ}\text{C}$) neerkomt op 36 sterfgevallen per jaar (Daanen, 2010). Uitgaande van het meest extreme klimaatscenario zou dit aantal sterfgevallen met 50% toegenomen kunnen zijn in 2020 en verdubbeld kunnen zijn in 2050, gezien het toenemende aantal zomerse dagen en bovendien het toenemende aandeel van tropische dagen daarin. Omdat een deel van de sterfte tijdens hitte te wijten lijkt te zijn aan luchtverontreiniging (Fischer et al., 2004), zou in Rotterdam, waar jaargemiddelde PM_{10} concentraties ongeveer 15% hoger zijn dan in buitenstedelijk gebied, de sterfte tijdens hitte ook hoger verwacht worden dan in een niet-stedelijke situatie. Daarnaast draagt het hitte-eilandeffect in Rotterdam naar verwachting bij aan extra sterfte (en ziekte).

Gesteld kan worden dat verhoging van de temperatuur op zich geen grote bedreiging is voor de volksgezondheid. Eén graad temperatuurstijging in Nederland als gevolg van klimaatverandering vermijdt in de winter meer doden dan dat er zomers bijkomen (Daanen, 2010). Verder is de verwachting dat de luchtkwaliteit in de toekomst zal verbeteren, waardoor het gecombineerde gezondheidseffect met hitte en dus het aantal doden als gevolg van hitte zal afnemen. Bovendien is het milde zeeklimaat gunstig met betrekking tot hittestress in Nederland en in nog sterkere mate in Haaglanden, met zijn ligging aan zee.

Uit de studie voor Rotterdam blijkt dat het hitte-eilandeffect in Rotterdam niet zo groot als in andere (wereld)steden maar niet verwaarloosbaar is. Rekening houdend met alle onzekerheden concluderen we dat in de stedelijke omgeving rekening gehouden moet worden met toenemende zomerhitte en in relatie hiermee een toenemend watergebruik.

Maatregelen tegen hitte in de stad zouden zich moeten beperken tot no-regretmaatregelen, dat wil zeggen maatregelen die niet verkoelend zijn in de winter, geen negatieve bijeffecten hebben en niet-permanent zijn (in tijd en plaats), bijvoorbeeld kleinschalig groen, blauwe daken en fontein, welke ook een positieve bijdrage aan de beleving met zich meebrengen. Flexibel en zonder verkoelend effect in de winter zijn ook het sproeien van daken, gevels en straten maar deze hebben als nadeel dat ze water verbruiken. Op gebouwniveau zijn zonwering en actieve koeling no-regret maatregelen (waarvan de laatste als nadeel heeft dat het energie gebruikt en dus CO_2 -emissies veroorzaakt). Ook van gedragsmaatregelen (werktempo aanpassen, verkoeling zoeken, waterinname aanpassen, medicatie aanpassen, acclimatiseren aan warmte etc.) krijgt men geen spijt (Harmelen et al 2010).

Ad 2. Waterkwaliteit en stankoverlast

Samenvattend zijn twee problemen te onderscheiden die door klimaatverandering tot knelpunten voor de beleving van water kunnen leiden: blauwalgen en fecale verontreinigingen.

Door de drogere zomers zal de kwaliteit van het water sterker worden beïnvloed door de bronnen van vervuiling die in de polder aanwezig zijn. Heftige

buien zorgen periodiek voor 'verduunning' van het water, maar ook van afspoe-ling van stoffen naar het watersysteem (nutriënten in het landbouwgebied en riooloverstorten/ straatvuil in het stedelijk gebied). De hogere temperatuur zal zorgen voor het versnellen van biologische en chemische processen in het wa-ter (bv verhoogde algengroei). De afname van de waterkwaliteit kan vervolgens leiden tot stankoverlast. De lagere kwaliteit van het zoetwater kan leiden tot een verschuiving naar het kusttoerisme.

Ad 3. Wateroverlast en vochtproblemen

Wateroverlast kan optreden bij stortbuien. Dit kan leiden tot ondergelopen wegdelen maar ook kelders en laaggelegen woonlagen. Dit treedt op in laagge-legen gebieden, maar kan ook lokaal optreden (zie paragraaf 6.6).

Ten gevolge van een toename van de neerslag kan meer vocht in muren, kel-ders en kruipruimtes optreden (zie paragraaf 5.3).

Voorname knelpunten

Ad 1. Hittestress als gevolg van klimaatverandering en luchtkwaliteit

Hittestress kan leiden tot onwelbevinden en zelfs sterfte. Op zich heeft Neder-land en Haaglanden in het bijzonder een gunstige ligging aan zee. Maar met name in het stedelijk gebied lijkt men kwetsbaarder voor hittestress door de combinatie met een slechtere luchtkwaliteit en het urban heat island effect. Dit laatste leidt echter ook tot minder sterfte in de winter.

In het beleidsscenario wordt het stedelijk gebied verdicht, wat leidt tot extra ri-sico op het vlak van hittestress (als gevolg van Urban Heat Island) en luchtkwa-liteit. De impact van hittestress wordt wellicht versterkt doordat het "redmid-del" water schaarser wordt (in kwaliteit en/of kwantiteit). Anderzijds heeft Haaglanden een gunstige ligging aan de kust met voldoende toegang tot ver-koelend (zee-) water. Maatregelen tegen hitte in de stad zouden zich moeten beperken tot no-regretmaatregelen, dat wil zeggen maatregelen die niet ver-koelend zijn in de winter, geen negatieve bijeffecten hebben en niet-permanent zijn (in tijd en plaats).

Ad 2. Waterkwaliteit en stankoverlast

Waar de afname van de zoetwaterkwaliteit in de woonomgeving als gevolg van fecale verontreinigingen en blauwalgen vooral zal optreden dient nader onder-zocht te worden. Wel duidelijk is dat deze verslechterde zoetwaterkwaliteit kan leiden tot een grotere druk op de kust voor waterrecreatie.

Ad 3. Wateroverlast en vochtproblemen

In tegenstelling tot het beleidsscenario neemt in het trendscenario de omvang van het stedelijk gebied toe. Hiermee groeit de wateropgave met circa 20%. De effecten van klimaatverandering hebben een even groot tot dubbel zo groot effect op de wateropgave in de stad.

Van de stedelijke concentraties is met name Zoetermeer laaggelegen en dus kwetsbaar voor wateroverlast en overstroming. Deze kwetsbaarheid neemt toe in het trendscenario waarin wordt gebouwd in het lage landelijke gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en in de zone Delft, Pijnacker.

Zoals beschreven in paragraaf 5.3 kan de kwelstroom in het gebied ten oosten van de duinen (de zone oostelijk Den Haag, Voorburg en Leidschendam) stijgen ten gevolge van een stijging van de grondwaterstand in het duingebied, in combinatie met de toegenomen kwel door zeespiegelstijging en bodemdaling. Nader onderzoek is aan te bevelen, met name om meer gedetailleerd in beeld te kunnen brengen wat de cumulatieve effecten zullen zijn op toename van de kwel in de genoemde zone. Verwacht wordt echter dat rekening gehouden dient te worden met grondwateroverlast in deze zone.

Ten gevolge van een toename van de neerslag kan meer vocht in muren, kelders en kruipruimtes optreden. Het is onduidelijk waar en wanneer dit zou optreden als gevolg van klimaatverandering.

10.6 Conclusies

Klimaatverandering kan direct de functionaliteit van wonen, werken en vervoer beïnvloeden, maar ook indirect via de onderliggende infrastructuur.

De economische pijlers (beleid, kennis en toerisme⁶) van Haaglanden zijn relatief klimaatrobuust. De economische waarde van Haaglanden wordt namelijk vooral gevormd door kennis en know-how van mensen en in mindere mate door kwetsbare installaties en infrastructuur. Bovendien is de kenniseconomie van Haaglanden relatief energie- en CO₂-extensief en zal dus weinig te lijden hebben onder een streng CO₂-reductiebeleid. Een potentieel negatief effect van klimaatverandering is de afnemende arbeidsproductiviteit en gezondheidsschade als gevolg van hittestress door verhoogde temperaturen. Maar hiertegen zijn maatregelen te nemen in de vorm van binnenklimaatregeling en gedragsmaatregelen. Haaglanden heeft een relatief gunstige ligging aan zee.

Het toerisme in Haaglanden zal kunnen profiteren van klimaatverandering. De druk op de kust zal echter toenemen. Deze toename zal groter zijn als de zwemwaterkwaliteit van plassen niet kan worden gegarandeerd. Bereikbaarheid op zomerdagen wordt nog meer dan nu het geval is een aandachtspunt.

⁶ Glastuinbouw wordt in een apart hoofdstuk behandeld.

Verder lijdt mobiliteit niet onder de klimaatproblematiek. Als gevolg van onderlopende wegdelen kan mobiliteit verstoord raken in de laaggelegen gebieden aan de zuid-oost kant (Delft, Pijnacker, Zoetermeer en ook Leidschendam, o.a. op de auto- (A12, A13) en spoorwegen (Gouda – Den Haag, Randstadrail).

Haaglanden bevindt zich in het natte deel van Nederland. Daarom kunnen de effecten van extreme neerslag op de gebouwveiligheid zich hier het meest doen gelden. Met name platte daken en bedrijfshallen zijn hierin kwetsbaar, evenals tuinbouwkassen. Momenteel is de omvang van het risico in het algemeen en in Haaglanden in het bijzonder nog niet duidelijk en wordt nader onderzoek aanbevolen.

Verzakking van gebouwen en wegen als gevolg van bodemdaling door uitdroging kan optreden in het laaggelegen gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland. Echter, in deze gebieden is weinig infrastructuur en staat er ook weinig gepland.

Het beleidsscenario voor de ruimtelijke ontwikkelingen (zie hoofdstuk 3) lijkt het meest klimaatrobust, waarbij het stedelijk gebied wordt verdicht en er niet bijgebouwd wordt in laaggelegen gebieden. In het stedelijk gebied treden echter mogelijk wel een aantal problemen op als gevolg van klimaatverandering, zoals hittestress, en in de oude binnensteden problemen met heipalen door verdroging (vooral in Den Haag) en vertering van gebouwen als gevolg van hogere zoninstraling, zoutindringing en ontwikkeling van schadelijke organismen. Nader onderzoek wordt aanbevolen.

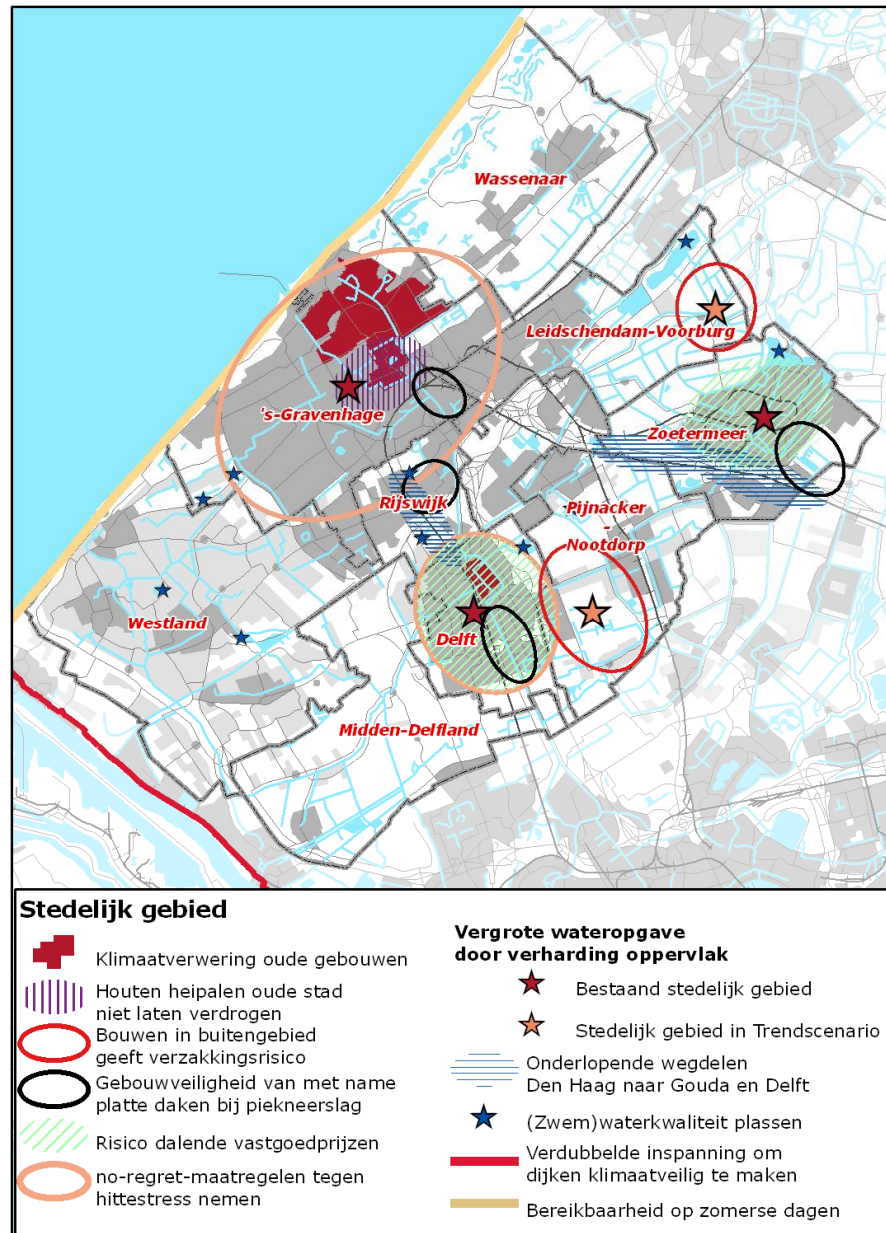
Ook treedt een mogelijk grotere wateropgave op door toename van het verhard oppervlak bij de plannen voor herinrichting van stedelijk gebied (bij uitbreiding maar ook bij verdichting). Hierbij dient rekening gehouden te worden met toename van de afvoer in combinatie met klimaatverandering om zo een robuust watersysteem te creëren.

Haaglanden ligt laag en dicht bij zee waardoor het gevoelig is voor overstroming. De bescherming door dijken is dus van levensbelang. Klimaatverandering lijkt de huidige inspanningen om aan de wettelijke veiligheidsnorm te voldoen, te verdubbelen. De vastgoedmarkt kan worden beïnvloed door (werkelijke of vermeende) klimaateffecten en overstromingsrisico's. Fysieke maatregelen (op orde brengen van kaden en dijken), communicatie met de burger of klimaatverzekeringen zouden deze effecten kunnen temperen. Nader onderzoek over de door klimaatverandering noodzakelijke aanpassing van dijken in Haaglanden wordt aanbevolen.

De belangrijkste effecten van klimaatverandering op de drinkwatervoorziening bij DZH in Haaglanden treden op bij langdurige perioden van droogte en betreffen verminderde verdunning van puntlozingen en meer kans op bloei van cyanobacteriën bij hoge watertemperaturen. De strategische voorraad van DZH in de duinen bedraagt 2 à 3 weken. In nader onderzoek zou de vraag centraal moeten staan wanneer de geconstateerde knikpunten voor de drinkwatervoorziening gaan optreden in de tijd.

De genoemde klimaateffecten in de stedelijke omgeving spelen op verschillende schaalniveaus en vereisen daarmee ook aandacht en maatregelen op verschillende schaalniveaus. Daarom zijn in Bijlage E de relevante klimaateffecten in Haaglanden gecategoriseerd naar regio, stad/wijk en gebouw.

171



Figuur 76: Aandachtsgebieden knelpunten stedelijk gebied

Een goede infrastructuur is de sleutel tot een klimaatrobuuste stad. Het bepaalt de kwetsbaarheid van de stedelijke functies, voor de korte termijn, maar vanwege de lange levensduur van netwerken en bouwwerken, ook voor de lange termijn. Adaptatiemaatregelen zullen dus tijdig genomen moeten worden om op tijd effect te kunnen sorteren.



11 Glastuinbouw – ‘Glas’

11.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beeld van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering op de glastuinbouwsector in de regio Haaglanden. In de regio ligt een omvangrijke concentratie glastuinbouw. De grenzen van de stedelijke uitbreiding zijn in Haaglanden ongeveer bereikt. Vanwege verdere economische groei wordt door Haaglanden de komende jaren ingezet op herstructurering en verdichting van bestaand glastuinbouwgebied. De sector zal daarbij ook te maken krijgen met de omvangrijke vraag naar ruimte voor water. Deze vraag hangt samen met klimaateffecten waarvan de gevolgen ook nu al zijn ondervonden: extreme buien hebben reeds een aantal keren gezorgd voor wateroverlast en schade.

De informatie in dit hoofdstuk is een interpretatie van de in hoofdstuk 2 geschetste klimaatverandering in combinatie met de ambities en trends ontleend aan de diverse beleidsplannen zoals structuurvisies en regioplannen en op de bij Haaglanden gehouden Arenasessie. Voor een deel van de informatie in dit hoofdstuk wordt daarbij ook gebruik gemaakt van de resultaten van een recent afgerond onderzoek van het Productschap Tuinbouw naar klimaatverandering en de gevolgen voor de Nederlandse tuinbouw (Slobbe et. al., 2010). In dit onderzoek is aan de hand van literatuurstudie en interviews met experts binnen en buiten de sector geïnventariseerd wat klimaatverandering volgens hen voor de tuinbouwsector in Nederland gaat betekenen.

11.2 Huidige situatie en beleid: herstructurering en verdichting

Glastuinbouw is een belangrijke economische sector in het stadsgewest Haaglanden. Het gebied kent ca. 2.000 glastuinbouwbedrijven met een totaal oppervlak van meer dan ca. 3.200 ha (CBS 2007) waarvan 2.500 ha in Westland, 350 ha in Pijnacker-Nootdorp en de rest in Den Haag, Leidschendam Voorburg en Rijswijk. De sector biedt ca. 11.000 directe arbeidsplaatsen en totaal, inclusief agrobusiness, ruim 31.000 arbeidsplaatsen. De veiling Flora Holland bijvoorbeeld, is de grootste veiling ter wereld en kent zo'n 1.600 arbeidsplaatsen in Naaldwijk. De productiewaarde van Glastuinbouw in Zuid-Holland is € 2,6 miljard, wat meer is dan de helft van het Nederlandse totaal, ca. € 4,5 miljard. De Nederlandse exportpositie wordt voor een belangrijk deel bepaald door de glastuinbouw in de regio Haaglanden.

Het glastuinbouwcluster is daarom door Haaglanden aangewezen als één van de vier belangrijkste economische pijlers in de regio (naast de pijlers overheid & dienstverlening, kennis & technologie en toerisme). Hoewel de glastuinbouw in Haaglanden als een krachtige sector gezien wordt, zien de overheden dat ondersteuning gewenst is om de glastuinbouw hier in stand te houden en te

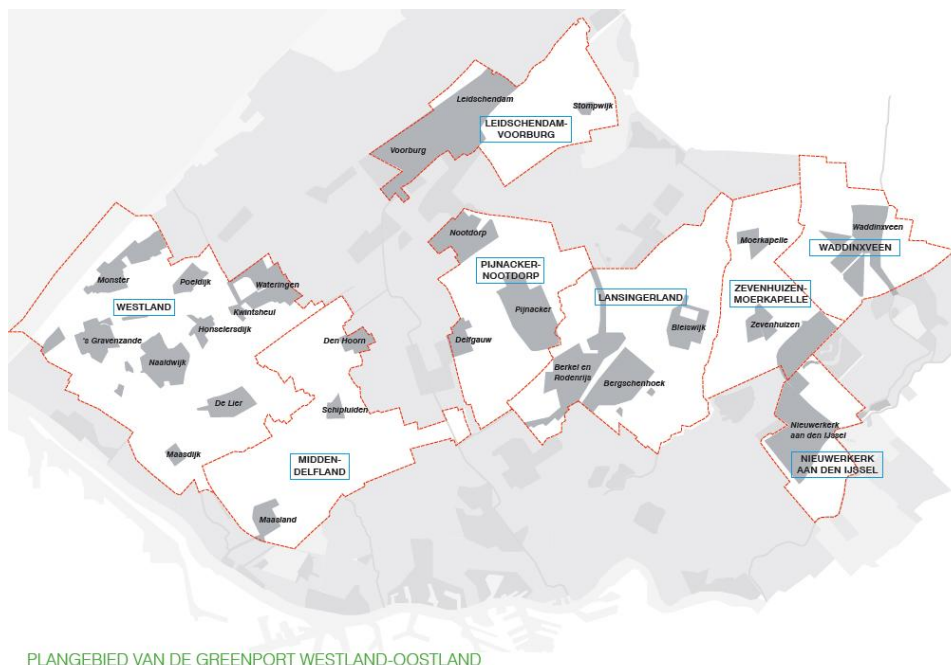
versterken. Onder de naam Greenport Westland-Oostland is er daarom door acht gemeenten, onder andere in Haaglanden, een samenwerkingsverband opgezet:

- Haaglanden: Pijnacker-Nootdorp, Westland, Midden-Delfland, Leidschendam-Voorburg
- Buiten Haaglanden (o.a. Oostland): . Lansingerland, Nieuwerkerk aan den IJssel, Waddinxveen en Zevenhuizen-Moerkapelle

174

Greenport Westland-Oostland is het grootste glastuinbouwcluster in Nederland en kent verschillen in structuur. Zo is er in het Westland een groot aaneengesloten glastuinbouwcluster terwijl er aan de randen van de kernen van Oostland verschillende glastuinbouwclusters te onderscheiden zijn. Een hoofddoelstelling van het Greenport verband is de consolidatie van een duurzaam glastuinbouwareaal om de rol als Greenport waar te kunnen blijven maken. Het zogenaamde verspreide glas zal plaats maken voor groen, water en (in beperkte mate) wonen.

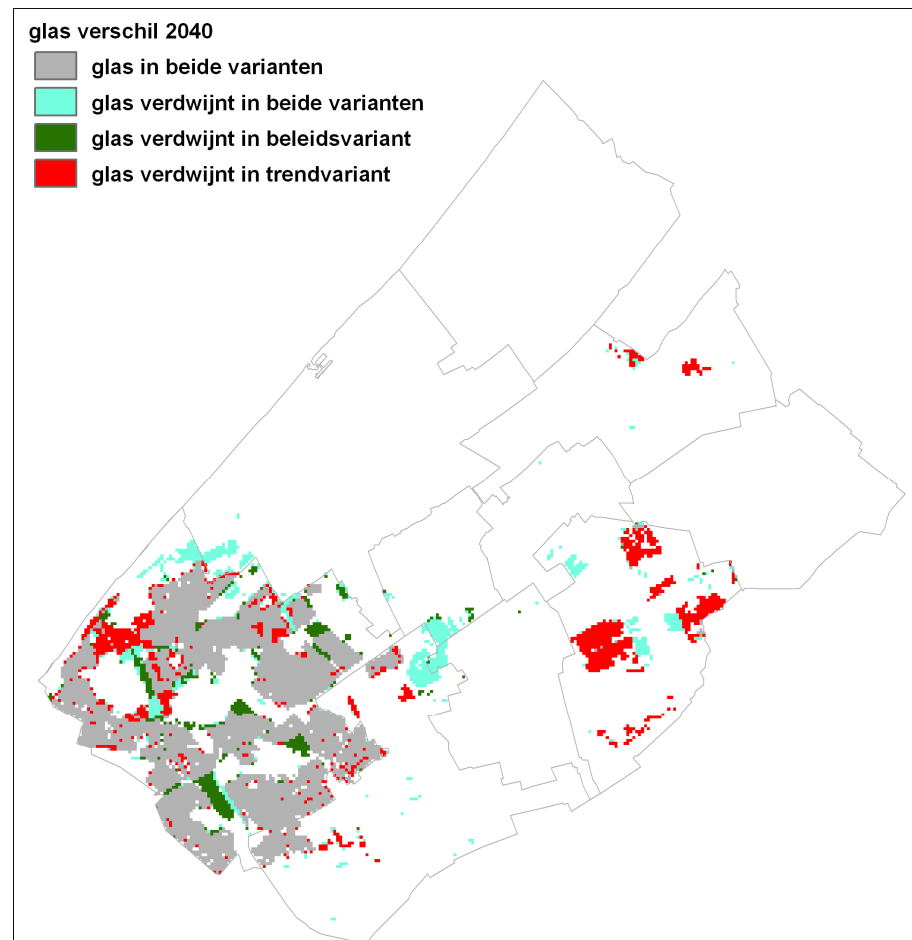
De Provincie Zuid-Holland en de Greenport Westland-Oostland gemeenten hanteren daarnaast een zogenaamd 'saldo-nul principe' voor de glastuinbouw in het gebied. Dit betekent dat de totale oppervlakte aan glas gelijk dient te blijven; verdwijnt ergens glas, dan zal gestimuleerd worden dat dit ergens anders kan worden gecompenseerd. De Provincie zal ontwikkelruimte aanwijzen, vooral voor het verplaatsen van glastuinbouwbedrijven voor wie in de Greenport geen ruimte meer is.



Figuur 77: Het gebied van Greenport Westland-Oostland (de gemeenten Lansingerland, Nieuwerkerk aan den IJssel, Waddinxveen en Zevenhuizen-Moerkapelle liggen niet in het Haaglanden gebied) (bron website van de Visie Greenport 2020)

De ruimtelijke ontwikkeling van Haaglanden is in hoofdstuk 3 van dit rapport beschreven aan de hand van twee varianten: de trendvariant en de beleidsvariant. In de beleidsvariant komt tot uiting hoe het huidige beleid zich ruimtelijk zal manifesteren. De varianten verschillen sterk met betrekking tot de locatie van de glastuinbouw in Haaglanden, die grafisch zijn weergegeven in Figuur 78 (zie bijlage D voor grotere weergave).

175



Figuur 78: Kaart van Haaglanden met blijvende en verdwijnende glastuinbouw in 2040 volgens de trendvariant (rood, 2040), de beleidsvariant (groen, 2030) of beide varianten (blauw).

De aandachtsgebieden die in deze ontwikkeling kunnen worden onderscheiden zijn:

1. Westland
2. Omgeving Pijnacker
3. Verspreid liggend glas.

1) Westland

In het Westland blijft er in beide varianten een substantiële glasco concentratie aanwezig. Onder invloed van stedelijke ontwikkeling verdwijnt er in beide varianten glas bij de Westlandse Zoom en in de omgeving van 's-Gravenzande. In de trendvariant is daarnaast te zien dat Monster, 's-Gravenzande en Naaldwijk verder naar elkaar toe groeien. In de beleidsvariant is deze ontwikkeling minder

sterk, maar zijn er wel enkele grootschalige transformaties zichtbaar, met name in de omgeving van Naaldwijk.

2) *Omgeving Pijnacker*

In de beleidsvariant blijft het duurzame glastuinbouwgebieden in de omgeving van Pijnacker voortbestaan: in de trendvariant verdwijnt de glastuinbouw hier in 2040 volledig onder invloed van toenemende verstedelijking.

3) *Verspreid liggend glas*

In beide varianten verdwijnen bestaande verspreid liggende glasconcentraties. In de beleidsvariant blijven enkele kleinschalige concentraties, zoals bij Stompwijk, bestaan.

In de trendvariant is de glastuinbouw alleen nog terug te vinden in het Westland: de concentraties rondom Pijnacker zijn vervangen door woningbouw.

11.3 Trends en ambities sector

Om de positie van de Nederlandse Glastuinbouw nu en in de toekomst te behouden zijn er uitvoeringsafspraken gemaakt door de stuurgroep Greenport(s) Nederland, die is samengesteld uit vertegenwoordigers van het totale tuinbouwbedrijfsleven en de overheden (rijk, provincie en gemeenten). Eén van die afspraken betreft het opstellen van één integrale visie per Greenport.

Het Greenport Westland –Oostland verband spant zich samen met het bedrijfsleven, belangenorganisaties en mede-overheden in om de positie van de glastuinbouw als vitale, economische sector te behouden en verder te versterken. Gezamenlijk hebben de acht gemeenten een integrale visie opgesteld tot 2020. Omdat met dit plan het overgrote deel van het glas in Haaglanden is vertegenwoordigd nemen we voor deze studie deze visie als leidraad⁷. De belangrijkste uitdagingen die de overheden zich in het plan stellen zijn overgenomen en hieronder weergegeven: De ambities die daar uit volgen worden onder het betreffende hoofdstuk verder behandeld in relatie tot de verwachte klimaateffecten.

Met de ambities en projecten uit de visie Greenport Westland-Oostland willen de betrokken gemeenten er samen met de andere partijen voor zorgen dat de Greenport zich ontwikkelt als een bereikbare, innovatieve, duurzame en dynamische greenport met een hoogstaand kennisnetwerk.

Een aantal uitdagingen voor de glastuinbouw in Haaglanden zijn uit visie Greenport Westland-Oostland 2020):

⁷ Vanuit de verschillende samenwerkingsverbanden, zoals Greenports Nederland, Greenport Zuid-Holland en Greenport Westland-Oostland diverse toekomstplannen en visies opgesteld. Voor de ambities wordt in dit rapport vooral uitgegaan van de visie die is opgesteld in de Integrale visie Greenport Westland-Oostland voor 2020.

- Omvang en gebruik van het glasareaal: het Zuid-Hollands areaal van 5800 ha dient in stand te worden gehouden. In de strijd om de schaarse ruimte in de dicht bevolkte zuidvleugel van de Randstad gaat echter steeds meer glastuinbouwareaal verloren.
- Grootschalige herstructureringsopgave: De opgave voor de Greenport Westland-Oostland bedraagt 2850 ha tot 2020. Verouderde glastuinbouwgebieden moeten worden geherstructureerd. Door de structurele aanpassingen die nodig zijn, ligt hier ook een taak voor overheden.
- Bereikbaarheid: De sector is exportgericht en doordat het veelal gaat om bederfelijke producten is hij sterk afhankelijk van snel transport. De congestie op de autowegen in de Randstad, maar ook de matige ontsluiting binnen de Greenport, vormt hiermee een belemmerende factor voor het functioneren van de sector. Op nationaal niveau is het verbeteren van de verbindingen met de mainports Schiphol en Rotterdam van belang.
- Duurzaamheid en energie: Stijgende energieprijzen en de noodzaak tot CO₂-reductie dwingen de sector nieuwe wegen te zoeken ten aanzien van energiegebruik.
- Duurzaamheid en water: Door klimaatsverandering en de Europese Kaderrichtlijn Water worden aanvullende eisen gesteld voor voldoende waterberging en de kwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater. Door deze wateropgave is niet op individueel bedrijfsniveau op te lossen, maar door een gemeenschappelijke aanpak kan een kwaliteits- en efficiëncyslag worden behaald.
- Ruimtelijke kwaliteit: Open ruimte wordt steeds schaarser en de kwaliteitseisen die er aan gesteld worden steeds hoger. Dit betekent dat de glastuinbouw in en rond de open gebieden mee zal moeten in de kwaliteitsverbetering van het landschap.
- Arbeid en ondernemerschap: De arbeidsmarkt in de glastuinbouw is krap en het imago van de sector spreekt onvoldoende aan bij zowel jonge, lager geschoolde als bij hoger opgeleid arbeidskrachten. Beide categorieën werknemers zijn echter nodig om de economische motor draaiend te houden.

Interessant hierbij is de visie van Greenports Nederland 2040 uit 2008 waarin het glastuinbouwbedrijf in 2040 wordt geschetst, zie onderstaand kader:

Visie glastuinbouwbedrijven in 2040

In 2040 zijn tuinbouwbedrijven getransformeerd tot een industrie. Massa (kwantiteit, grote productie-eenheden, comfortfood) en maatwerk (specials, kleinschalig, slowfood). Er zijn factories ontstaan, die ook ondergronds kunnen liggen of in lagen zijn opgebouwd. Er wordt duurzaam geproduceerd. Energie voor verwarming, koeling, elektriciteit, hergebruik afvalstoffen en waterzuivering wordt duurzaam en lokaal geproduceerd door zon, wind of biomassa, beheerd en gedistribueerd. In 2040 is de waterhuishouding van het tuinbouwcluster duurzaam ingericht. Dat betekent onder meer: dat voor 75 procent wordt voorzien in de eigen waterbehoefte, een volledige overgang op hergebruik van water, hantering van systemen die wateroverlast en watertekort voorkomen en het telen van gewassen die weinig water gebruiken.

11.4 Systeemcomponenten en klimaatverandering

In glastuinbouwbedrijven worden gewassen zoals bloemen of groenten gekweekt onder voor die planten kunstmatig gecreëerde gunstige omstandigheden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een kas waarbij glas de barrière vormt tussen het oncontroleerbare buitenklimaat en een wel controleerbaar en regelbaar binnenklimaat. Het gebruik van glas als afscherming heeft als reden dat glas het zonlicht doorlaat, wat essentieel is voor de groei van de planten.

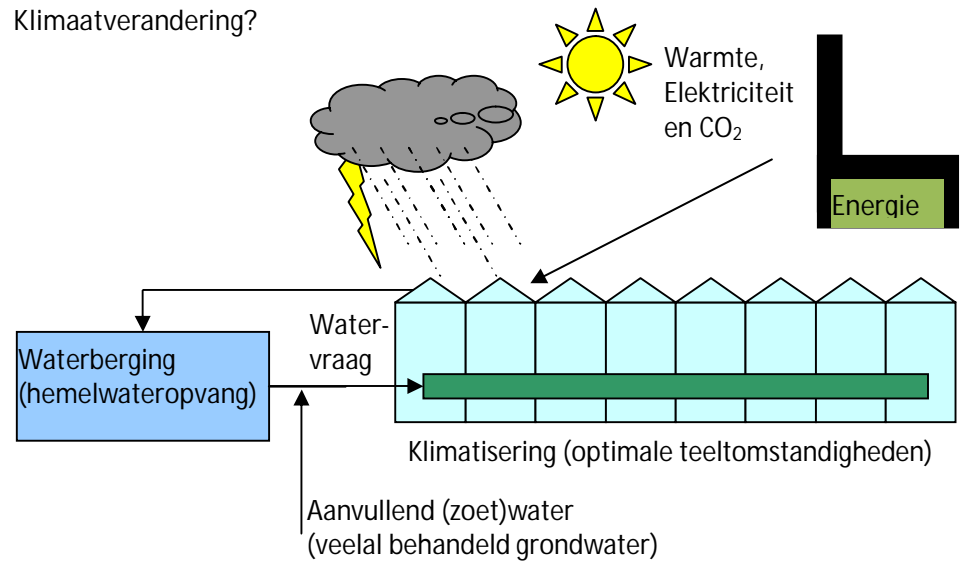
Bij het telen van gewassen in glastuinbouwbedrijven zijn er een aantal systeemcomponenten te onderscheiden die randvoorwaarden scheppen, zoals:

- watervoorziening
- klimatiseren voor optimale teelt- en gewasgroeiomstandigheden
- energievoorziening zoals warmte en licht, maar ook CO₂⁸
- transport
- bedrijfszekerheid.

Zie ook onderstaand schema, Figuur 79.

⁸ Hoewel CO₂ geen vorm is van energie, is er wel een directe koppeling met energievoorziening doordat veel energie-installaties zoals WKK's in de sector zijn ingericht op gecombineerde levering van elektriciteit, warmte en CO₂.

Klimaatverandering?



Figuur 79: de systeemcomponenten van glastuinbouw schematisch weergegeven. Het creëren van een kunstmatig binnenklimaat met geconditioneerde gewas-groei-omstandigheden door klimatiseren en water- en energievoorziening.

De volgende paragrafen beschrijven aan de hand van deze componenten de effecten van klimaatverandering.

Opmerking: In deze studie wordt de term glastuinbouw gebruikt voor de sector als geheel. Binnen de glastuinbouw zijn echter veel verschillen in typering van de bedrijven te maken. Zo zijn er grote verschillen tussen bedrijven in groente- of sier- en potplanten teelt te vinden met betrekking tot water-, energie en investeringsbehoefte. Substraatteelt is een ander proces dan grondgebonden teelt en kent een andere gevoeligheid voor klimaatverandering. De overgang van grondgebonden teelt naar substraat stabiliseert en is ook niet voor alle gewassen mogelijk.

11.4.1 Watervoorziening en waterberging

Relevante effecten van klimaatverandering die te verwachten zijn rondom de watervoorziening van de glastuinbouw zijn veranderingen in neerslagpatronen en verdamping door temperatuurstijging leidend tot watertekort en noodzaak voor aanvullende watervoorziening. Mogelijke beperkingen in de wateraanvoer naar Haaglanden worden beschreven in hoofdstuk 7.

Voor de glastuinbouw is het van belang om nu en in de toekomst verzekerd te zijn van voldoende water van een goede kwaliteit (voldoende zoet water). Verwachte ontwikkelingen zijn (zie ook hoofdstukken 2 en 7):

- De watervraag van de glastuinbouw zal in de toekomst (vermoedelijk) afnemen door afname van het areaal (hoewel het de ambitie is dit areaal te handhaven) en optimalisatie van de procesvoering zoals ketensluiting en efficiënt watergebruik
- Door klimaatverandering een zeespiegelstijging zullen perioden van watertekort frequenter voorkomen en wordt de mogelijkheid van waterinlaat uit het hoofdwatersysteem beperkt
- Veranderingen in het hoofdwatersysteem en landelijke waterverdeling kunnen van invloed zijn op de zoetwaterbeschikbaarheid.

Daarnaast is de kwaliteit van het beschikbare water van belang. Het moet vrij zijn van biologische en chemische verontreinigingen en mag niet zout zijn.

Hoewel een goede watervoorziening primair de taak is van waterleidingbedrijven en overheden, is hiermee niet gezegd dat deze kosteneffectief voor een tuinder zal zijn. In het verleden heeft de glastuinbouw daarom steeds gezocht naar manieren om meer zelfvoorzienend en minder afhankelijk te worden in de watervoorziening. Oplossingen hiervoor zijn gevonden in wateropslag in het gebied (lokale wateropslag) tijdens natte perioden en grondwateronttrekking gecombineerd met het gebruik van omgekeerde osmose installaties voor ontzouting van het grondwater. Op dit moment is de zelfvoorzienendheid met de beschikbaarheid van regenwateropslag in bassins gemiddeld ongeveer 50% (globale expertschatting) en lopen opties voor verbetering tegen grenzen aan vanwege hoge grondprijzen voor wateropslag of, in Zuid-Holland, een mogelijk verbod op het infiltreren van het concentraat (brijn) uit omgekeerde osmose installaties. Zie onderstaand kader.

Brijnproblematiek: Grondwateronttrekking, ontzouting en infiltratie concentraten

Een deel van de zelfvoorzienendheid van de watervraag van de sector wordt momenteel bereikt door het gebruik van grondwater uit het eerste watervoerende pakket.

Bij de omgekeerde osmose installaties die worden ingezet voor de ontzouting van dit grondwater komen echter concentraten vrij als afvalstromen. Deze zogenaamde brijn wordt nu door de tuinders over het algemeen dieper in de bodem terug geïnfilteerd, namelijk in het tweede watervoerende pakket op zo'n 60 tot 100 meter diepte. Infiltraties zoals brijnlozingen in de bodem kunnen echter nadelige effecten hebben op de kwaliteit van het grondwater en zijn daarom in beginsel verboden. De provincie Zuid-Holland wil de vanaf 2013 brijnlozingen alleen onder strikte voorwaarden toestaan. Een van die voorwaarden is dat tuinders geen andere afvoermogelijkheden zien voor het brijn. Daarnaast zal aangetoond moeten worden dat de lozing van het brijn geen negatieve invloed heeft op het bodemleven. Het is te verwachten dat ook andere provincies strenger beleid zullen gaan voeren t.a.v. brijnlozingen. Brijn vormt dus een steeds groter probleem, vanwege het toenemende volume van de brijnen, de hoge kosten van behandeling, de beperkte mogelijkheden van afzet en hergebruik, en steeds beperktere lozingsmogelijkheden.

Of de Provincie Zuid Holland handhaving gaat uitvoeren omtrent het verbod op brijninfiltratie in de ondergrond is nog onzeker omdat er geen geschikte alternatieven nog voor handen zijn. Dit zal naar verwachting echter een tijdelijke maatregel zijn en binnen enkele jaren zullen er alternatieven ontwikkeld moeten zijn waarmee tuinders brijnen kunnen opwerken naar nuttige producten en schoon water.

TNO werkt momenteel bijvoorbeeld aan een dergelijke technologie waarbij op basis van een combinatie van membraandestillatie en kristallisatie brijn kan worden opgewerkt tot vaste zouten en zuiver water dat kan worden hergebruikt. In dit NoWaste project participeert een industrieel consortium, waaronder ook het Productschap Tuinbouw.

Door klimaatverandering en lokale keuzes in het gebied is de zekerheid van zoetwater dus lang niet altijd gegarandeerd. Door gebrek aan voldoende buffercapaciteit kan dit niet alleen resulteren in schade voor de glastuinbouwsector op langere termijn, maar ook op korte termijn in perioden van zomerdroogte zullen er negatieve effecten zijn.

Veranderende neerslagpatronen

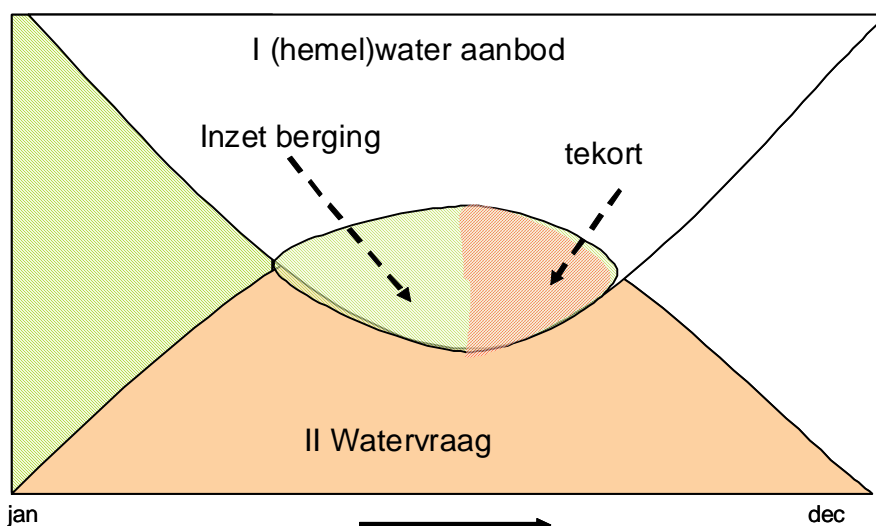
De neerslagpatronen zullen gaan veranderen. Zomers zullen droger worden (verdroging) waardoor er risico optreedt voor waterschaarste en een tekort aan goed gietwater, en daardoor vervolgens droogtestress tijdens het groeiseizoen. Verder zal droogte kunnen leiden tot aantasting van de ondergrond waardoor scheurvorming en instabiliteit van constructies als keerwanden kunnen optreden. Perioden zoals de herfst, winter en lente zullen juist natter worden. Dit leidt tot hoge grondwaterstanden en een grotere behoefte aan infiltratiecapaciteit van regenwater tijdens de winter. Grotere pieken in neerslag kunnen ook leiden tot verhoogde fysieke schade en daarmee stijgende verzekeringspremies.

De waterschappen hebben daarom plannen gemaakt om:

- de hoofdwatervgangen aan te passen voor verwerking toekomstige afvoerstromen (verbreding Vlotwatering/Poelwatering in Westland en nieuw gemaal Monster).
- een nieuw watersysteem aan te leggen in Zuidplaspolder voor woningbouw en glastuinbouw
- de waterbergingscapaciteit te verhogen.

Zelfvoorzienendheid

Het project "Water technologie en zelfvoorzienendheid glastuinbouw, case studie voor Haaglanden" dat onlangs in de 2^e tranche van het KvK programma is gestart zal de onderzoeksvraag, hoe de glastuinbouw nog meer zelfvoorzienend kan zijn in haar watervoorziening, kunnen beantwoorden. In dit project wordt onder meer een inventarisatie van het zowel wateraanbod- als watervraag van het huidige en toekomstige glastuinbouwpark uitgevoerd. Hierbij worden ook de invloed van klimaatverandering meegenomen. Zie het figuur hieronder voor de relatie tussen watervraag, aanbod en berging.



Figuur 80: Schematische weergave van de relatie watervraag en wateraanbod en mogelijkheden van berging voor een glastuinbouwbedrijf.

In de glastuinbouw ontstaat een toename van afstromend regenwater. Tegelijkertijd wordt een groot deel van dit water opgevangen in bekkens voor gebruik als gietwater. Hierdoor is te verwachten dat slechts in langdurig natte periodes een verhoogde afvoer ontstaat. In de overige periodes zal de afvoer juist heel laag zijn. De motieven van glastuinbouwbedrijven voor waterberging zijn daarbij ook duidelijk anders dan die van de waterschappen. Een tuinder speelt opzeker na een heftige regenbui omdat daarna een periode van droogte kan komen en zoveel mogelijk water in de berging wil houden. Een waterschap gaat er van uit dat bij regenbui er een periode van veel meer regen kan komen en zal zoveel mogelijk water uit het gebied willen afvoeren om voldoende berging te hebben voor de komende periode. Opties als meervoudig ruimtegebruik met tuinders en de inzet van waterberging zullen dan ook lastig te realiseren zijn.

Waterberging

Conclusie: onder invloed van klimaatverandering zal de bergingscapaciteit van het gebied Haaglanden (negatief) veranderen.

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven neemt de kans op extreme neerslag met name langs de kust en in de zomer toe. Er zal daardoor nog meer bergingscapaciteit noodzakelijk zijn dan nu al het geval is. Door de druk op de ruimte zal het creëren van deze extra ruimte (middels reguliere maatregelen) grote investeringen vergen. Met een effectievere waterinfrastructuur en het opheffen van knelpunten kan ook winst worden geboekt.

In de sleutelgebieden glas wordt geen toename van grondwateroverlast t.g.v. klimaatverandering voorzien.

Interne verzilting

Een verhoogde zoutconcentratie door verzilting van het water kan leiden tot zoutschade aan gewassen. In het algemeen kan worden gesteld dat het huidige oppervlaktewater voor veel gewassen al te zout is. In de glastuinbouw wordt daarom veelvuldig gebruik gemaakt van omgekeerde osmose installaties om tuinders ook in situaties van aanhoudende droogte te kunnen voorzien van voldoende gietwater voor het gewas. Door de verwachte gevolgen van de klimaatverandering zoals toenemende droogteperioden zullen deze installaties steeds vaker moeten worden ingezet.

Uitvoeringsagenda 'Duurzaam water in en om de kas'

Dat zowel sector als overheid insteken op aanpassingen en technologieontwikkeling is ook te zien in de recent uitgebrachte uitvoeringsagenda van het platform duurzame glastuinbouw⁹, voorheen Glami. De uitvoeringsagenda 'Duurzaam water in en om de kas' heeft tot doel de uitstoot van milieubelastende stoffen vanuit de glastuinbouw naar riolering, grond- en oppervlaktewater in 2027 tot nagenoeg 'nul' te reduceren. De aanpak is gericht op zowel het beschikbaar krijgen en houden van duurzame gietwaterbronnen voor de glastuinbouw als op het voorkomen van emissie naar het watermilieu van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen. De agenda onderscheidt vier thematische sporen, te weten: watermanagement en bedrijfsuitrusting, teeltstrategie, (afval)water behandelingstechnieken en gebiedsaanpak.

⁹ www.glami.nl

Zoetwatervoorziening, zelfvoorzienendheid

Conclusie: langduriger droogteperioden, zeespiegelstijging, lagere rivierafvoeren en verzilting van inlaatpunten zullen de watervoorziening onder druk zetten. Echter, doordat de glastuinbouw in Haaglanden reeds op grote schaal gebruik maakt van grondwateronttrekking en behandeling met omgekeerde osmose zijn in ieder geval de substraatteeltbedrijven momenteel al grotendeels zelfvoorzienend. Grondgebonden bedrijven kunnen gebruik maken van dezelfde technologie. Problemen zijn voornamelijk te verwachten bij lozing van het concentraat. Hiervoor zijn ontwikkelprojecten gestart om de bedrijven kosteneffectieve oplossingen te verstrekken en tot die tijd zal de overheid naar verwachting terughoudend optreden met handhaving.

11.4.2 Teelt en gewasgroeiomstandigheden

Klimaat effecten die voor de teelt van belang zijn, zijn vooral veranderende gewasgroeiomstandigheden. Hoewel het de functie van glastuinbouw is om in een gesloten omgeving een optimaal klimaat te creëren, zal er altijd een wisselwerking zijn of blijven met het buitenklimaat. Relevante effecten zijn:

- verandering van temperatuur en toenemende ziekte en plaagdruk
- veranderingen in CO₂ gehalte in de buitenlucht

Ziekten en plagen: mogelijk toename druk

Klimaatverandering leidt tot veranderende ecosystemen waardoor bestaande systemen uit evenwicht worden gebracht. Groeiseizoenen van prooidieren en predators raken in onbalans en er treedt migratie op van uitheemse ziekten die in het nieuwe gebied geen concurrentie hebben en zich tot plagen kunnen ontwikkelen. De vatbaarheid van de gewassen zal in glastuinbouwkassen door het gecontroleerde binnenklimaat niet significant veranderen zoals dat in de reguliere tuinbouw wellicht wel kan plaatsvinden. Echter, doordat glastuinbouwbedrijven nooit hermetisch afgesloten zijn van hun omgeving, zal de stijging van ziekte- en plaagdruk buiten de kassen automatisch toch ook leiden tot een toenemende druk op de glastuinbouwbedrijven.

Er kunnen in de ziekten en plaagdruk een aantal effecten onderscheiden worden:

1. door het veranderende klimaat kunnen al aanwezige populaties schadelijke organismen in -omvang toenemen en daardoor eerder of meer schade aan richten.
2. exoten die Nederland binnenkomen (actief of passief via bijv. handel) kunnen zich (nu wel) vestigen omdat zij passen in de veranderende klimaatomstandigheden.
3. planten ontwikkelen een hogere vatbaarheid door het veranderde klimaat.

Naar verwachting is de dreiging vanuit het eerstgenoemde effect het grootst. Een aantal autonome ontwikkelingen versterken bovengenoemde effecten: teelten in monoculturen, schaalvergroting, meer handelsstromen, toename inva-

sieve exoten, veredeling op productie en minder op robuustheid, (Europese) koppeling van watersystemen. Aan de andere kant is de trend om kassen, ook vanuit energetisch oogpunt, steeds meer gesloten te maken.

In de studie voor het Productschap Tuinbouw zijn de volgende effecten verwacht:

- Verhoging opbrengstderving door aantastingen van ziekten en plagen
- Verhoging van gewasbeschermingskosten
- Kansen/bedreigingen voor biologische bestrijding
- Nieuwe bedreigingen door uitheemse ziekten of plagen

De mechanismes van beïnvloeding door klimaatverandering op ziekte en plagen zijn verschillend:

- gewassen worden meer of minder gevoelig voor aantasting
- eigenschappen van ziekten en plagen zelf veranderen (bij hogere temperaturen kunnen veel organismen zoals insecten, virussen en bacteriën zich sneller vermeerderen waardoor de ziektedruk sneller toeneemt)
- Zachtere winters vergemakkelijken overleving van sommige organismen (soorten die in eistadium overwinteren)
- Weersomstandigheden beïnvloeden de mogelijkheid en effectiviteit van beheersing van het klimaat in de kas (Klimaatverandering verandert de opname, effectiviteit en werkingsduur van gewasbeschermingsmiddelen en biologische gewasbescherming is nog sterker klimaatsafhankelijk)
- Klimaatverandering kan leiden tot andere teelthandelingen en strategieën (plantdatum) die de ziektedruk terug kunnen dringen
- Klimaatverandering kan leiden tot een verschuiving in dichtheden van predatoren, of tot asynchronisatie van levenscycli van plagen en hun natuurlijke vijanden.

Er is echter nog maar weinig onderzoek gedaan naar hoe de ziekte- en plaagdruk in de toekomst zal veranderen.

Temperatuur en ziekten en plagen

Conclusie: De trend is dat glastuinbouwbedrijven steeds meer gesloten gaan telen waardoor dit effect mogelijk niet significant hoeft te zijn. Er is ook nog maar weinig onderzoek gedaan naar veranderende ziekte- en plaagdruk door klimaatverandering.

Toename CO₂ gehalte: indirecte kostprijsverlaging en imagoversterking
Kooldioxide (CO₂) is na waterdamp het belangrijkste broeikasgas. Kooldioxide is zeer waarschijnlijk grotendeels verantwoordelijk voor de recente opwarming van het klimaat in de wereld. Antropogeen komt er jaarlijks ongeveer 30 miljard ton CO₂ in de atmosfeer terecht. Ongeveer 55 procent daarvan wordt opgeslagen in oceanen en planten, de overige 45 procent blijft in de atmosfeer achter. Sinds in 1958 metingen zijn gestart naar de concentratie is deze gestegen van 315 parts per million (ppm) tot 385 ppm. Het toenemende CO₂-gehalte

in de buitenlucht wordt niet gezien als een item van belang voor de glastuinbouw. De toename is marginaal is t.o.v. de hoeveelheid die kunstmatig wordt toegevoegd waarbij concentraties tot meer dan 1000 ppm worden gebruikt.

De behoefte aan CO₂ van glastuinbouw levert potentiële kansen. Indien zoals verwacht, klimaatverandering leidt tot grootschalige en kosteneffectieve oplossingen voor CO₂ afvangst en opslag (<30 € per ton) dan zal naar verwachting ook de CO₂ die in de glastuinbouw als commodity wordt gebruikt in prijs dalen. De prijs wordt momenteel voornamelijk bepaald door energie- en overheadkosten van de gassenleveranciers. De benutting van CO₂ wordt daarmee niet alleen goedkoper maar kan dan ook gebruikt worden om de ambities die de Greenport heeft op het gebied van het versterken van het imago van de glastuinbouw en de Greenport als een duurzame, innovatieve, kennistechnologische sector. Gecombineerd met een duurzame energieopwekking kan met gebruik van overtollige CO₂ zo worden ingespeeld op actuele thema's zoals het energievraagstuk en de vermindering van CO₂-uitstoot. Een voorbeeld hierbij is bijvoorbeeld de OCAP CO₂ leiding die vanuit het Botlek gebied zuivere CO₂ aanvoert naar tuinders en ook de ontwikkeling door TNO van een systeem voor buffering van CO₂ uit rookgassen ten behoeve van CO₂ dosering in tuinbouwkassen.

Toename CO₂ gehalte

Conclusie: Het broeikasgas CO₂ is voor tuinders een nuttig productiemiddel waardoor de sector hier met imagoprojecten kan scoren

11.4.3 Energievraag- en voorziening

Klimaatverandering zal effecten hebben op de energievraag- en voorziening van de sector. Functies als verwarmen en koelen van de kassen die nodig zijn voor een goed binnenklimaat (temperatuur, luchtvochtigheid) vragen energie. Deze vraag is afhankelijk van de buitentemperatuur. Veel teelten in de glastuinbouw zijn tegenwoordig energie-intensief, alleen voor sommige potplanten en de opkweek van bomen wordt geen of minder warmte ingezet.

Door de gemiddelde temperatuurverhoging en de warmtevraag die vooral in de winter (inclusief herfst en vroeg voorjaar) aanwezig is zal verwacht kunnen worden dat minder energie nodig is om de kassen te verwarmen. Koeling tijdens de zomerperiode van producten of de kassen zelf zal juist meer energie gaan vragen.

Naast deze effecten staat een steeds verdergaande reductie van het energiegebruik in de sector door procesoptimalisering en energiereducerende maatregelen. Met het programma Kas als Energiebron, heeft de glastuinbouw als ambitie voor 2020:

- klimaatneutrale (nieuwbouw)kassen
- 48% minder CO₂ emissie
- leverancier van duurzame warmte en energie
- sterk verminderd gebruik fossiele energie.

Om deze ambities waar te maken werkt de sector (Productschap Tuinbouw en LTO) en het ministerie van LNV samen aan onderzoek, praktijkprojecten samen met ondernemers, technische innovaties en geeft financiële en organisatorische steun. De doelen en acties uit het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren en de acties die voortvloeien uit de Innovatieagenda Energie zijn geïntegreerd in de Innovatieagenda van het programma Kas als Energiebron. Het Programma Kas als Energiebron is gericht op langetermijn innovaties én op maatregelen die op de korte termijn energie besparen. Bestaande glastuinbouwbedrijven profiteren van de nieuwe kennis die het programma Kas als Energiebron heeft opgeleverd. Nieuwe inzichten leiden tot een andere manier van telen met aanzienlijke energiebesparing. Onder de noemer Het Nieuwe Telen zijn hiervoor stappen benoemd die op elk bedrijf zijn in te voeren.

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

Energievraag- en voorziening

Conclusie: klimaatverandering heeft effecten op de energie-vraag en voorziening van de glastuinbouwbedrijven. Onduidelijk is echter het precieze effect omdat bespaard kan worden op verwarming, maar koeling meer energie gaat kosten. Deze effecten zullen naar verwachting veel kleiner zijn dan de energiedoelstellingen die de sector voorgenomen heeft waarbij over tientallen procenten besparing wordt gesproken. Dit vraagt nieuwe, (ook klimaatrobuuste) kasontwerpen waarbij gebruik gemaakt wordt van energie-opslag en levering aan derden etc.

11.4.4 Transport

De bereikbaarheid van de regio zal in de toekomst door meerdere factoren waaronder het klimaat steeds verder onder druk komen te staan. De glastuinbouwsector is exportgericht en doordat het veelal gaat om bederfelijke producten, sterk afhankelijk van snel transport. Congestie op autowegen in de Randstad en ontsluiting binnen de Greenport kunnen belemmerende factoren worden voor het functioneren van de sector.

In de paragrafen 10.2 en 10.3 wordt expliciet ingegaan op het effect van klimaat op infrastructuur en mobiliteit. Wanneer beide componenten klimaatbestendig kunnen worden gehouden, treden voor de glastuinbouw geen additionele complicaties op ten aanzien van transport.

11.4.5 Bedrijfszekerheid en schade

Verwacht wordt dat de incidentele gevolgen van klimaatverandering zoals extreem weer als hagel en storm of windhozen grote gevolgen zullen hebben voor de glastuinbouw. Weerextremen kunnen grote schade veroorzaken aan de glastuinbouwbedrijven die bovendien incidenteel en plotseling van aard is.

Er is nog weinig bekend over hoe klimaatverandering het voorkomen en de intensiteit van extremen zal beïnvloeden. Wel is bekend dat het voorkomen en de intensiteit van extreme regenbuien zal gaan toenemen (zie hoofdstuk 2).

Verwacht wordt dat het niet meer zal volstaan om aan 'symptoombestrijding' te doen (zoals uitkering door collectieve verzekeringen zoals Hagelunie) maar dat er gekeken zal moeten worden naar zowel de oorzaak van het probleem als de kwetsbaarheid. Op dit moment is er een trend dat kassen kwetsbaarder worden. Glaselementen worden groter waardoor minder constructie-elementen nodig zijn. Ook worden hogere kassen gebouwd. In het geval van schade door extreem weer zoals hagel, is het vernieuwen en repareren van een kasdek veel duurder dan vroeger. Een verzekeraar zoals de HagelUnie zal ook voorzieningen moeten treffen om grote schadegevallen aan te kunnen. Schade door extreem weer betreft vaak meerdere bedrijven tegelijkertijd, waardoor hoge uitkeringen moeten worden gedaan.

Een aanbeveling uit de studie voor het Productschap Tuinbouw (Slobbe, 2010) is daarom om de huidige Nederlandse norm voor kasconstructies te verzwaren zodat de kassen beter bestand zijn tegen extreme weersomstandigheden. Dit zal een verhoging van investering met zich meebrengen en wellicht gevolgen kunnen hebben voor de kosteneffectiviteit van de bedrijven.

Daarnaast is er een kwetsbaarheid van glastuinbouwbedrijven voor wateroverlast. Bij een neerslagoverschot en onvoldoende berging kunnen bedrijven schade oplopen door overstroming. Ontwikkelingen zoals grotere waterberging en transformatie naar substraatteelt maakt de bedrijven minder gevoelig.

Bedrijfszekerheid en schade

Conclusie: extreem weer vormt een grote bedreiging voor de sector in verband met toenemende kans op (ook steeds groter wordende) schade en moeilijkere verzekerbaarheid. In hoeverre klimaatverandering zal resulteren in een toename van extreem weer (hagel, windhozen, storm) is echter nog niet duidelijk.

11.5 Conclusies - knelpunten en kansen

Klimaat effecten op de glastuinbouw zullen niet alleen in Haaglanden optreden maar ook elders (denk op Europees niveau) en daar waarschijnlijk ook in grotere mate. Dit zal kunnen betekenen dat ondanks overwegend ongunstige effecten op de teelt er toch sprake is van een (relatief) gunstig effect voor de sector en exportmogelijkheden van glastuinbouw in Nederland en Haaglanden, maar dat er wel aandacht nodig is voor de watervoorziening, infrastructuur, wateroverlast en het voorkomen van schade.

In het verkennend onderzoek van het Productschap Tuinbouw naar klimaatverandering en de gevolgen voor de Nederlandse tuinbouw is aangegeven dat de klimaatverandering geleidelijk verloopt. De bedrijven zullen daardoor in staat zijn hun bedrijfssysteem aan te passen waardoor verwacht wordt dat de gevolgen voor de sector relatief beperkt zullen blijven. De toename van extreme

weersomstandigheden in relatie tot de toenemende kwetsbaarheid van steeds (kapitaal-)intensievere bedrijfssystemen is wel een punt van aandacht. Water, ziekten- en plaagdruk, extreme weersomstandigheden en innovatietrajecten zijn de thema's die in relatie tot klimaatverandering op de kortere termijn aandacht behoeven. Het project concludeert dat klimaatadaptatie voor de glastuinbouwsector in Nederland goed te doen is via technische ontwikkelingen en innovatie. De verkenning benadrukt daarbij dat dit niet betekent dat er geen 'werk aan de winkel' is. De juiste strategieën zullen hiervoor moeten worden ontwikkeld. Gezien de verschillen in regio en gewas ten aanzien van de gevoeligheid voor klimaatverandering, zullen dat verschillende strategieën moeten zijn.

Klimaatverandering voor de Nederlandse glastuinbouw

Conclusie: klimaatverandering is een geleidelijk proces, waardoor telers voortdurend het bedrijfssysteem kunnen aanpassen, en de gevolgen relatief beperkt blijven. Voorwaarde hierbij is dat er strategieën worden ontwikkeld ten aanzien van het vinden van kansen in veranderingen in gewasgroeiomstandigheden. Ook de behoefte aan meervoudig ruimtegebruik kan een kans zijn voor de tuinbouwsector. Klimaatverandering zal concurrenten in het zuidelijke deel van Europa meer problemen geven, wat ook kans kan zijn.

Bedreigingen die zijn onderkend zijn:

- Veranderende (extreme) weersomstandigheden (vergt robuustheid)
- Watervoorziening
- Toenemende ziekte- en plaagdruk

Een additionele bedreiging is de sterke verstedelijkingsdruk en de regio en de daarmee gepaard gaande beperking van uitbreidingsmogelijkheden en gedwongen kleinschaligheid.

Het is onduidelijk hoe deze bedreigingen zullen uitwerken, maar men is optimistisch over het adaptieve vermogen van de sector.

11.5.1 Bouwstenen voor adaptatie – ervaringen uit projecten

Haaglanden is op dit moment bezig met de uitwerking van de lokale gevolgen van klimaatverandering, ook voor de glastuinbouw sector, door de realisatie van een aantal projecten waar concrete investeringsbeslissingen voor de wateropgave op korte termijn worden gekoppeld aan klimaatadaptatie op de langere termijn en demonstratieprojecten. Hieronder worden een aantal relevante projecten kort behandeld. Dit overzicht is slechts indicatief om een beeld te geven van de huidige inzichten en oplossingsrichtingen, en niet volledig.

Project: Tomaten uit afvalwater

Het Hoogheemraadschap van Delfland, Evides Industriewater, Veolia Water, Rossmark, TUD en Delfluent Services voert vanaf begin 2009 een pilotonderzoek uit naar het hergebruik van het gezuiverde afvalwater (effluent) van afvalwaterzuivering (AWZI) Harnaschpolder. Met dit project wordt onderzocht of met nieuwe technologie uit gezuiverd afvalwater betrouwbaar en herbruikbaar water geproduceerd kan worden. Dit water kan gebruikt worden als gietwater

voor bijvoorbeeld het kweken van tomaten in de glastuinbouw. Op termijn kan het gebruikt worden om de zoetwatorvoorraad in het oppervlaktewater aan te vullen. Dit pilot-onderzoek op locatie AWZI Harnaschpolder in Den Hoorn loopt minimaal vier jaar. De AWZI Harnaschpolder zuivert het afvalwater van ruim één miljoen mensen en bedrijven in de Haagse regio en het Westland.¹⁰

Project: Aquare-use

Het Aqua-Re-Use project¹¹ ontwikkeld voor een nieuw glastuinbouwgebied in de gemeente Lansingerland (Overbuurtsepolder te Bleiswijk) een concept waarbij afvalwater centraal in het gebied verzameld en gezuiverd wordt tot gietwaterkwaliteit. De uitgangspunten bij dit concept zijn:

1. Garantie op een goede gietwaterkwaliteit
2. Hoge leveringszekerheid
3. Concurrerende prijs.

Het geproduceerde gietwater is aanvullend op de hemelwatervoorziening die de bedrijven individueel hebben gerealiseerd (en die wettelijk verplicht is). Door deze centrale voorziening ontstaat een alternatief voor de toepassing van omgekeerde osmose op grondwater.

Project: Zelfvoorzienendheid watervoorziening glastuinbouw (kVK, 2^e tranche)
Onlangs is het 2^e tranche kVK project gestart: "Water technologie en zelfvoorzienendheid glastuinbouw" dat zich toespitst op de vraag hoe in de toekomst de glastuinbouw van voldoende water van een goede kwaliteit (zoet water) kan worden voorzien.

De focus ligt hierbij vooral op mogelijkheden om de (regionale) zelfvoorzienendheid van zoet water te vergroten voor de glastuinbouw in relatie tot de problematiek van verzilting met als casestudie de regio Haaglanden. Het project is een onderdeel van het grotere onderzoeksproject Climate proof fresh water supply in het programma Kennis voor Klimaat. Met dit onderzoek wordt beoogd om, door vergroting van de zelfvoorzienendheid, de zekerheid van altijd kwalitatief goed water, dat wil zeggen voldoende en van voldoende kwaliteit en continuïteit, te vergroten.

Project: Floating Roses: Rozenkas op water is wereldprimeur

De provincie Zuid-Holland heeft het initiatief genomen om te onderzoeken of in de provincie een drijvende kas kan worden gerealiseerd. De provincie zoekt ook een passende locatie voor een drijvende kas. Het ondernemersplan Floating Roses van rozenkwekers Wim van Kampen uit Nieuwerkerk aan de IJssel en Frank Olieman uit Zevenhuizen is door de Stuurgroep Drijvende Kas aangewezen als het meest veelbelovend. Met een drijvende kas slaat de tuinbouwsector twee vliegen in één klap: het is een innovatieve oplossing voor ruimteschaarste en een goede uitbreiding van waterbergingscapaciteit. De nieuwe glaslocatie

¹⁰ bron: <http://www.evides.nl/>

¹¹ <http://www.aquaterranova.nl/Aqua-Re-Use.php>

moet nieuwe standaarden opleveren op het gebied van duurzaamheid en landschappelijke inpassing en zal dienen als grootschalig voorbeeldproject voor de tuinbouw. Een drijvende kas van vijf hectare is een wereldprimeur. De drijvende kas wordt ontwikkeld door een publiek-privaat samenwerkingsverband, dat volledig op innovatie is gericht.

Een drijvende kas is een innovatief en duurzaam voorbeeld van het combineren van glastuinbouw en waterberging op dezelfde vierkante meters. De komende jaren zullen vele tienduizenden hectares grond voor waterberging worden ingericht, wat ten koste gaat van de ruimte die beschikbaar is voor sierteeltproductie en voedingstuinbouw. Door te bouwen op water en zo aan waterbergingsgebieden een extra economische functie te geven, kan het eenvoudiger worden om ruimte voor water te creëren. Met het realiseren van een drijvende kas versterkt de Nederlandse glastuinbouw haar positie als Greenport en wordt het innovatieve imago van de sector in de wereld onderstreept.

Tussentijdse resultaten van het onderzoek geven aan dat een drijvende kas met de omvang van Floating Roses technisch mogelijk is. De komende maanden wordt onderzocht hoe de kas gefinancierd kan worden. Het vooronderzoek Floating Roses wordt afgerond in november 2010.¹²

Klimaatprojecten in Haaglanden

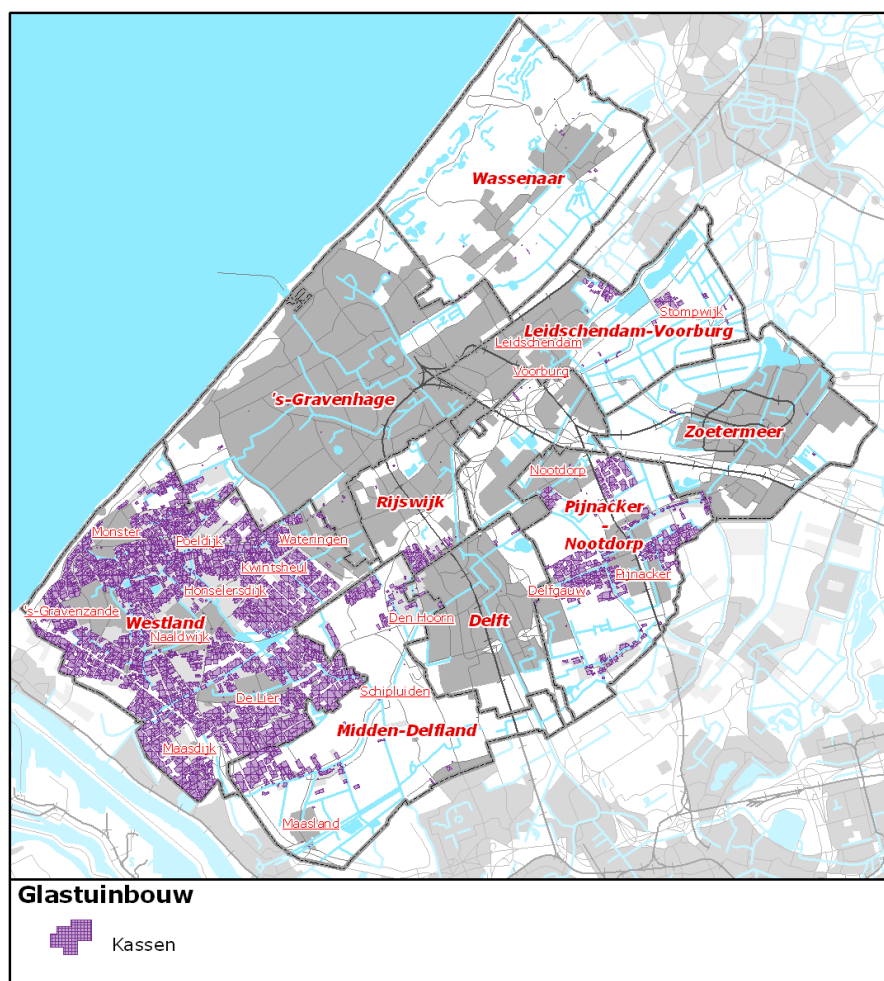
Projecten zijn vaak specifiek gericht op lokale omstandigheden. Tegelijkertijd kunnen ervaringen in projecten wel gebruikt worden voor kennisopbouw en algemene maatregelen.

Conclusie: Indien ontwikkelingsprojecten leiden tot kosteneffectieve maatregelen, zal dit bijdragen aan het robuust en duurzaam maken van de watervoorziening van glastuinbouwbedrijven. De projecten laten zien dat er veel mogelijk is op het gebied van aanpassing van technische bedrijfsuitrusting.

¹² Bron: <http://www.floatingroses.nl/>

11.5.2 Eindconclusie - glastuinbouw, blijft deze peiler boven NAP?

Hoewel glastuinbouw in Haaglanden gaat krimpen kenmerkt de sector zich door een groot organisatievermogen met kennisnetwerken zoals tuindersverenigingen, proefprojecten etc. Klimaatverandering gaat geleidelijk en er is dan ook tijd en ruimte voor aanpassingen. Er zal sprake zijn van druk, zoals op de watervoorziening in het gebied. Maar er zijn veel nieuwe onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten opgezet om oplossingen te vinden die de zelfvoorzienendheid van de sector vergroten.



Figuur 81: Aandachtsgebieden glastuinbouw

De conclusie is dat klimaatverandering in Haaglanden voor de glastuinbouw zeker effecten zal hebben, maar deze zullen oplosbaar zijn en in vergelijking met het buitenland, waar veel extremere effecten worden verwacht, mogelijk juist tot kansen kunnen leiden.

Deel D: Naar een regionale adaptatiestrategie

193



12 Handelingsperspectief

In vervolg op de geïdentificeerde effecten, wordt in dit hoofdstuk specifiek ingegaan op het handelingsperspectief. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen bouwstenen voor de regionale adaptatiestrategie en kennishiaten. De bouwstenen zijn divers van aard en kunnen bestaan uit adviezen over maatregelen, beleidsvorming, communicatie of agendering. Zowel de vermelde bouwstenen als kennishiaten zijn in de voorgaande hoofdstukken reeds naar voren gebracht. De navolgende paragrafen bieden dus geen additionele informatie, maar bundelen de conclusies die voor de invulling van het handelingsperspectief van belang zijn.

12.1 Fysiek systeem – wat kunnen we doen?

12.1.1 Bouwstenen adaptatiestrategie

Bodemdaling

De beheersing van de grondwaterstand bepaalt voor een groot deel de mate van veenoxidatie en bodemdaling. Bij voortzetting van het traditionele waterbeheer in de polders zal de spiraal van peilverlaging → bodemdaling → peilverlaging → niet worden doorbroken.

Bodemdaling kan worden tegengegaan door het permanent opzetten van water, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van natte natuur. Een plas/dras beheer vertraagt de veenoxidatie optimaal, maar is moeilijk verenigbaar met agrarische activiteiten. Hiervoor is een transitie in de bedrijfsvoering van de landbouw gewenst richting blauwe dienstverlening. Wellicht kan de uitzakking van de grondwaterspiegel in de toekomst effectiever gereguleerd worden door beregning of infiltratie met drainagesystemen (peilgestuurde drainage).

Wanneer niet voor totale vernatting wordt gekozen kan een dynamischer peilbeheer gevoerd worden. Om oxidatie tegen te gaan zal het zomerpeil vroeg in het jaar opgezet moeten worden. De effectiviteit van het opzetten van waterpeilen neemt in de loop van een jaar echter af. Belangrijk voor het tegengaan van bodemdaling is dat ook tijdens de zomerperiode het grondwater niet te ver onder maaiveld zakt.

Dynamisch peilbeheer is in veel gevallen nadelig voor de landbouw door beperking van de begaanbaarheid van percelen (te drassig). Aanpassingen aan machines (licht materiaal op brede banden) kunnen de gevolgen verminderen. Echter, plaatselijk zullen de financieel-economische gevolgen moeten worden geaccepteerd.

Bodemstabiliteit – voorkomen interne verzilting

Om verdere kweldruk tegen te gaan en de vorming van nieuwe brakke of zoute grondwaterwells te voorkomen, is het aan te bevelen om geen nieuwe diepe watergangen aan te leggen die de kweldruk in het gebied verhogen.

Stabiliteit waterkeringen

In de toetshoogte van waterkeringen dient geanticipeerd te worden op toename van de windopzet en golfaanvallen.

Ruimtereservering langs keringen is een eerste vereiste (no regret) stap om (op termijn) oplossingen voor potentiële instabiliteit te kunnen uitvoeren. In de Handreiking Watertoets van het Hoogheemraadschap van Delfland wordt hierop al gewezen.

Veendijken zijn niet (altijd) geschikt voor compartimentering en leveren daarvoor geen extra bijdrage aan de veiligheid van gebieden. Hiervoor moeten andere oplossingen (2^e en 3^e laags veiligheid) in stelling worden gebracht.

Bovengenoemde punten zijn reeds opgetekend in het beleidskader ten behoeve van klimaatverandering van Hoogheemraadschap Delfland (2008). Het wordt raadzaam geacht dit beleidskader (niet alleen m.b.t. bovenstaande punten) in geheel Haaglanden te volgen.

Oppervlaktewateroverlast

Een complexiteit voor de adaptatiestrategie is dat de bergingsbehoefte voor verschillende typen grondgebruik varieert tussen klimaatscenario's. Echter, als voor de korte termijn maatregelen worden gedimensioneerd op het G en G+ scenario, kunnen deze maatregelen worden gezien als no-regret maatregelen. In de toekomst kan dan verder worden bijgestuurd als blijkt dat de klimaatscenario's extremer uitvallen. Het beleid van het Hoogheemraadschap van Delfland, zoals beschreven in de 'Kadernota 2011, Delfland op weg naar de toekomst!', is hierop afgestemd.

Om de wateropgave te beheersen zal gebied- en locatiegericht moeten worden gezocht naar effectieve maatregelen. Oplossingsrichtingen zijn:

- Beter vasthouden van water op perceelsniveau (blauwe diensten in stad, tuin- en landbouw).
- Flexibele invulling wateropgave. Daar waar meegelift kan worden op ruimtelijke ontwikkelingen moeten de kansen worden genomen. Los hiervan zal ruimte voor water blijvend moeten worden gereserveerd om een toekomstige additionele bergingsopgave ten gevolge van klimaatverandering in te kunnen vullen.
- Kwetsbaarheid functies verminderen of functieverandering (herstructurering; functie volgt waterhuishouding).
- Vergroten van 'acceptatie' van wateroverlast in combinatie met het beoordelen van maatregelen op basis van risico's en een (maatschappelijke) kosten-batenanalyse ('sturen op schade'). Hieronder valt ook de strategische keuze om de huidige beschermingsniveaus te handhaven of los te laten.

- Optimalisatie waterbeheer. Zoals vasthouden van water in bovenstroomse gebieden met bergingsruimte, om benedenstroomse gebieden met een bergingstekort te ontzien

Keuze tussen en toepassing van deze oplossingsrichtingen vergt samenwerking tussen meerdere partijen.

Watervoorziening

Er kunnen grofweg vijf verschillende strategieën worden onderscheiden:

- Zoutbezwaar en externe verzilting tegengaan
- Vasthouden en bergen
- Wateraanvoer robuust
- Zuinig met water
- Ruimtelijke Ordeningsmaatregelen.

Per strategie kunnen meerdere maatregelen worden onderscheiden (zie achtergrondrapport). Bij voorbaat kan echter worden gesteld dat er nauwelijks maatregelen mogelijk zijn die weinig kosten en veel opbrengen. Er zijn dus weinig "quick wins" te behalen.

Er is geconstateerd dat de nota "Delflands Visie op de Watervoorziening" een grondig beeld geeft van hoe op de problematiek kan worden gereageerd. Deze Visie kan daarom worden gebruikt als een hoofdingrediënt voor de adaptatiestrategie.

Bijzondere aandacht dient uit te gaan naar het Brielse Meer en de kwetsbaarheid van de Brielse Meerleiding. De buffercapaciteit van dit meer is in hoge mate bepalend voor de watervoorziening van Haaglanden. Het inlaatregime voor het Brielse Meer zal opnieuw moeten worden bezien als een stremming van het inlaatpunt dermate vaak voorkomt dat het niet meer mogelijk is om voldoende water in het meer in te laten als compensatie van wat er aan onttrokken wordt. Nu is het nog zo dat er met een groter debiet kan worden ingelaten dan dat er doorgaans aan onttrokken wordt. Dat betekent dat er ondanks een kortdurende stremming, toch voldoende water kan worden gebufferd om aan de watervraag van de onttrekkers van het Brielse Meer te voldoen. Aanbevolen wordt om een onderzoek te doen naar de grenzen van de buffercapaciteit: bij welke watervraag en beperking van de waterinlaat wordt de grens van de buffercapaciteit bereikt?

Het is enerzijds zaak om de functionaliteit van de inlaatpunten te bewaken door mee te draaien in planstudies elders in de Delta, en anderzijds als verzekeringspolis nu al te oriënteren op additionele of alternatieve aanvoerroutes van zoet water (naar het Brielse Meer) en maatregelen die de aanvoerbehoefte beperken.

Toename van grondwateronderlast

Onder de droge klimaatscenario's staat het handhaven van grondwaterstanden onder druk. Zowel in landbouwgebieden als in de stad daalt het grondwaterpeil plaatselijk beneden het gewenste peil. In landbouwgebieden leidt dit o.a. tot

het ontstaan van zogenaamde 'holle percelen' (bodemdaling). In de stad verzakken bouwwerken en wegen door bodemdaling en aantasting van funderingen: houten heipalen, zoals gebruikt in historische stadscentra, gaan rotten door blootstelling aan zuurstof en afbraak door schimmels.

Waterkwaliteit

Overstortwater uit het riolsysteem blijft een aandachtspunt. Via het waterkwaliteitsspoor is al veel verhard oppervlak afgekoppeld en zijn extra berg- en bezinkvoorzieningen geplaatst, wat de kans op overstort vermindert. Door de verwachte toename van de oppervlaktewatertemperatuur en toenemende extreme neerslag, blijft het echter noodzakelijk verder te werken richting een robuuster systeem.

Het zwemseizoen loopt jaarlijks van 1 mei tot 1 oktober. Gedurende deze periode controleren de provincies de verschillende officiële openbare zwemlocaties. Het is te verwachten dat in de toekomst het zwemseizoen langer wordt en er al in april gezwommen kan worden in buitenwater. Daarmee neemt de noodzakelijke monitoringsinspanning toe. Verscherpt toezicht en gerichte intensivering van de monsternamen wordt aanbevolen.

Het wegnemen van versturende factoren (zoals eutrofiëring) en zorgen voor diversiteit aan habitats vergroot de robuustheid van het watersysteem. Hierdoor daalt de kans dat exoten uitgroeien tot een plaag. Sommige exoten zijn al zo lang in Nederland dat ze niet meer als zodanig worden beschouwd. Dit komt mede doordat ze geen of nauwelijks overlast veroorzaken. Acceptatie van exoten en het aanpassen van de doelstellingen is dus ook een reële mogelijkheid.

Blauwalgen zullen vroeger in het jaar, intensiever en langduriger een probleem vormen dan voorheen. Klimaatverandering heeft dezelfde expressie van effecten op het ecosysteem als het bekende probleem van eutrofiëring. Hierbij moet bedacht worden dat de curatieve maatregel 'doorspoelen', door een afname van waterbeschikbaarheid vaker geen verlichting zal bieden. Mogelijke maatregelen tegen blauwalgen zijn:

- Terugdringen van externe belastingen met nutriënten (landbouw, rwi's, overstorten)
- Retentie vergroten (wegvangen nutriënten)
- Interne eutrofiëring voorkomen (baggeren)
- Verblijftijd van water verkleinen (doorspoelen zodra voldoende water beschikbaar is)
- In noodgevallen curatieve methoden inzetten, zoals Phoslock om fosfor te binden.

Via uiteenlopende beleidslijnen werkt de overheid aan het in stand houden en verbeteren van de waterkwaliteit:

- Gebiedsgericht KRW-beleid
- De watertoets (het ruimtelijk spoor)
- Stimuleren afkoppelen
- Waterzuivering

- Vergunningverlening & handhaving
- Beheer en onderhoud (ook baggeren)
- Versterken lokale samenwerking.

Er wordt aanbevolen om in de handhaving en uitvoering van al dit beleid rekening te houden met de effecten van klimaatverandering.

198

12.1.2 Kennishiaten

Neerslagpatronen

Uit waarnemingen blijkt dat de kuststrook in de nazomer en herfst gemiddeld natter is geworden dan het binnenland. Een oorzakelijk verband met de stijgende Noordzeetemperatuur is waarschijnlijk, maar een nadere onderbouwing is gewenst. Het is voor Haaglanden van groot belang om deze relatie beter inzichtelijk te maken, omdat de verwachting omtrent neerslaghoeveelheden en piekbuien bepalend is voor de invulling van een belangrijk deel de adaptatiestrategie: het bestrijden van wateroverlast.

Bodemdaling

Risico's van veenoxidatie (en daarmee mate van bodemdaling) in gebieden waar de ondergrond bestaat uit een kleidek op veen zijn nog onvoldoende bekend.

Door de nieuwste kennis op te nemen in de bestaande rekenmodellen voor bodemdaling, broeikasgassen en grondwater kunnen de effecten van de klimaat- en beleidscenario's op bodemdaling en broeikasgasuitstoot doorgerekend worden. Ook door technieken voor het gebruik van satellietgegevens verder te ontwikkelen kan in de toekomst het verloop van bodemdaling nauwgezet worden gevolgd en kunnen voorspellingen worden verbeterd.

Bodemstabiliteit – interne verzilting

Het is nog onduidelijk op welke termijn het veelvuldig ontstaan van wellen in sloten, onder zandbaanfunderingen en op het land verwacht kan worden. Tevens is onduidelijk of wellen succesvol afgedicht kunnen worden. Een succesvolle methode hiervoor beperkt de risico's van interne verzilting substantieel.

Grondwateroverlast

Onderzoek naar de ontwikkeling van de grondwateroverlast is aan te bevelen om een meer gedetailleerd in beeld te krijgen van de cumulatieve effecten op toename van de kwel in de zone Oost Den Haag, Voorburg en Leidschendam. Onderdeel hiervan is het verhelderen van de invloed van zeespiegelstijging en kustverbreding op de stijghoogte van het freatische grondwater.

Grondwateronderlast

Grondwateroverlast en –onderlast in het stedelijk gebied zijn lokaal optredende knelpunten. Het fysieke systeem en waterbeheer bepalen waar peilen stijgen of dalen. Of dit tot knelpunten leidt is afhankelijk van de kwetsbaarheid van de bebouwde omgeving. Bepaal de kwetsbaarheden voor wijken in Haag-

landen en breng dit in kaart. Veranderingen in grondwaterwinningen (bijv. DSM in Delft) leiden overigens tot grotere variaties in peilen dan klimaatverandering.

Veiligheid

Er is nog onvoldoende kennis t.a.v. de samenstelling van kades (de constructie) in Haaglanden. Hiervoor is onderzoek op zeer gedetailleerd niveau nodig. Er is tevens nog kennis te verwerven over methoden voor versteviging van kadeconstructies (benodigde bekleding, taludverflauwing, ruimtereservering).

Het is niet uitgesloten dat andere, deels nog onvoldoende bekende chemische en/of microbiologische processen of mechanismen kunnen bijgedragen aan het bezwijken van veenkaden tijdens droogte. Nader onderzoek naar het effect van droogte en warmte op het materiaal veen, in relatie tot de stabiliteit van veenkaden, is dan ook gewenst.

Over de invloed van extreme neerslag op veenkaden is nog weinig bekend. Er is reeds getracht relaties te leggen tussen neerslag en de grondwaterstand in kades. Deze relaties bleken echter zeer inconsistent.

Momenteel zijn technieken in ontwikkeling voor het gebruik satelliet gegevens bij het monitoren van zettingen aan waterkeringen. Door het verder ontwikkelen van technieken kan het verloop van zettingen en vervormingen van boezem- en polderkaden wellicht in de toekomst nauwgezet worden gevolgd.

Oppervlaktewateroverlast

Nader onderzoek naar aanleiding van de extreme neerslag in augustus 2006 en de rol van het warme Noordzeewater, indiceert dat de gebruikte temperatuurafhankelijkheden voor extreme zomerneerslag in de G+ en W+ scenario's waarschijnlijk te laag zijn voor de kustregio's. Daardoor lijkt de kans op hoge zomerneerslag in de kustregio's onder de G+ en W+ scenario's onderschat. Dit betekent ook dat de berekende wateropgave onder de G+ en W+ scenario's een onderschatting is. Aanbevolen wordt om de wateropgave opnieuw door te rekenen zodra meer kennis beschikbaar is over de te verwachten zomerneerslag.

Watervoorziening

Voor inlaatpunt Bernisse zijn verschillende cijfers over de toekomstige stremming van de inlaat in omloop. Dat komt doordat de berekende duur sterk afhankelijk is van het gebruikte model en de in een studie gekozen uitgangspunten. Deze betreffen niet alleen de aangenomen mate van klimaatverandering, zeespiegelstijging en rivierafvoer, maar ook de aangenomen beheerspraktijken van kunstwerken in de rivieren en delta. Het is aan te bevelen voor dit inlaatpunt een gericht modelonderzoek uit te voeren waarin actuele data en verschillende combinaties van uitgangspunten worden gebruikt. Het blikveld op de uitwerking van mogelijke toekomstige ontwikkelingen is nu te beperkt. Zo is er nog veel kennis te verwerven t.a.v. de balans tussen tijdelijke stremmingen in de waterinname bij het Spui, het bufferend vermogen van het Brielse Meer en de waterbehoefte van Haaglanden, onder verschillende klimatologische omstandigheden, verziltingsjaren en configuraties van het hoofdwatersysteem. Deze basiskennis is gewenst voordat gefundeerd kan worden gezocht naar alternatieven voor de bevoorrading van het Brielse Meer. Aanbevolen wordt om

een zgn. knikpuntenstudie uit te voeren. Er kan tevens gebruik worden gemaakt van de uitkomsten van het onderzoek naar watervoorziening in het Deltaprogramma.

Waterkwaliteit

Veel effecten van klimaatverandering op afzonderlijke aan waterkwaliteit gerelateerde aspecten (bijvoorbeeld effect temperatuurstijging op oplosbaarheid van zuurstof) zijn bekend. Over de totale, cumulatieve uitwerking van al deze aspecten op de waterkwaliteit, bestaan nog onduidelijkheden.

Concentraties van stoffen kunnen sterk variëren. De factoren en processen die dit beïnvloeden, naast klimaatverandering, zijn vaak specifiek voor een gebied en nog onvoldoende duidelijk om het effect van klimaatverandering an sich te kunnen onderscheiden.

Momenteel voert het Hoogheemraadschap voor verschillende gebieden zogenaamde Watergebiedsstudies uit waarin het watersysteem in zowel het functioneren voor waterkwantiteit als waterkwaliteit wordt doorgelicht. In deze studies wordt rekening gehouden met de klimaatverandering voor 2050. In de komende jaren worden alle gebieden in watergebiedsstudies onderzocht. Zodra uit deze studies nieuwe inzichten voortkomen, kunnen deze worden gebruikt voor het nader invullen van de regionale adaptatiestrategie.

12.2 Gebruiksfuncties – wat kunnen we doen?

12.2.1 Buitengebied – ‘Gras’

Sterke relatie met watersysteem

De klimaatbestendigheid van het grasgebied hangt in sterke mate samen met de inrichting en het beheer van het watersysteem. Neerslagpieken verhogen het risico van wateroverlast, vooral ook omdat de veenbodems een geringe bergingscapaciteit hebben en ook omdat de afvoercapaciteit van het boezemstelsel nu al beperkt is. Andersom zal door langduriger droogte en grotere verdamping meer behoefte ontstaan aan inlaatwater. De vraag is of aan die toenemende behoefte altijd kan worden voldaan. Het klimaatbestendiger maken van het grasgebied gaat daarom vooral over het tijdelijk bergen van neerslagpieken (voorkomen van schade aan de landbouw en bebouwing) en het voorkomen van uitdroging van de bodem en verdroging van natuurgebieden (voorkomt bodemdaling, emissie en schade aan natuur) door water langer vast te houden in het gebied.

Transitie naar multifunctioneel buitengebied

De urgentie om de transitie naar een multifunctioneel grasgebied in te zetten neemt door klimaatverandering verder toe. De autonome trend is dat het areaal groengebied verder afneemt en de kwaliteit daarvan nog verder onder druk komt te staan door klimaatverandering. Er ligt een grote opgave voor de regio Haaglanden om het grasgebied verder te ontwikkelen als een multifunctioneel

landschap waar de landbouw niet alleen producent is maar ook belangrijke natuur- landschaps- en recreatieve waarden levert. In een sterk verstedelijkte regio onder invloed van klimaatverandering mag deze opgave niet worden onderschat.

Mogelijke adaptatiestrategieën voor het buitengebied zijn gerelateerd aan het karakter van een regio (urbaan of ruraal), en aan de mate waarin de landbouw primair voor de wereldmarkt produceert of ook via verbreding haar concurrentiekracht behoudt. Vanuit dit gedachtegoed verwachten we dat in Haaglanden de grondgebonden landbouw de negatieve gevolgen van klimaatverandering waarschijnlijk op kan vangen door in te zetten op diensten in een urbane omgeving. Gedacht wordt aan recreatie, zorg, regionale producten en diensten ten behoeve van natuur en water. In combinatie met het sterk afnemende areaal in het gebied kan klimaatverandering ertoe leiden dat de grondgebonden landbouw in de regio aan concurrentiekracht moet inboeten. Daarmee zal een transitie naar een multifunctioneel landschap nog meer voor de hand liggend worden. Deze transitie naar multifunctioneel landschap is ook aantrekkelijk vanuit het perspectief van recreatie. Vanwege de grote vraag naar recreatieruimte met name in de zuidvleugel van de randstad en de hoge stedelijke druk ligt een transitie naar verbrede landbouw met accent op natuur, landschap en recreatie voor de hand. Periodes van aanhoudende hitte zullen in een sterk verstedelijkte regio als de regio Haaglanden de behoefte aan recreatie in het groen verder doen toenemen.

Aanbevelingen voor de adaptatiestrategie:

- Houd bij inrichting van nieuwe natuur rekening met grotere variaties in wateraanbod en kwaliteit.
- Intensiveer beleid ten aanzien van waterkwaliteit, stimuleer groen in en om de stad en stimuleer transitie naar multifunctioneel consumptie landschap.

Kennishiaten

Onderzoek innovatieve financiële arrangementen voor de landbouw waarbij de sector via diensten (klimaat, natuur, water, recreatie) de functie als drager van het landschap kan behouden. Het liefst onafhankelijk van subsidies. Aanbevelingen kunnen o.a. worden uitgewerkt in het KvK-project HSHL02 'Toekomst veenweidegebied Haaglanden', dat de contouren van een adaptatiestrategie voor het gebied 't Hof van Delfland adresseert.

12.2.2 Stedelijk gebied – 'Stad'

De focus van de inzet van maatregelen ligt op stedelijke herstructurering en nieuw stedelijk gebied. In deze gevallen kan klimaatadaptatie worden 'meegekoppeld' en zijn maatregelen vaak aan te merken als no- of low-regret, vanwege de relatief lage kosten en de gunstige invloed op risico's. Maatregelen achteraf aanbrengen is meestal erg duur. In te zetten maatregelen houden voornamelijk verband met handhaven of verbetering van de leefomgevingskwaliteit, het voorkomen van hittestress en terugdringen van wateroverlast.

Wateroverlast

Voor het thema wateroverlast, gaat het om het vergroten en onderhouden van de capaciteit van de rioleringen en regenwaterafvoer. Daarnaast kan worden gedacht aan het vergroten van het onverharde oppervlak binnen het stedelijk gebied, bijvoorbeeld door extra groenzones aan te leggen. Dit laatste heeft ook een positief effect op de leefomgevingskwaliteit.

Naast bovengenoemde maatregelen is er een grote hoeveelheid en diversiteit aan overige maatregelen beschikbaar die bijdragen aan beperking van wateroverlast en het waterrobuust maken van de stad. In het operationaliseren van de strategie is het zaak te beoordelen welke maatregelen waar het beste op hun plaats zijn.

Veiligheid

Overstromingsrisico's nemen toe. Oorzaken zijn bodemdaling, zeespiegelstijging, afname van stabiliteit keringen en toename van de economische waarden in het gebied. Naast maatregelen in het fysieke systeem zouden communicatie met de burger of klimaatverzekeringen knelpunten kunnen temperen.

Beschouw in de adaptatiestrategie hoe invulling wordt gegeven aan meerlaags veiligheid: 1) preventie van overstroming; 2) overstromingsbestendige ruimtelijke inrichting; 3) crisismanagement.

Hitte bestrijden

Adaptatie kan zich richten op de oorzaken van stedelijke warmte. 's Nachts: geometrie gebouwen zorgt voor inefficiënte uitstraling van warmte; materialen houden warmte vast; warmte geproduceerd door energiegebruik v/d mens. Overdag: veel donker oppervlak; weerkaatsing zonnestraling tussen oppervlakken; door snelle afwatering en verhard oppervlak weinig verdamping.

Maatregelen tegen hitte in de stad zouden zich moeten beperken tot no-regretmaatregelen, dat wil zeggen maatregelen die niet verkoelend zijn in de winter, geen negatieve bijeffecten hebben en niet-permanent zijn (in tijd en plaats), bijvoorbeeld kleinschalig groen, blauwe daken en fontein, welke ook een positieve bijdrage aan de beleving met zich meebrengen. Flexibel en zonder verkoelend effect in de winter zijn ook het sproeien van daken, gevels en straten maar deze hebben als nadeel dat ze water verbruiken. Op gebouwniveau zijn zonwering en actieve koeling no-regret maatregelen (waarvan de laatste als nadeel heeft dat het energie gebruikt en dus CO₂-emissies veroorzaakt). Ook gedragsmaatregelen (werktempo aanpassen, verkoeling zoeken, waterinname aanpassen, medicatie aanpassen, acclimatiseren aan warmte etc.) zijn no-regret.

Nutsvoorzieningen

Netwerken en energievoorziening zijn vooral gevoelig voor weersextremen en vragen aandacht vanwege het belang voor het maatschappelijk functioneren. Doelen op het gebied van de ontwikkeling van duurzame energiebronnen bieden ook kansen om de klimaatbestendigheid van de energievoorziening te ver-

groten. Hieraan verbonden is de belangrijke vraag in hoeverre zal worden gekozen voor een centrale of juist meer decentrale energievoorziening.

Wel of geen ruimteclaim

De klimaatbestendigheid van het stedelijk gebied kan met ruimtelijke en niet ruimtelijke maatregelen worden vergroot. Zo kan de wateroverlast worden beperkt door het vergroten van het waterbergend vermogen in het rioolstelsel en het aanbrengen van zodanige hoogteverschillen/drempels in straten en op pleinen dat schade aan woningen, winkels en bedrijven wordt beperkt. Deze maatregelen kosten geen extra ruimte. Ook andere niet-ruimtelijke maatregelen, zoals voorlichting, extra zorg voor kwetsbare groepen en koeling, kunnen helpen bij het bestrijden van hittestress in het stedelijk gebied.

Wél extra ruimte vraagt het vergroten van de waterberging door het uitbreiden van de hoeveelheid oppervlaktewater. Een voordeel hierbij is een mogelijke koppeling met het bestrijden van hittestress en het verbeteren van de leefomgevingskwaliteit (meer 'groen' en 'blauw' in en om de stad). Meer 'groen' en 'blauw' kan ook worden benut als extra waterbuffer om ook in de toekomst bestand te zijn tegen onverwacht hoge piekbuien.

Verdichtingsopgave

De manier waarop op lokaal niveau rekening wordt gehouden met het behoud en de ontwikkeling van groenblauwe structuren bij verdichting, bepaalt de klimaatbestendigheid en leefbaarheid in deze gebieden. Als wordt vastgehouden aan de ruimtelijke ambities wordt aanbevolen in een adaptatiestrategie zwaar in te zetten op sturing en maatregelen die een klimaatbestendige stedelijke verdichting mogelijk maken. Als de strategie hierin tekortschiet kunnen de autonome trends, klimaatverandering en falend ruimtelijk beleid er toe leiden dat de druk op het buitengebied toeneemt. Behoud van dit buitengebied is echter een essentiële factor in de klimaatbestendigheid van Haaglanden als geheel.

Harde en zachte maatregelen

De keuze van adaptatiemaatregelen is sterk afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse, alsook van de voorkeur van de actoren. Naast 'harde' inrichtingsmaatregelen kunnen tal van 'zachte' maatregelen (regelgeving) worden getroffen om de kwetsbaarheid van het stedelijk gebied voor klimaatverandering te beperken. In aanvulling op adaptatiemaatregelen die erop gericht zijn om schade door extreme omstandigheden te voorkómen zullen ook maatregelen getroffen moeten worden om het incasseringsvermogen, het herstelvermogen en het aanpassingsvermogen van het stedelijk systeem te versterken

Hoe adaptatie inzetten?

Aanbevolen wordt om (niet al te dure) adaptatiemaatregelen op te nemen in (her)inrichtingsplannen van (potentieel) kwetsbare stedelijke gebieden en deze daadwerkelijk uit te voeren, ondanks de onzekerheid over de klimaatverandering en over de kwetsbaarheid van de stedelijke omgeving. Op die manier kan al een groot deel van het stedelijk gebied rond 2050 klimaatbestendiger zijn ingericht. Veel van de adaptatiemaatregelen hebben ook positieve gevolgen voor de duurzaamheid en de kwaliteit van de leefomgeving, en zijn ook om die redenen aan te bevelen.

Ook al zijn maatregelen no- of low-regret, dat wil nog niet zeggen dat publieke en private partijen ze spontaan zullen nemen. Daarom zal van overheidswege het beleid, de regelgeving en (het toezicht op) de uitvoering aangepast moeten worden. Klimaatadaptatie moet een vast onderdeel worden van het beleid inzake ruimtelijke ordening, waterbeheer, rioleringbeheer, milieubeheer, volkshuisvesting, groenbeheer, economische ontwikkeling, bouwregelgeving, en financiering. De bestaande wet- en regelgeving rond locatie(her)ontwikkeling, kan daartoe worden ingezet, inclusief de watertoets en de bouwregelgeving.

Kennishiaten

De strategische drinkwatervoorraad van DZH in de duinen bedraagt 2 à 3 weken. Onbekend is bij welke mate van klimaatverandering knelpunten in de drinkwatervoorziening gaan optreden.

In de oudere stadsdelen worden problemen verwacht met funderingen (heipalen) door periodieke daling van grondwaterstanden (vooral in Den Haag). Ook moet rekening gehouden worden met vertering van gebouwen als gevolg van hogere zoninstraling, zoutindringing en ontwikkeling van voor bouwwerken schadelijke organismen. Nader onderzoek op deze punten wordt aanbevolen.

De kwetsbaarheid van het stedelijk gebied is niet enkel een gevolg van een meer frequente en meer extreme blootstelling aan extreme weersomstandigheden maar ook van de schadegevoeligheid van het stedelijk systeem. Adaptatiemaatregelen zijn daarom deels gericht op het beperken van de schadegevoeligheid. Voor verschillende onderdelen van het stedelijk systeem is die schadegevoeligheid nog niet goed geïnventariseerd. Ook over de precieze effecten van extreme weersomstandigheden op de volksgezondheid en de gezondheid van het stedelijk ecosysteem is nog maar weinig bekend.

De effectiviteit van de vele verschillende typen adaptatiemaatregelen is nog niet uitputtend gekwantificeerd. Vandaar de aanbeveling om momenteel vooral no- of low-regret maatregelen toe te passen. In geheel Nederland zal de komende jaren kennis worden verworven over het gedrag van het stedelijke systeem bij extreme blootstelling en op de effectiviteit van verschillende adaptatiemaatregelen onder die omstandigheden. Haaglanden kan meelopen in dit leertraject en de uitkomsten implementeren in de adaptatiestrategie.

12.2.3 Glastuinbouw – ‘Glas’

Stimuleer zelfvoorzienendheid

Meer zelfvoorzienendheid is reeds een streven van de sector en moet in de adaptatiestrategie worden gestimuleerd. Als de ambities van de sector worden behaald is rond 2040 de waterhuishouding van het glastuinbouwcluster duurzaam ingericht. Dat betekent onder meer: dat voor 75 procent wordt voorzien in de eigen waterbehoefte, een volledige overgang op hergebruik van water, hantering van systemen die wateroverlast en watertekort voorkomen en het telen van gewassen die weinig water gebruiken

Doordat de glastuinbouw reeds op grote schaal gebruik maakt van grondwateronttrekking en behandeling met omgekeerde osmose zijn in ieder geval de substraatteeltbedrijven momenteel al voor een groot deel zelfvoorzienend. Grondgebonden bedrijven kunnen gebruik maken van dezelfde technologie. Knelpunten zijn voornamelijk te verwachten bij lozing van het concentraat (brijnbeleid). Hiervoor zijn ontwikkelprojecten gestart om de bedrijven kosteneffectieve oplossingen te verstrekken.

Door het toepassen van innovatieve maatregelen en meervoudig ruimtegebruik, zoals de opvang van hemelwater als gietwater, kan het ruimtebeslag van waterberging worden verkleind en de zelfvoorzienendheid van de sector worden vergroot.

Adaptatiemogelijkheden worden al verkend

Om kennis en ervaring op te doen met adaptatie worden verschillende projecten in de regio opgezet. Deze zijn vaak specifiek gericht op lokale omstandigheden. Indien ontwikkelingsprojecten leiden tot kosteneffectieve maatregelen, zal dit bijdragen aan het robuust en duurzaam maken van de sector. De projecten laten nu al zien dat er veel mogelijk is op het gebied van aanpassing van technische bedrijfsuitrusting.

Gevarenzone wordt niet bereikt

Hoewel glastuinbouw in Haaglanden gaat krimpen kenmerkt de sector zich door een groot organisatievermogen met kennisnetwerken zoals tuindersverenigingen, proefprojecten etc. Klimaatverandering gaat geleidelijk en er is dan ook tijd voor aanpassingen. De conclusie is dat klimaatverandering in Haaglanden voor de glastuinbouw zeker effecten zal hebben, maar deze zullen oplosbaar zijn en in vergelijking met het buitenland, waar veel extremere effecten worden verwacht, mogelijk juist tot kansen kunnen leiden. Deze constatering blijft echter alleen geldig als de aandacht voor adaptatie niet verslapt.

Literatuur

ABF (2009) Primos Prognose 2009, Delft.

Abma, R. and Berkens, R.: 2006, 'Tekorten aan recreatieruimte in de Zuidvleugel: Input voor programma's voor uitbreiding Delflandse kust'. Den Haag, Kenniscentrum Recreatie.

Andrady, A.L., Hamid, H.S. & Torikai, A. (2003): Effects of climate change and UV-B on materials. *Photochemical & Biological Sciences* 2:68-72

Beijk, V. (mei 2008). Klimaatverandering en verzilting. Modelstudie naar de effecten van de KNMI '06 klimaatscenario's op de verzilting van het hoofdwatersysteem in het noordelijk deltabekken. Rapportnummer 2008.035.

Beijk, V., H. Haas, H. van Pagee (maart 2009). Hoe zout wordt het zoete water? Een samenvattend overzicht van te verwachten chlorideconcentraties in het Benedenrivierengebied na verzilting van het Volkerak-Zoommeer. Rijkswaterstaat Waterdienst.

Berendsen 1997, De vorming van het land, Inleiding in de geologie en geomorfologie, Van Gorcum.

Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak (Bokv), 2009. Ontwerp-Milieueffectrapportage Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer

Borsboom-van Beurden, J., A. Bakema, en H. Tijbosch (2007) A land-use modelling system for environmental impact assessment. Chapter 16, in: *Modelling land-use change; progress and applications*, GeoJournal Library, Koomen, E., J.C.H.Stillwell, A. Bakema & H.J. Scholten (eds.) Springer, Dordrecht: 281-296.

Bosch, S., B. van der Wateren-de Hoog, G. Oude Essink, P. Louw (2009) Zou 't verzilten. *Stromingen* 15 (2009) nummer 3.

Botzen, Wouter (2010), 'Economics of insurance against climate change', proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam

Calle, E.O.F., H. van Hemert, M.T. van der Meer, H.J.T. Weerts, L.R. Wentholt, 2005 Naar een draaiboek voor droogtegevoelige kaden, belangrijkste conclusies en aanbevelingen van het onderzoeksprogramma droogteonderzoek veenkaden. Stowa, 2005-03.

CPB, MNP and RPB (2006a) Welvaart en Leefomgeving. Achtergronddocument. Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau, Den Haag.

CPB, MNP and RPB (2006b) Welvaart en Leefomgeving. Een scenariostudie voor Nederland in 2040. Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau, Den Haag.

Daanen, Hein, Ries Simons, Sabine Janssen (2010), De invloed van stedelijke hitte op de gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam, TNO Bouw en Ondergrond, Delft

De Lange, Ger, Serge van Gessel en Jeroen Schokker, 2006. De nieuwe bodemdalingkaart van black box naar vraaggestuurd product. Ingeokring Newsletter, Volume 13, No. 1.

De Louw, P.G.B., R. Bakkum, H. Folkerts, H. Van Hardeveld, (2004) Het Effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas. Syntheserapport: Definitie water- en stoffenbalans en effecten van verschillende waterbeheersscenario's; TNO-rapport NITG 04-241-B1213, Utrecht.

Deltares, 2009. Klimaat knikpunten in het waterbeheer in het Maasstroomgebied, Onderdeel: Waterkwaliteit

Deltares, januari 2010. Building the Netherlands climate proof – urban areas. Deltares projectnummer 1201082-000.

Deltares, Studie versterking Delflandse kust. In voorbereiding.

Vos, JA. de, I.E. Hoving, P.J.T. van Bakel, J. Wolf, J.G. Conijn en G. Holshof (2004) Effecten van peilbeheer in de polders Zegveld en Oud-Kamerik op de nat- en droogteschade in de landbouw; Alterra-rapport 987, Alterra, Wageningen

Fischer PH, Brunekreef B, Lebrecht E. (2004), Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands. Atmospheric Environment 38:1083-1085

Folmer, I., Eblé, X., Van Herpen, F., 2009. Klimaat knikpunten in het waterbeheer in het Maasstroomgebied Onderdeel: Waterkwaliteit (Royal Haskoning)

Gaast, J.W.J., Massop, H.T.L. and Vroon, H.R.J.: 2009, Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte. Analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met de freatische grondwaterstand en bodem. Wageningen, Alterra,.

Gemeente Den Haag (2008) Agenda voor de Haagse Verdichting

Gemeente Westland (2005) Visie Greenport Westland 2020.

Harmelen, Toon van, Harm ten Broeke, Lisette Klok, Sabine Janssen (TNO), Peter van Oppen, Esther Ruijgvoorn (SBR), Govert Verhoeven, Reinder Brolsma (Deltares), Erica Koning, Lissy Nijhuis (Ingenieursbureau Gemeentewerken Rot-

terdam), Maatregelen tegen het hitte-eilandeffect en hittestress in Rotterdam, rapport Kennis voor Klimaat, in voorbereiding, 2010

Hendriks, D. M. D., van Huissteden, J., Dolman, A. J., van der Molen, M. K.: The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow. *Biogeosciences* 4: 411-424, 2007

Hermans, T. and Verhagen, A.: 2008, Spatial impacts of climate and market changes on agriculture in Europe.

Hoogheemraadschap Delfland (2010) Memo Investeringscan Delfland.

Hoogvliet, M.C., G. Oude Essink, W. Werkman, S. Bosch. Koploper Klimaat Werkpakket Watervoorziening. 14 augustus 2008. Deltares. Rapportnummer 2008-U-0434/A.

Jonkhoff, W., (2008), Economische effecten van klimaatverandering, TNO-rapport, Delft

Klein, J. en Passier, H. 2009. Ondergrond en grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 0912-0124)

Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.), 2009. Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's, KNMI, De Bilt.

Klok, et al. (2010), Geografisch verdeelde effecten van het hitte-eiland effect in Rotterdam, TNO-rapport, Utrecht

KNMI, 2005. Zout, zouter, zoutst. Statistiek van de externe verzilting van Midden-West Nederland. KNMI-publicatie 199-III i.s.m. RWS RIZA.

KNMI, 2009. Klimaatschetsboek van Nederland. Het huidige en toekomstige klimaat. KNMI report 223.

KNMI, 25 juni 2010. Presentatie extreme neerslag. Voorlopige uitkomsten regionaal klimaatonderzoek. Onderdeel van project HSHL05/HSRR04.

Koomen, E., Dekkers, J. and Van Dijk, T. (2008) Open space preservation in the Netherlands: planning, practice and prospects. *Land Use Policy* 25(3): 361-377.

Koops, Olaf, Wouter Jonkhoff, Ton Vrouwenvelder, Elmer Rietveld, Olga Ivanova (2009), Kosten van overstrooming, TNO Position paper, "Ruimtelijk-economische effecten van overstroomingen"

Kruiningen, F. van (2004) Verzilting Midden-Holland zomer 2003; in: *H2O*, nr 2, pag 17-21.

Lemans, J.M., 2007. Afstudeeronderzoek Potentie Meet-en Regeltechniek op grote watersystemen in Nederland (Case 2: Afvoerverdeling Rijntakken) TU Delft/RIZA

Loeve, R., P. Droogers, P., Veraart, J., 2006. Klimaatverandering en waterkwaliteit, FutureWater

Loonen, W. en E. Koomen (2008), Calibration and validation of the Land Use Scanner allocation algorithms, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.

Lubking, 1992. Construeren met grond, Grondconstructies op en in weinig draagkrachtige en sterk samendrukbare ondergrond. Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving. ISBN 9037600247.

Meerburg, B.G., Korevaar, H., Haubenhofer, D.K., Blom-Zandstra, M. and van Keulen, H.: 2009, 'The changing role of agriculture in Dutch society', The Journal of Agricultural Science 147, 511-521.

MNP (2007) Nederland Later; Tweede Duurzaamheidsverkenning deel fysieke leefomgeving Nederland. MNP-publicatienr.500127001/2007. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Water, 2004 Evaluatienota Waterbeheer Aanhoudende droogte 2003

Montfoort, R. van, Y. van der Velde en R. Stuurman (2004) Oppervlaktewaterbeheer in droge tijden - Hoe beïnvloedbaar is de grondwaterstand? TNO-NITG INformatie, mei 2004. pag 17-20.

Nijland, Timo G., Olaf C.G. Adan, Rob P.J. van Hees en Bas D. van Etten (2008), Evaluation of the effects of climate change expected for the Netherlands on durability of building materials, with suggestions for adaptation, TNO Bouw en Ondergrond, Delft

Oort, F. van, O.Raspe and D.Snelles (2003) De ruimtelijke effecten van ICT. Ruimtelijk planbureau, NAI Uitgevers, Rotterdam.

Otter, H.J. den en H.R. Heida (2007), Primos Prognose 2007, De toekomstige ontwikkeling van bevolking, huishoudens en woningbehoefte, ABF Research Delft, publicatie: Ministerie van VROM.

Peters, E. 2004. De droogte van 2003 in Nederland, Stromingen 10(3): 5-20

Planbureau voor de Leefomgeving (2009) Achtergronddocumentatie regionale ruimteclaims

Provinciaal Waterplan Zuid-Holland 2010 – 2015, 2009.

Provincie Zuid-Holland (2009a) Monitor wonen 2009. Den Haag.

Provincie Zuid-Holland (2009b) Ontwerp Provinciale Structuurvisie. Den Haag.

Provincie Zuid-Holland (16 juni 2009) Definitief advies Zoetwaterverkenning Zuid-Holland Zuid.

Rioned, 2006, Stedelijke Wateropgave, Vergelijking normen voor water op straat en inundatie

Rioned, Visie van Stichting RIONED, Klimaatverandering, hevige buien en riolering.

RIZA (januari 2006). Aanvoerfrequenties verziltingsjaren t.b.v. Zoetwaterverkenning Midden-West Nederland. Projectnummer 6100.016.36

RIZA (september 2005). Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland, eindrapport. RIZA rapport 2005.016

Royal Haskoning, 2006. Zoetwaterverkenning Midden-West Nederland

Schaap, B.F., Blom-Zandstra, M., Geijzendorffer, I.R., Hermans, C.M.L., Smidt, R.A. and Verhagen, A.: 2009, 'Klimaat en landbouw Noord-Nederland : rapportage van fase 2'. Wageningen, Plant Research International: 66.

Slobbe R., A. Breukers & M. Ruijs, 2010, Is de tuinbouwsector klaar voor een paar graden meer?, LEI nota 10-046

Stadsgewest Haaglanden (2008) Regionaal Structuurplan Haaglanden 2020 - Visie; vastgesteld op 16 april 2008, Stadsgewest Haaglanden, Den Haag.

Steenbergen, Raphael D.J.M., Chris P.W. Geurts en Carine A. van Bentum (2008), Climate change and its impacts on structural safety, TNO Bouw en Ondergrond, Delft

Steenveld, G.J., S. Koopmans, L.W.A. van Hove, A.A.M. Holtslag. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. Quantifying the urban heat island effect in The Netherlands by exploring observations from hobby meteorologists.

Van den Berg, G.A., Bernhardt, L., Doomen, M.C., 2004. Quick scan effecten droogte op waterkwaliteit. Inventarisatie van actuele vragen. KWR rapport 04.092

Van den Noort, J., 2006. Eerst het zout en dan het zoet. Verzilting en de aanvoer van zoet water voor Zuid-Holland. Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 12(2003); webversie 2006

Van Ek, R., J. Heemstra, M. Hoogvliet, J. Icke, R. van der Krogt, J. Kwadijk, G. de Lange, E. van Leeuwen, G. Oude Essink, A. van der Spek, R. Stuurman, 2007. Inventarisatie van de effecten van klimaatverandering op fysiek systeem Hoogheemraadschap van Delfland. Deltares i.o., 2007-U-R1023/A.

Van Haersma Buma, M.A.P. 2008. Brief aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, mevrouw Huizinga, "Belang toekomstige zoetwatervoorziening", dd. 2-10-2008

Van Hemert., H., L.R. Wentholt, 2004. Stabiliteit van veenkaden: de stand van zaken; Droogteonderzoek veenkaden: de middellange termijn. Stowa, 2004-07.

Van Huissteden, J., Van den Bos, M., Marticorena Alvarez, I.: Modelling the effect of watertable management on CO₂ and CH₄ fluxes from peat soils. Netherlands Journal of Geosciences, 85:3-18, 2006.

Van Oort, F., O.Raspe and D.Snelles (2003) De ruimtelijke effecten van ICT. Ruimtelijk planbureau, NAI Uitgevers, Rotterdam.

Van Rij, E., Dekkers, J. and Koomen, E. (2008) Analysing the success of open space preservation in the Netherlands: the Midden-Delfland case. Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie 99(1): 115-124.

Veldhuizen, A. and Bakel, J.v.: 2008, 'Nationaal Hydrologisch Instrumentarium: Deelrapport beregeing'.

Versteeg R. & A. Roelevink, 2005a. Toetsing wateroverlast Delfland, Hoofdrapport. HKVlijn in water in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, PR911.

Versteeg R. & A. Roelevink, 2005b. Toetsing wateroverlast Delfland, Technisch achtergrondrapport. HKV lijn in water in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, PR911.

Vries, A.d., Veraart, J., Vries, I.d., Oude Essink, G.H.P., Zwolsman, G.J., Creusen, R. and Buijtenhek, H.: 2009, 'Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta: een verkenning'. Utrecht, Kennis voor Klimaat: 79.

Vuurens, S. H., 2008. Herijking Zoetwaterverkenning Provincie Zuid Holland, Royal Haskoning

Weerts, H.J.T., B. Makaske, G.J. Maas, C.H.M. de Bont, G.A.M. Kruse, J.G. Veldkamp, R.W. Vernes, 2004. Aandachtsgebieden veenkaden, inventarisatie van gebieden met veenkaden of kaden op veenondergrond, 2004-36.

Werkman, W., en Jacobs, P., 2005 Water waar het wezen moet Effecten van beleidsstrategieën voor droogte in Midden-West Nederland. Eindrapport Modelspoor Fase 2. RIZA rapport 2005.018

Witte, F., J. Runhaar en R. van Ek (2009). Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. Deltares en KWR Water research in opdracht van Planbureau voor de Leefomgeving.

Geraadpleegde websites

Hoogheemraadschap Delfland: <http://www.hhdelfland.nl/>
<http://www.hhdelfland.nl/wat-doet-delfland/waterbeheer/brielse-meerleiding/>

Hoogheemraadschap Rijnland: <http://www.rijnland.net>

Zwemwater

<http://www.hhdelfland.nl/wat-doet-delfland/waterkwaliteit/zwemwater/>
http://www.zuid-holland.nl/overzicht_alle_themas/thema_water/zwemwater.htm
<http://www.zwemwater.nl/>

Visie Greenport Nederland 2040, 2008:

http://www.greenportsnederland.nl/Content/www.greenportsnederland.nl/Documenten/SEN0003_BR_RAPPORT_WEB4.pdf

Integrale visie Greenport Westland-Oostland 2020: <http://www.pijnacker-nootdorp.nl/smartsite.shtml?ch=INT,INT&id=67420&menu=67420>

Bijlage A: Uitkomst brede inventarisatie klimaateffecten

De navolgende tabellen geven een overzicht van de brede inventarisatie van mogelijke klimaateffecten die zich in de regio Haaglanden kunnen voordoen. Deze inventarisatie is in de eerste stap van de studie gemaakt en vormde het uitgangspunt voor discussie met stakeholders (o.a. in de 'Arena') en experts over welke effecten prioriteit verdienen. De tabel geeft eerste verwachtingen en ideeën over de mogelijke klimaateffecten weer en bevat dus niet het eindresultaten van de studie. Hiervoor moet worden verwezen naar de effectenbeschrijving in de hoofdttekst van dit rapport. Inhoud van de kolommen (NB. niet voor elk effect zijn alle kolommen van informatie voorzien):

Compartment

Doet het effect zich naar verwachting voor in het gebied Stad, Glas of Gras (of meerdere)?

Thema

Onder welk thema kan het effect worden geclassificeerd?

Effect (beschrijving)

Beknopte beschrijving van het effect

Oorzaak (klimaatfactor)

De specifieke klimaatfactor die in hoofdzaak zorg voor het klimaateffect

Schatting urgentie (+ of -)

+ als het effect belangrijk voor Haaglanden is geacht; - als het belang naar verwachting gering is

Waarom problematisch?

Beknopte omschrijving waarom het effect voor knelpunten zorgt

Kennishiaten

Welke kennis/informatie is nodig om meer grip te krijgen op het effect

Waar?

Waar in Haaglanden zal het effect i.i.g. optreden?

Optionele maatregelen

Eerste idee over maatregelen die kunnen worden genomen om het knelpunt op te heffen.

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waaronder problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD	economie	schade aan bebouwing door verfitting / uitzetting / droogte / wateroverlast	temperatuurverhoging winter	+				
STAD	economie	arbeidsproductiviteitsverlies in zomer	temperatuurverhoging zomer	-				
STAD	economie	dalende huis- en kantoorprijzen in lage gebieden, stijgende prijzen in hoge gebieden	zeespiegelverhoging	-				
GLAS	economie	inkrimping tuinbouwgebieden EU	temperatuurverhoging zomer	+				
STAD	economie	koel- en proceswaterschaarste bij grote puntbronnen	verandering neerslagpatronen (afname zomer), temperatuurverhoging zomer	-				
GLAS	economie	slechtere teeltomstandigheden Zuid-Europa, hogere prijzen voor NL producten	temperatuurverhoging zomer	+				
STAD	economie	recreatie	temperatuurverhoging zomer	+				
GLAS	economie	verhoogde economische opbrengst en verlaagde (energie)kosten	temperatuurverhoging winter	+				
GLAS	economie	verhoogde fysieke schade / verzekeringstoremie kassen	toename windkracht, grotere pieken in neerslag	-				
GLAS	economie	Verhoogde gewasopbrengst (+%)	verhoging CO2 concentratie	+				
STAD	economie	verhoogde verzekeringspremie / kans op productiviteitsverlies, mn lage gebieden	zeespiegelverhoging	-				
GLAS	economie	verschuivingen in internationaal aanbod plantaardige producten	temperatuurverhoging zomer	+				
STAD	economie	waterschade aan huizen en infrastructuur	grotere pieken in neerslag	-				
STAD	energievoorziening	koelwaterschaarste bij grote puntbronnen	verandering neerslagpatronen (afname zomer), temperatuurverhoging zomer	-				
STAD	energievoorziening	Meer opbrengst windenergie	toename windkracht	+				
STAD	energievoorziening	Meer opbrengst zonne-energie	meer zonuren	+				
GLAS	infrastructuur	klimaatbeheersing en energie: lichtregulering	temperatuurverhoging zomer	-				
GLAS	infrastructuur	klimaatbeheersing en energie: leidt tot energiebesparing	temperatuurverhoging winter	+				
GLAS	infrastructuur	klimaatbeheersing en energie: leidt tot koeling in kas en voor bewaren producten en energievraag	temperatuurverhoging zomer	-				
GLAS	infrastructuur	relatief minder verdroging: minder tekort aan getwater	verschuiving neerslag naar kust (in zomer)	+				
GLAS	infrastructuur	relatief minder waterschaarste	verschuiving neerslag naar kust (in zomer)	+				
STAD	infrastructuur	schade aan fundering door verzetting	zeespiegelverhoging	-				

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waaronder problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
GLAS	infrastructuur	verdroging; tekort aan gietwater	verandering neerslagpatronen (atname zomer)	-				
STAD	infrastructuur	verhoogde slijtage wegdek door zachter asfalt bij warm weer	temperatuurverhoging zomer	-				
GLAS	infrastructuur	vernating; grotere watervoorraden	verandering neerslagpatronen (toename herfst, winter en lente)	+				
STAD	infrastructuur	verschuiving vraagverhouding W&K winter; minder warmtevraag; meer elektriciteitsvraag voor verlichting (meer neerslag en dus meer donkere dagen in de winter)	temperatuurverhoging winter	-	afnemend rendement door dreigend warmteoverschot			
STAD/GRAS/GLAS	infrastructuur	Versterkte spoorvorming op asfaltwegen en problemen met bruggen (vastzitten bewegende delen en problemen met dilatatievoegen vaste bruggen).	Temperatuurstijging zomer	-	Verkeersoverlast en verminderde verkeersveiligheid. Meer onderhoud nodig van vooral provinciale wegen en aanpassing fundering (kost geld).		In en rond stedelijk gebied, zoals Den Haag (bv. proeftuinen Noordpolder en Plaspoelpolder), Scheveningen, Delft, Zoetermeer.	
STAD	infrastructuur	waterschade aan huizen en kantoren	grotere pieken in neerslag	-				
STAD	infrastructuur	waterschade aan wegen	grotere pieken in neerslag	-				
GLAS	land- tuinbouw	gewasgroeiomstandigheden; verschuiving groeiseizoen	temperatuurverhoging winter	-				
GLAS	land- tuinbouw	verdroging; achterblijvende kieming	verandering neerslagpatronen (atname zomer)	-	tuinbouw effect, geen effect op glastuinbouw			
GLAS	land- tuinbouw	verdroging; droogtestress tijdens groeiseizoen	verandering neerslagpatronen (atname zomer)	-	tuinbouw effect, geen effect op glastuinbouw			
GLAS	land- tuinbouw	verhoogde opbrengst; meer zonuren	temperatuurverhoging winter	+				
GLAS	land- tuinbouw	verminderde opbrengst; vroegere beëindiging groeiseizoen	temperatuurverhoging zomer	-				
GLAS	land- tuinbouw	verzilt; zoutschade	zeespiegelverhoging	-				
GLAS	land- tuinbouw	ziekte en plaagdruk; veranderende agressiviteit ziekten en plagen, hogere bladgroei leidt tot meer schimmels	verhoging CO2 concentratie	-				
GLAS	land- tuinbouw	ziekte en plaagdruk; veranderende geschiktheid van omgeving, verschuiven van dichtheden predatoren en asynchronisatie van levenscycli ziekten en plagen	temperatuurverhoging winter	-				
GLAS	land- tuinbouw	ziekte en plaagdruk; veranderende mogelijkheden gewasbescherming	temperatuurverhoging winter	-				
GLAS	land- tuinbouw	ziekte en plaagdruk; veranderende vatbaarheid gewas	verhoging CO2 concentratie	+				
STAD	beefbaarheid	stankoverlast	verandering neerslagpatronen (atname zomer), temperatuurverhoging zomer	-				

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	Schatting urgentie (+ of -)	Waaronder problematisch?	Kennislaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD	leefbaarheid	hittestress: verhoogde sterfte in zomer, hittestress: lagere arbeidsproductiviteit in zomer	temperatuurverhoging zomer	-				
STAD	leefbaarheid	in combinatie met hitte neemt de schadelijkheid van luchtverontreiniging (gezondheidseffecten en sterfte) toe	temperatuurverhoging zomer	-				
STAD	leefbaarheid	verhoogde watertemperatuur: meer blauwalg	temperatuurverhoging zomer	-				
STAD	leefbaarheid	wateroverlast	grotere pieken in neerslag	-				
STAD	leefbaarheid	Zachte winters	temperatuurverhoging winter	+				
STAD	leefbaarheid	Zuidelijke zomers	temperatuurverhoging zomer	+				
STAD	leefbaarheid	vermindering sterfte in winter	temperatuurverhoging winter	+				
STAD	mobilititeit	meer hinder / beperking vliegverkeer	toename windkracht, grotere pieken in neerslag	-				
STAD	mobilititeit	toename verkeershinder	toename windkracht, grotere pieken in neerslag	-				
STAD	mobilititeit	minder verkeershinder door afname vorstlagen (ijzel en gladheid), ook lagere zoutbelasting bodem langs wegen door minder strooien	temperatuurverhoging winter	+				
STAD	mobilititeit	vermindere milieubelasting de-icing vliegtuigen door minder vorstlagen	temperatuurverhoging winter	+				
STAD	mobilititeit	waterstanden vaarwegen onder druk in droge periodes	verandering neerslagpatronen (afname zomer)	-				
GRAS	ondergrond, grondwater	Afname koudeinnemende soorten, sleutelpopulaties kunnen niet meer duurzaam overleven in versnipperde natuorkernen	Temperatuurstijging, weersuïremen	+	natuurgebieden te klein waardoor populaties temperatuurveranderingen niet bij kunnen houden	Algemeen effect bekend, specifiek effect op soorten binnen Haaglanden niet	Kernen in de Groenblauwe Slinger	Realisatie groene verbindingen
GRAS	ondergrond, grondwater	Hogere GHG en 'water op het land' ten gevolge van uitputting treatische bergingscapaciteit.	Toename neerslagintensiteit en stijging zeespiegel	-	Natgeschade bij gewassen (bv aardappelen) kan optreden bij deze natte condities, en veroorzaakt opbrengstvermindering.	Rol secundaire doorlatendheid (krimscheuren), vooral in kleigebieden.	Veenweidegebied (bijv. proeftuin Midden-Deilfland) en droogmakerijen in kleigebied.	
GRAS	ondergrond, grondwater	Lagere GLO in zomerperiode.	Afname zomerneerslag	+	In het landbouwgebied kan dit leiden tot droogschade en door versterktevoenoxidatie zal maaiavvaldaling in het veenweidegebied toenemen.		Veenweidegebied (bijv. proeftuin Midden-Deilfland). Overige landbouwgebieden.	Vasthouden 'whitewater' voor beregning. Opzetten waterpeil in veenweidegebied om maaiavvaldaling te voorkomen.
STAD/GLAS	ondergrond, grondwater	Nieuwe maatregelen, zoals waterconservering en atkoppelen en infiltreren van regenwater, en functies van het grondwater (zoals WKO installaties), hebben sterk effect op de toestand van het grondwater.	Toename neerslagintensiteit	-	Onbekend wat het effect is van dit soort nieuwe maatregelen en functies op het grondwater zullen zijn; wellicht is het niet mogelijk om bepaalde zaken te combineren.	Weinig onderzoek gedaan naar het effect van dit actieve gebruik op de toestand van het grondwater.	Stedelijk gebied, zoals Den Haag (bv. Proeftuinen Noordpolder en Plaspoelpolder) en glastuinbouwgebied (bv. Proeftuinen Waalblok, Poelpolder, Oranjepolder).	

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	Schatting urgente (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD	ondergrond, grondwater	Stijging grondwaterstand in duningebieden en toename kwelstroom.	Toename winterneerslag	-	Wateroverlast in laaggelegen delen in het gebied oosten van de duinen.		Stedelijk gebied zoals Scheveningen en Wassenaar.	Beter en meer grondwaterdrainage in stedelijk gebied.
STAD/GLAS/GRAS	ondergrond, grondwater	Toename dynamiek grondwaterstanden (groter verschil tussen GHG en GLG)	Toename winterneerslag, afname zomerneerslag	-	Sterkere variatie in grondwaterstanden vraagt om aanpassingen waterbeleid en peilbeheer.		Hele gebied. Vooral voor de landbouw (gras en glas) kunne veranderingen in dynamiek sterke gevolgen hebben. In stedelijk gebied	
GLAS	ondergrond, grondwater	Toename kwelstroom van kwelontvangende waterlopen nabij zee en nabij de Nieuwe waterweg.	Zeespiegelstijging en toename winterneerslag	+	Er kan verzilting optreden in glastuinbouwgebieden nabij zee of nabij de Nieuwe waterweg.	Over de mate van verzilting die kan optreden in deze gebieden is nog weinig bekend.	Glastuinbouwgebieden, bv. proeftuinen Waalblok en Oranjepolder.	
STAD	ondergrond, grondwater	Verdroging en uitzakken grondwaterstand	Afname zomerneerslag	+	Dit kan leiden tot schade aan houten funderingen en een tekort aan bluswater en beregeningswater voor tuinen en groenvoorzieningen.		Stedelijk gebied, zoals Den Haag (bv. proeftuinen Noordpolder en Plespoelpolder) en glastuinbouwgebied (bv. proeftuinen Waalblok, Poelpolder, Oranjepolder).	
STAD/GLAS/GRAS	ondergrond, grondwater	Versnelling bodemprocessen, toename mobiliteit verontreinigingen en nutriënten, en verschuivingen samenstelling bodemfauna.	Temperatuurstijging, toename verdamping in de zomer, toename winterneerslag, afname zomerneerslag, toename neerslagintensiteit.	-	Deze effecten kunnen leiden tot verslechtering van de bodemwaterkwaliteit. Hierdoor worden kwaliteit van natuur en mogelijkheden voor recreatie minder.	Wieling kennis over verhoogde uitspoeling van droge zandgronden en verandering bodemfauna tgv. klimaatverandering.	Hele gebied, maar vooral belangrijk in natuur- en recreatiegebied, zoals in proeftuinen Noordpoel, Het Nieuwe Water en Midden-Deilfand.	waterhuishoudkundige maatregelen
GLAS/GRAS	ondergrond, grondwater	Versterking opwellen brak water in sloten. Waar wellen en geulen voorkomen is de verzilting plaatselijk sterker.	Stijging zeespiegel, toename verdamping zomer, afname neerslag zomer.	+	Landbouwschade ten gevolge van verzilting, vooral glastuinbouw is gevoelig voor verzilting. Verzilting kan worden versterkt door stedelijke vernieuwing (bijv. door het graven van waterpartijen ingebieden met een dunne deklaag).	Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar het effect van stedelijke vernieuwing op verzilting.	Glastuinbouwgebieden (bv. proeftuinen Waalblok, Poelpolder, Oranjepolder). Kveelgebieden zoals Leidseveen, proeftuin Midden-Deilfand en diepe droogmakerijen (waar precies?)	Verhogen doorspoelcapaciteit van oppervlaktewater.

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	Schatting urgentie (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS/GRAS	ondergrond, grondwater, veiligheid	Veenoxidatie, verdroging en stijging kweldruk veroorzaken een grotere opbarstgevoeligheid.	Toename verdamping zomer, toename hittegolven, toename winterneerslag, afname zomerneerslag, toename neerslagintensiteit zomer, zeespiegelstijging.	+	Vaker herstel en onderhoud van kades, wegen, nutsleidingen, rioleringen, openbaar groen en tuinen nodig. Kan tot problemen leiden bij aanleg civieltechnische werken zoals tunnelbaken. Dunnere veenbodems verhogen het risico tot opbarsten en verzilting via wellen.	temperatuurafhankelijkheid van veenoxidatie.	Veenweidegebied (bv. proeftuin Midden-Deilfand). Veenweide- en kleipolders aan noordoostzijde van het gebied (bij Leidseveen). Smalle strook langs de kust en langs de Nieuwe Waterweg (bv. proeftuin Oranjeplas).	Herstelwerkzaamheden herstel en onderhoud
GRAS	ondergrond, grondwater, veiligheid	Veenoxidatie, verdroging en verminderde kweldruk veroorzaken versnelde bodemdaling.	Temperatuurstijging zomer en winter, toename verdamping zomer, toename hittegolven, toename winterneerslag, afname zomerneerslag, toename neerslagintensiteit zomer.	+	Glastuinbouw in veengebieden leidt tot verdere bodemdaling door het atrekken van de bodem. Maatregelen als opzetten van grondwater kunnen landbouwactiviteiten sterk bemoeilijken. Lagere ligging t.o.v. waterlopen vergroot de risico's t.g.v. overstroming.	temperatuurafhankelijkheid van veenoxidatie.	Veenweidegebied (bv. proeftuin Midden-Deilfand). Polders aan noordoostzijde van het gebied.	Opzetten slootbellen in veenweidegebied; maatschappelijke beheer. Ophogen bodem met materiaal met laag volumegewicht.
STAD/GRAS	veiligheid	Hogere stijghoogten in Pleistoceen zand zorgen voor diepere glijvlakken.	Zeespiegelstijging	-	Verhoging van de stijghoogten in het Pleistoceen zand. Deze effecten kunnen de effecten van klimaatverandering versterken of atzwakken.	Versterking/verzwakking van klimaatfactoren door veranderingen in het achterland.	Vooral polderkaden en nabij ontwikkelgebieden.	Verbeteringen stabiliteit kaden.
STAD/GRAS	veiligheid	Meer neerslag en meer sneeuwsmelt stroomopwaarts veroorzaken een hogere afvoerextremen door de Rijnakken.	Toename neerslag/afname temperatuurstijging	+	Verhoging van de afvoerextremen van de Rijnakken en de overstromingsrisico's. Dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen in het gebied.	Orzakerheid over toename afvoerextremen door de Rijnakken en overstromingsrisico's.	Nieuwe Waterweg, rivierdijk, Maaslanddijk, zuidelijk deel Proeftuinen Oranjepolder, Poelpolder).	Dijkverzwaring/verbetering/rhoging. Verbetering versterking constructies; Meer ruimte voor de rivier.
STAD/GRAS	veiligheid	Meer scheurvorming dijkbekleding (toename doorlatendheid); lagere grondwaterstand in waterkering en afname binnenwaartse macrostabiliteit; verminderde erosiegevoeligheid door verminderde kwaliteit grasmat.	Toename temperatuur, afname zomerneerslag	+	De verslechterde toestand van de zeezuivering zorgt voor een verhoogd risico op overstroming vanuit zee. Dijkverbetering kost ruimte en geld, dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen.	Meer onderzoek moet worden gedaan naar scheurvorming en nieuwe vormen van dijkverbetering.	Deilfandse dijk, Monster, sGravezande en nabijgelegen glasgebied (bv. proeftuin Waalblok)	Verbetering dijkbekleding

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS	veiligheid	Snellere val van water geeft meer kans op grootschalige overscharingen (zetting/vloei)	Toename neerslagintensiteit en afname zomerneerslag	+	Verhoogd risico overstroming vanuit zee. Dijkverzwaring kost ruimte, dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen.	Meer onderzoek moet worden gedaan naar nieuwe vormen van dijkverbetering.	Deilandse dijk, Monster, sOrevezande en nabijgelegen glasgebied (bv proeftuin Waalblok)	idem
STAD/GLAS	veiligheid	Slijping grondwaterstand in waterkering, afname binnenvaartse macrostabiliteit, toename erosiegevoeligheid	Toename neerslagintensiteit	+	Verhoogd risico overstroming vanuit zee. Dijkverzwaring kost ruimte, dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen.	Meer onderzoek moet worden gedaan naar nieuwe vormen van dijkverbetering.	Deilandse dijk, Monster, sOrevezande en nabijgelegen glasgebied (bv proeftuin Waalblok)	Dijkverzwaring, verbetering dijkbeleding, verbetering dijkstabiliteit
STAD/GLAS	veiligheid	Toename belasting en erosie kustprofiel en veranderende sedimenthuishouding.	Slijping zeespiegel, verandering in wind	-	Tekort aan natuurlijke sedimentaanvoer in lage delen Haaglanden. Bezuinigingen op suppletieband en delegeren van taken naar verschillende Hoogheemraadschappen kan leiden tot achteruitgang structureel onderhoud.		Zone zeewaarts van duinen en zeeoek langs Nieuwe Waterweg. Lage gebieden Haaglanden.	Momenteel goed kustonderhoudsplan, dit uitbreiden met kunstmatige ophooging lage gebieden.
STAD	veiligheid	Toename duinafslag, aantasting door intense neerslag, verstuving en veranderende vegetatie kunnen leiden tot afname duinstabiliteit.	Zeespiegelstijging, toename neerslagintensiteit, toename wind(snelheden), temperatuurstijging.	-	De verslechterde toestand van de zeeverkering zorgt voor verhoogd risico overstroming vanuit zee. Voor meer versterking van het dungebied moet geld en ruimte worden gereserveerd. Dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen nabij het dungebied.	Weinig kennis over veranderingen duinvegetatie tgv temperatuurstijging	Dungebied, Scheveningen, Den Haag, Wassenaar	Versterking en uitbreiding van het dungebied
STAD/GLAS/GRAS	veiligheid	Toename golfaanval en hogere waterstand door windopzet kunnen leiden tot versterkte erosie en risico op overslag.	Toename wind	-	Overslag (van wateroverlast veroorzaken		Enkele boezemkaden, vb. Vlaardingervaart	Verbetering afwerking kade en verhoging van kaden.
STAD/GLAS	veiligheid	Verandering vegetatie		-	Verandering van vegetatie heeft een effect op het ecosysteem in de duinen, maar ook op de duinstabiliteit en mate van verdamping.	Weinig kennis over veranderingen duinvegetatie tgv temperatuurstijging	Dungebied	??

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS/GRAS	veiligheid	Verdroging zorgt voor toename op kans van deformaties, scheurvorming en instabiliteit van organische componenten, vooral risicovol in combinatie met constructies als keurwanden.	Drogere zomerperiodes	+	Afsluiven van kaden kan leiden tot wateroverlast en onveilige situaties (zoals in Wilnis). Conflicterend met toemennende wens op kaden te wonen. Versterkingen/verbredingen van kaden kunnen conflicteren met andere ontwikkelingen, zoals waterberging en uitbreiding stedelijk gebied.	effect van droogte op boezem- en polderkaden; samenstelling van constructies; mogelijkheden voor versterking.	Vooral polderkaden (bestaan meestal uit veen), maar ook boezemkaden wanneer deze uit organisch materiaal zijn opgebouwd. Problemen zijn al opgetreden bij Pijnacker Noordkade, Noordlindse weg in Berkel, Rozendaallaan in Roderijs en in de Woutse polder, Commandeurspolder, Dorppolder, Vlaardingen Holyweg en Weteringen.	Verbeteringen stabiliteit en afwerking kaden.
STAD/GLAS	veiligheid	Verhoging risico's van faalmechanismen overloop, overslag, binnenwaardse macrostabiliteit, vermindering erosiebestendigheid.	Stijging zeespiegel; toename wind	+	De verslechterde toestand van de zeevering zorgt voor verhoogd risico overstroming vanuit zee. Dijkverbetering kost ruimte en geld, dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen nabij de Delflandse dijk.	Meer onderzoek moet worden gedaan naar nieuwe vormen van dijkverbetering.	Delflandse dijk, Monster, Schiezanede en nabijgelegen glasgebied (bv proeftuin Waalblok)	Dijkverzwaring/verhoging, verbeteren faalmechanismen overloop
STAD/GLAS	veiligheid	Verkleining afvoercapaciteit Maaslintering, waardoor langdurig hoge waterstanden rivieren. Gevolg: verminderde standzekerheid, versterkte onder/schutterhoopsheid en vermindering stabiliteit van de Maasdijk, effect op niet waterkerende elementen (tabels en leidingen), sterkte keermogelen onvoldoende, verminderde stabiliteit waterbodems begangskanalen gemaal.	Samenvallen neerslagextremen met storm op zee, Zeespiegelstijging	+	Verhoging overstromingsrisico vanuit de Nieuwe Waterweg; Dijkverzwaring of 'ruimte voor de rivier' kost ruimte, dit kan conflicteren met andere belangen en ontwikkelingen in het gebied. Hogere kosten door frequenter onderhoud aan met waterkerende elementen.	Meer onderzoek nodig voor goede inschatting risico's sluitingsbeleid Maaslintering en methoden om hierop in te spelen.	Nieuwe Waterweg, rivierdijk, Maaslanddijk, zuidelijk deel glasgebied (bv. proeftuinen Oranjepolder en Poelipolder).	Dijkverzwaring/verbetering/verhoging, Verbetering versterking constructies; Meer ruimte voor de rivier.

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaalfactor)	schatting urgente (- of +)	Waaronr problematisch?	Kennisstaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS/GRAS	veiligheid	Vernatting zorgt voor toename op kans van deformaties van kaden, waardoor deze gaan lekken en de stabiliteit verslechtert. Verslechtering van de afwerking zorgt voor hogere erosiegevoeligheid.	Toename neerslagintensiteit	+	Verkeersveiligheid Deftlandsedijk komt in gevaar door deformaties en verlies stabiliteit. Wateroverlast in laaggelegen stedelijk gebied (bv. Noordpolder en plaspoelpolder) en glasruinbouwgebied (bv. Poelpolder en Oranjepolder) bij hevige regenval, veiligheid niet in geating.	effect van verhoogde neerslagintensiteit op boezem- en polderkaden; samenstelling van constructies; mogelijkheden voor versteviging.	Deformaties van compartimentveringsdijken (Maasdijk en oude waterkering achter Deftlandsedijk) en boezemkaden (in Maasland en Schipluiden). Bij het ontwikkelen van bv. proeftuin Oranjepolder moet rekening worden gehouden met belemmering verkeer op Deftlandsedijk. Sterkere erosiegevoeligheid polderkaden langs (diepe) droogmakerijen (waar?).	Verbeteringen stabiliteit en afwerking kaden.
STAD/GLAS/GRAS	veiligheid	verhoogd risico op dijkdoorbraak	toename windkracht	-	grote gevolgen voor mens en maatschappij			
STAD/GLAS/GRAS	veiligheid, overlast	Hoge grondwaterstanden en infiltratiecapaciteit van regenwater lager tijdens de winter. Onvoldoende afwatering tijdens intense zomerbuien.	Meer neerslag in de winter; toename intensiteit zomerbuien	+	Vaker water op straat tijdens buien geeft verkeersoverlast, verminderde stabiliteit berm en taluds.		Hele stedelijk gebied en infrastructuur in rest van het gebied.	Vergroting afwateringscapaciteit wegen. Sturing en uitbreiding van rioolgemalen om lokale bergingscapaciteit te vergroten; aanpassen waterinlaatstrategieën. Acceptatie water op straat.
GRAS	waterkwaliteit	Verarming van de soortensamenstelling door gewijzigde milieucondities: verslechtering waterkwaliteit, verdroging schraaggraslanden,	Droogter, brakke kwel, veenoxidatie, waterkwaliteit	+	Achteruitgang condities voor moerasnatuur	responsfuncties	Moerasgebieden	
GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Door een toename van de kweldruk stijgen mogelijk de saliniteit en voedselrijkdom.	Zeespiegelstijging	-	Indien het ondiepe kwelwater een hoge voedselrijkdom en/of saliniteit heeft, kan dit ongunstig zijn voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Beperkende factor in bereiken lange termijn KRWV doelen.	Grote onzekerheid mbt precieze klimaatverandering effecten en termijn waarop deze gaan optreden.	Veenweidegebied (bv. proeftuin Midden Deftland) binnenlandse oppervlaktewateren in kustzone (bv. proeftuin Waalblok).	Intensivering van ecologische inrichting- en beheersmaatregelen.

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Een verandering van de jaarlijkse neerslag zorgt voor een verandering in de uit- en afspoeling van organisch materiaal (meer neerslag, meer spoeling). Een hogere temperatuur leidt tot snellere bodemprocessen (diffuse bron groter) en meer opname van nutriënten uit de bodem (diffuse bron kleiner). Hogere watertemperatuur zorgt voor een hogere vissterfte en algengroei	Verandering totale jaarlijkse neerslag, temperatuurstijging	-	Vissterfte, stankoverlast	relatie klimaatverandering in in- en uitspoeling		vermindering bemesting (is al gestart)
STAD/GLAS/GRAS	waterkwaliteit		Temperatuurstijging	+	vaker optreden van botulisme en blauwalg zorgt voor verslechtering waterkwaliteit en verminderde mogelijkheden voor recreatief gebruik. Beperkende factor in bereiken lange termijn KFRW doelen.	Grote onzekerheid met precieze klimaatverandering effecten en termijn waarop deze gaan optreden.	Ondiepe meren en watergangen in het hele gebied; vooral problematisch in natuur- en recreatiegebieden (bv. proeftuinen Noordpoelolder, Het Nieuwe Water en Midden-Deilfand).	Intensivering van ecologische inrichting- en beheersmaatregelen.
STAD/GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Onregelmatig aanbod AWZI, zowel kwantiteit als kwaliteit	Temperatuurstijging, toename van de winterneerslag, toename intensiteit extreme zomerbuien	+	Risico op afname zuiveringsrendement AWZIs, drinkwatervoorziening van het gebied komt in gevaar.	effect hogere temperaturen op waterkwaliteit; variatie kwaliteit rioolwater en relatie kwantiteit-kwaliteit rioolwater	Hele gebied, drinkwater	
GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Piekbelasting leidt tot uitspoelen nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.	Toename intensiteit zomerbuien	-	Kan leiden tot productieverlies.		In het glastuinbouwgebied (bv. proeftuinen Waaiblok, Oranjepolder en Poelolder). In het veenweidegebied (bv. proeftuin Midden-Deilfand).	
STAD/GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Stijging frequentie riooloverstort en toename volume riooloverstort leiden tot hogere belasting van het oppervlaktewater met zuurstofconsumerende stoffen en andere verontreinigingen.	Toename van de winterneerslag, toename intensiteit extreme zomerbuien, temperatuurstijging	+	Vissterfte, stankoverlast, ophoping zware metalen en microverontreinigingen in waterbodems	effect hogere temperaturen op waterkwaliteit; variatie kwaliteit rioolwater en relatie kwantiteit-kwaliteit rioolwater	Hele gebied, watergangen	Bijstellen maatregelen basisinspanning en waterkwaliteitsspoor voor riooloverstorten

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waarom problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GLAS/GRAS	waterkwaliteit	Versnelde ophoping van slib en organisch materiaal in watergangen, onder andere afkomstig van gebiedsvreemd water en meer aangroei organisch materiaal. Hierbij speelt ook hogere frequentie rioolverstoringen een rol.	Temperatuurstijging, toename verdamping zomer, toename winterneerslag, afname zomerneerslag, toename neerslagintensiteit zomer	+	Sterkere vervuiling waterbodems (oa. organisch materiaal en zware metalen) is gevaarlijk voor de volgsgezondheid en vermindert de kwaliteit van natuur en mogelijkheden voor recreatie. Afname afvoercapaciteit watergangen, waardoor kans op wateroverlast toeneemt. Ruimte moet worden gecreëerd voor vergroting depotcapaciteit, dit kan conflicteren met andere ruimtegebruikplannen.	Tot nu toe nauwelijks onderzoek naar dit onderwerp.	In en vlak langs watergangen in het hele gebied. Meer ruimte voor baggerdepots.	Verhoging frequentie baggeronderhoud en vergroting depotcapaciteit.
STAD/GLAS	watervoorziening	Afname lozingscapaciteit (stoffen, koelwater) in oppervlaktewater als gevolg van hogere watertemperaturen en droogte.	Temperatuurstijging, toename verdamping in zomer, toename zomerneerslag, afname extreme zomerbuien	-	Vissterfte, stankoverlast, lozingsrestricties in droge zomerperioden kunnen leiden tot lagere productiviteit industrie.		In en rond industrieregions, bijv DSM in Delft	
GLAS/GRAS	watervoorziening	De combinatie van deze klimaatfactoren zorgt voor vermindering van kwaliteit (zuurstoftekort, algenbloei, kroos, botulisme, bruintrot) van oppervlaktewater in landbouwgebied.	Temperatuurstijging, toename verdamping in de zomer, afname zomerneerslag, zeespiegelstijging.	+	Watervoorziening van het gebied komt in gevaar. Verzilt en kwaliteitverlechtering zorgen voor sterke opbrengstschade in de landbouw. Ook veedrenking en waterrecreatie worden bemoeilijkt.		Glastuinbouwgebied (bv. proeftuinen Vlaablok, Oranjepolder en Poelpolder). Veenweidegebied (bv. proeftuin Midden Delfland). Natuur- en recreatiegebieden (bv. proeftuin Noordpoelpolder, Het Nieuwe Water en Middendelfland)	
GLAS/GRAS	watervoorziening	De combinatie van deze klimaatfactoren zorgt voor verzilt van oppervlaktewater in landbouwgebied. Afname beschikbaarheid gietwater	Temperatuurstijging, toename verdamping in de zomer, afname zomerneerslag, zeespiegelstijging.	+	Watervoorziening van het gebied komt in gevaar. Verzilt veroorzaakt sterke opbrengstschade in de glastuinbouw, en in mindere mate het veenweidegebied.		In het glastuinbouwgebied: bijv. Vlaablok, Oranjepolder en Poelpolder. In het veenweidegebied (bv. Midden-Delfland).	Lokale zoetwaterberging gedurende natte perioden. Overstappen op andere, minder zoutgevoelige gewassen.

Compartment	Thema	Effect (beschrijving)	Oorzaak (klimaatfactor)	schatting urgentie (+ of -)	Waaronr problematisch?	Kennishiaten	Waar?	Optionele maatregelen
STAD/GRAS/GLAS	watervoorziening	De kans op bos- en branden neemt toe.	Temperatuurstijging zomer	-	Achteruitgang flora en fauna, gevaar voor aangrenzende bewoonde gebieden; verminderde luchtkwaliteit; verkeersoverlast. Ook oet meer water gereserveerd wordne voor bluswater, wat weer ten kosten gaat van watervoorraden in industrie en landbouw.		In duingebieden bestaat bij stijgende temperatuur kans op brand in de relatief droge vegetatie. Brandbranden kunnen ontstaan in zeer droge perioden.	
STAD/GRAS/GLAS	watervoorziening	Het inlaatwater zal vaker en sterker verzilt zijn.	Zeespiegelstijging, afname neerslag, toename verdamping	+	Watervoorziening van het gebied komt in gevaar. Doospoelen met brak water kan nadelig zijn voor de landbouw, met name de glastuinbouw; drinkwater met voldoende laag chloride-gehalte kan tijdens zomerperioden schaars worden.		Hele gebied mit drinkwater. Glastuinbouwgebied (bv. proeftuinen Waalblok, Poelpolder en Oranjepolder)	Lokale waterberging gedurende natte perioden. Uitbreiding aanvoer Brielse Meer?
STAD/GLAS/GRAS	watervoorziening	Stijging stofconcentraties door indamping, verhoogde afbraak organisch materiaal, minder uit- of afspoeling	Temperatuurstijging	-	Inlaten gebiedsveemd water met onvoldende kwaliteit kan schadelijk zijn voor de aquatische ecologie. Beperkende factor in bereiken lange termijn KRW doelen.	Grote onzekerheid mit precieze klimaatverandering effecten en termijn waarop deze gaan optreden.	Ondiepe meren en watergangen in het hele gebied, vooral problematisch in natuurgebieden (bv. proeftuinen Noordpoelolder en Midden-Deilfand).	Intensivering van ecologische inrichting- en beheersmaatregelen.
STAD/GRAS	watervoorziening	Toename zoetwaterbehoefte oppervlaktewater om waterkwaliteit op peil te houden.	Temperatuurstijging, toename verdamping in de zomer, afname neerslag in de zomer	+	Watervoorziening van het gebied komt in gevaar. Verslechtering oppervlaktewaterkwaliteit tgv verzilting door ingelaten water en in sloten opkwellend grondwater, versterkte afbraak organisch materiaal en algengroei.	Onzekerheid over toekomstige zoekwaterbehoefte landbouw, toekomstige voorraad Brielse meer en aanbod vanuit Rijnland	Natuur- en recreatiegebied (bv. proeftuinen Noordpoelolder, Het Nieuwe Water en Midden-Deilfand)	meer water vasthouden tijdens natte perioden
STAD/GLAS/GRAS	watervoorziening	Verdere verlaging zuurstofgehalte tgv veel regenwater, versterkte in- en uitspoeling van stoffen en verhoogde mobiliteit van toestaat door, overstromen sloten, opkomst exoten en pleegsoorten.	Temperatuurstijging en toename verdamping van winterneerslag	-	vaker optreden van botulisme en blauwalg zorgt voor verslechtering waterkwaliteit en verminderde mogelijkheden voor recreatief gebruik. Exoten kunnen hinderlijk zijn voor het waterbeheer. Beperkende factor in bereiken lange termijn KRW doelen.	Grote onzekerheid mit precieze klimaatverandering effecten en termijn waarop deze gaan optreden.	Ondiepe meren en watergangen in het hele gebied, vooral problematisch in natuur- en recreatiegebieden (bv. proeftuinen Noordpoelolder, Het Nieuwe Water en Midden-Deilfand).	Intensivering van ecologische inrichting- en beheersmaatregelen.
GLAS/GRAS	watervoorziening	Waterkorten oppervlaktewater en verzilting ingelaten water, zorgen voor droogte en verminderde waterkwaliteit.	Temperatuurstijging, toename verdamping in de zomer, afname zomerneerslag.	+	Watervoorziening van het gebied komt in gevaar. Ten gevolge van toenemende droogte, zal er minder water beschikbaar zijn om de waterkorten in de landbouw aan te vullen. Door het waterkort en verzilting kan gewasschade optreden.	onzekerheid over toekomstige zoekwaterbehoefte landbouw, toekomstige voorraad Brielse meer en aanbod vanuit Rijnland	In het glastuinbouwgebied (bv. proeftuinen Waalblok, Oranjepolder en Poelpolder). In het veenweidegebied (bv. proeftuin Midden-Deilfand).	Lokale waterberging gedurende natte perioden.
GRAS	watervoorziening	Invoed van zout neemt toe onder invloed van klimaatverandering (via kwel en zoutdong)	Zeespiegelstijging, lage rivierafvoer in de zomer	+	Zoutschade bij gewassen, grotere doorspoelbehoefte.	Inzicht in transport van zout van oppervlaktewater naar de wortelzone, meer inzicht nodig in ranges zouttoleraties	Veenweidegebied (biv. proeftuin Midden-Deilfand) en droogmakerijen in kleigebied.	Loskoppelen glastuinbouw, water vasthouden in de winter

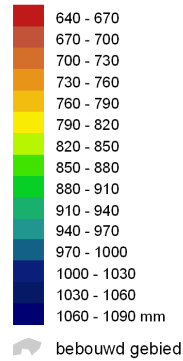
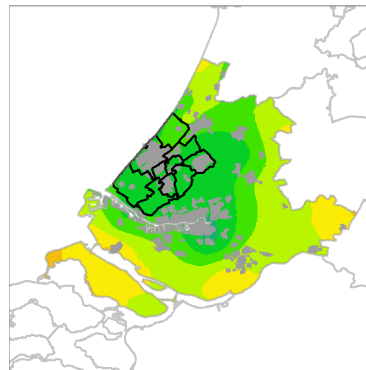
Bijlage B: Klimaatverandering in Zuid-Holland op de kaart

Bron: Geoportaal Klimateffecten (<http://klimateffectatlas.wur.nl>)

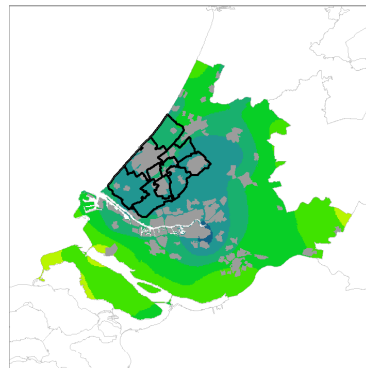
Gemiddelde Neerslag (jaar)

1976 - 2005

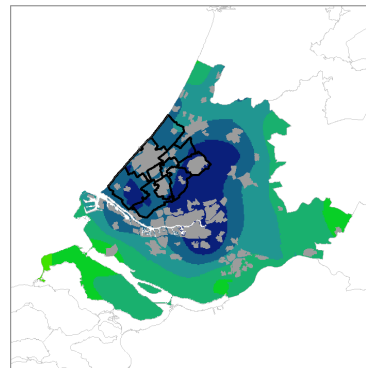
225



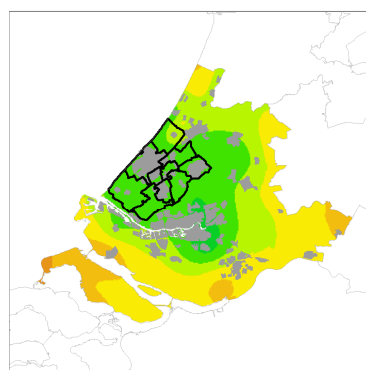
2050 W



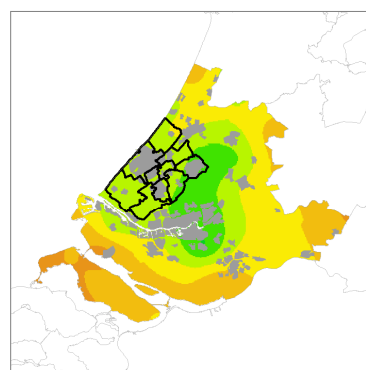
2100 W



2050 W+



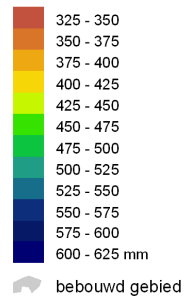
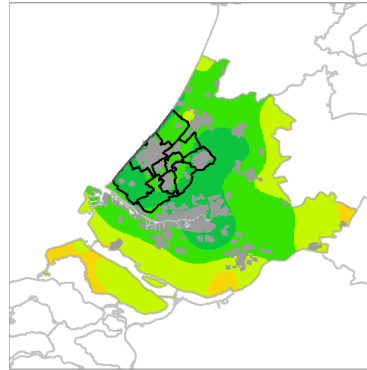
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

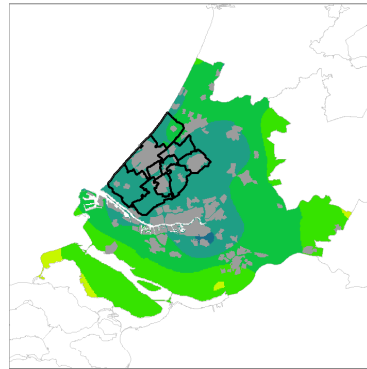
Gemiddelde Neerslag per winterhalfjaar

1976 - 2005

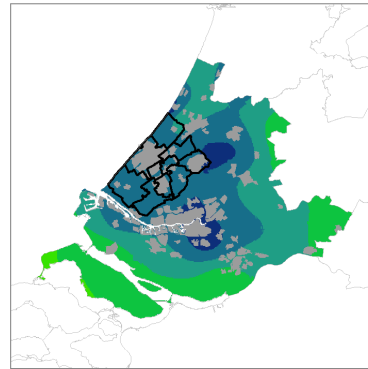


226

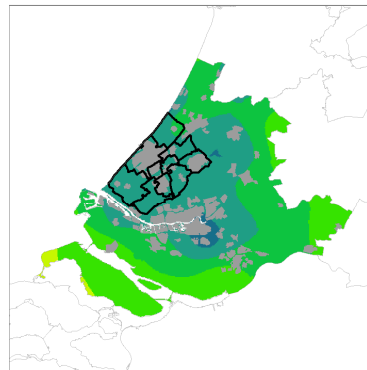
2050 W



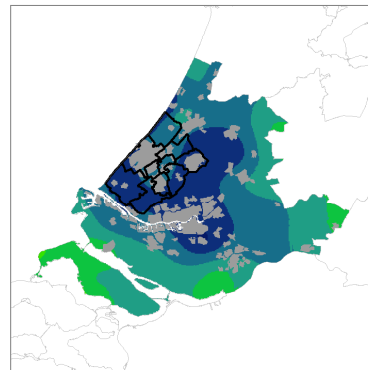
2100 W



2050 W+



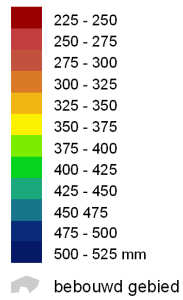
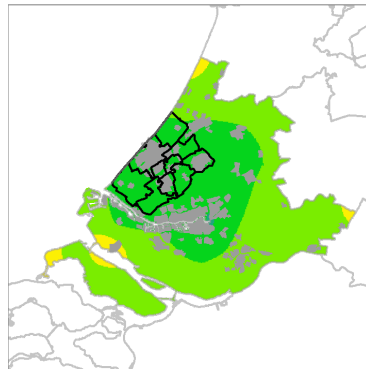
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

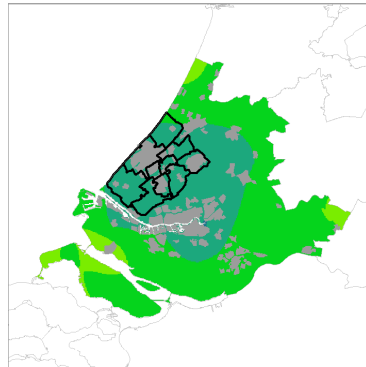
Gemiddelde Neerslag per zomerhalfjaar

1976 - 2005

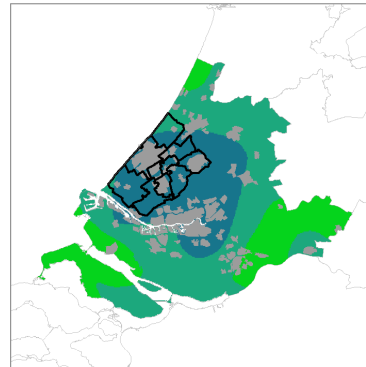


227

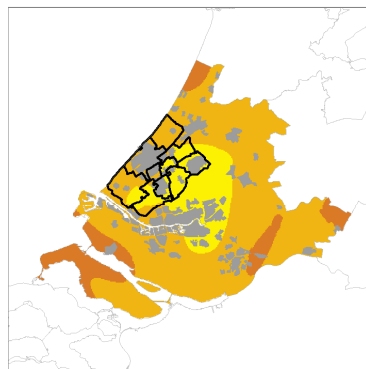
2050 W



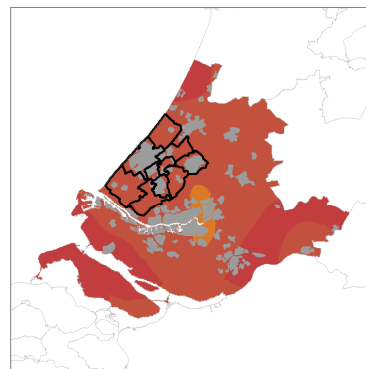
2100 W



2050 W+



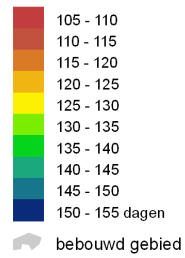
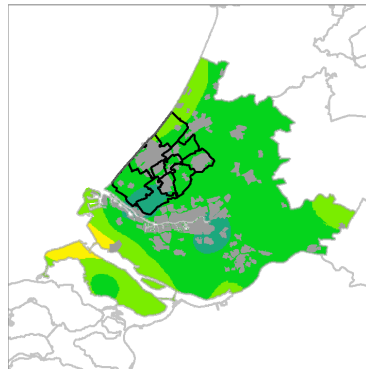
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

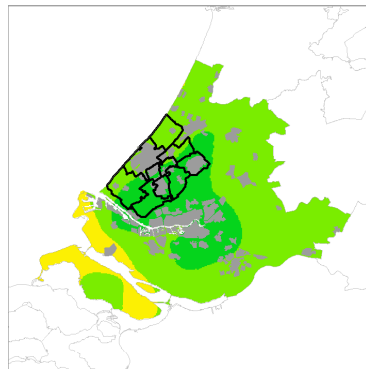
Aantal dagen met ≥ 1 mm neerslag (jaar)

1976 - 2005

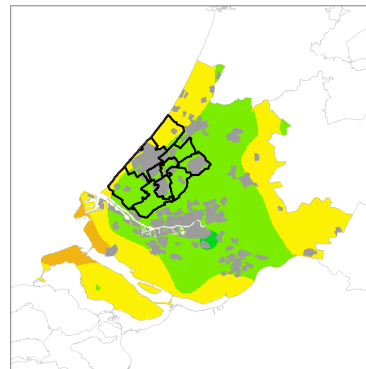


228

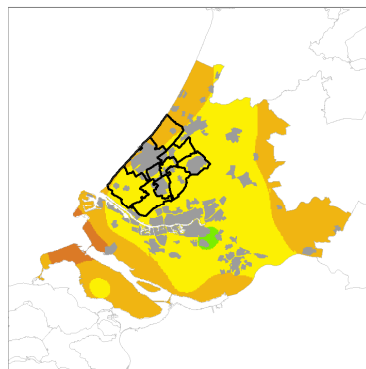
2050 W



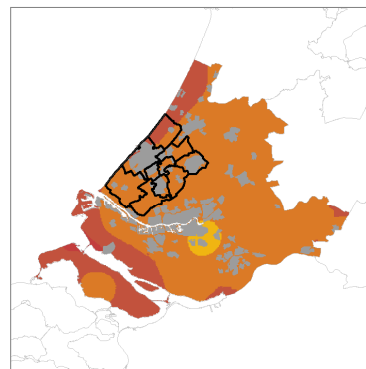
2100 W



2050 W+



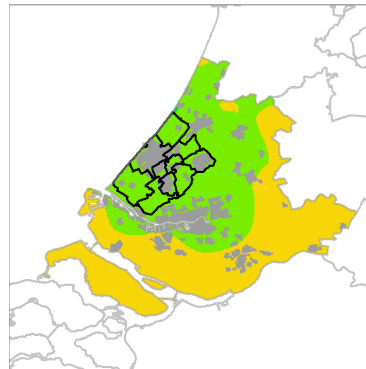
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

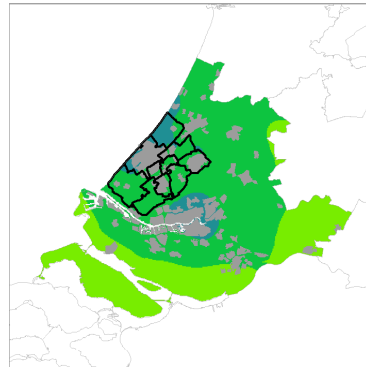
Aantal dagen met ≥ 15 mm neerslag (jaar)

1976 - 2005

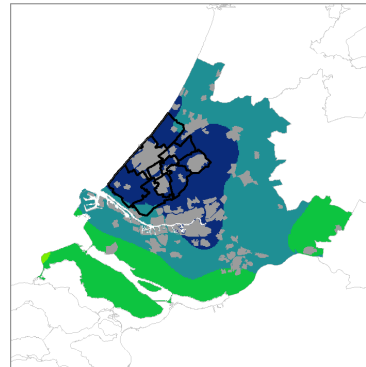


229

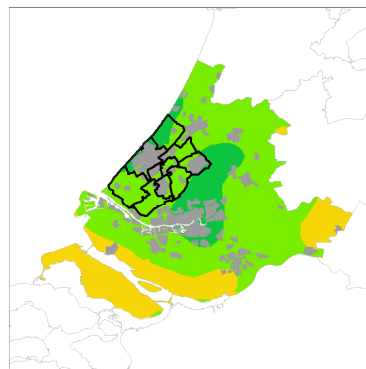
2050 W



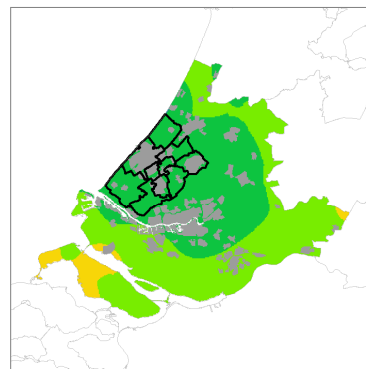
2100 W



2050 W+



2100 W+

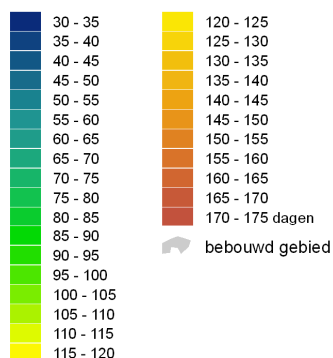
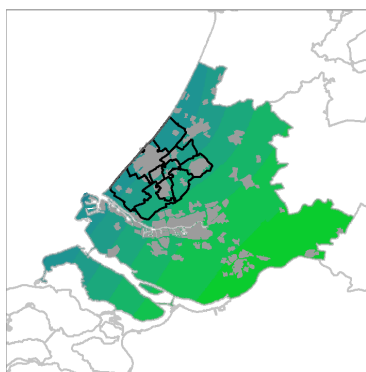


De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations



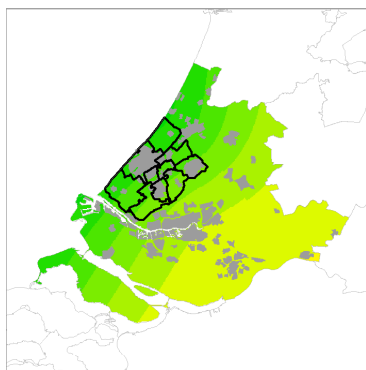
Aantal warme dagen per jaar (maximumtemperatuur $\geq 20^{\circ}\text{C}$)

1976 - 2005

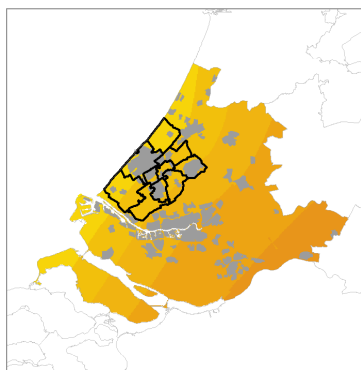


230

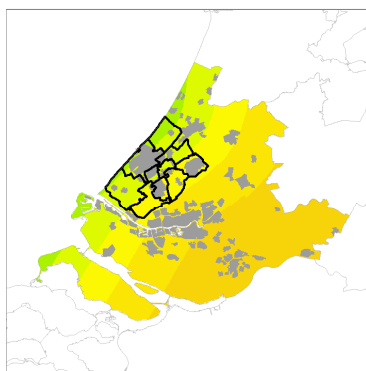
2050 W



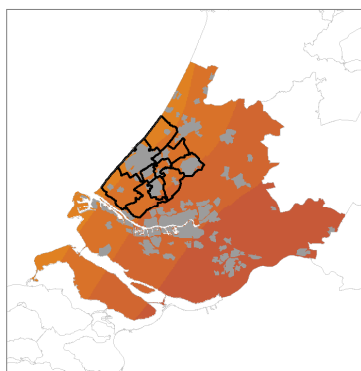
2100 W



2050 W+



2100 W+

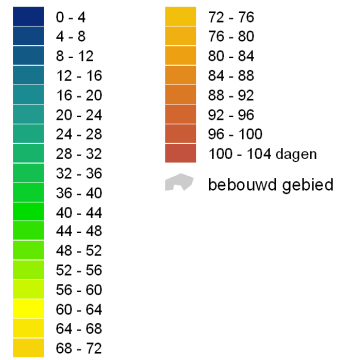
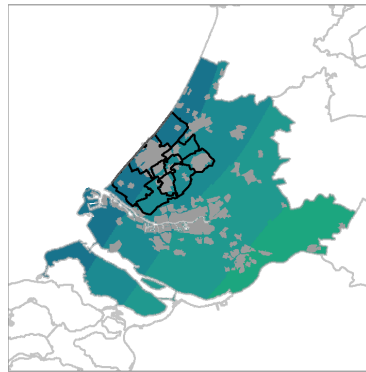


De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations



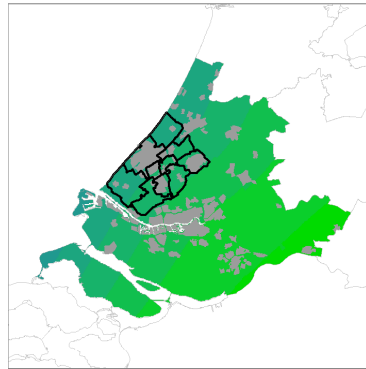
Aantal zomerse dagen per jaar (maximumtemperatuur $\geq 25^{\circ}\text{C}$)

1976 - 2005

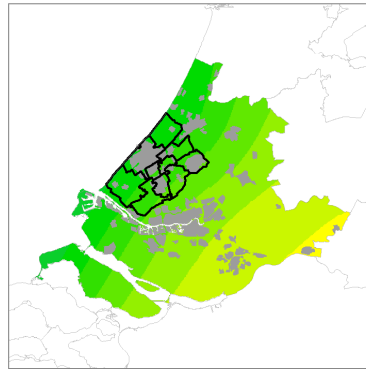


231

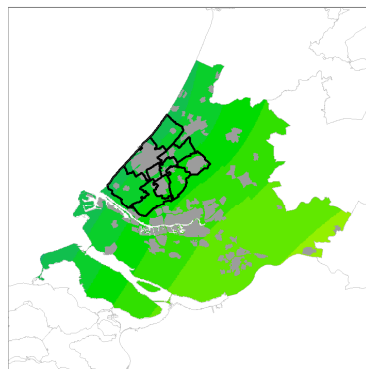
2050 W



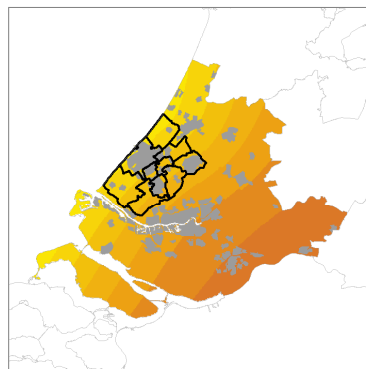
2100 W



2050 W+



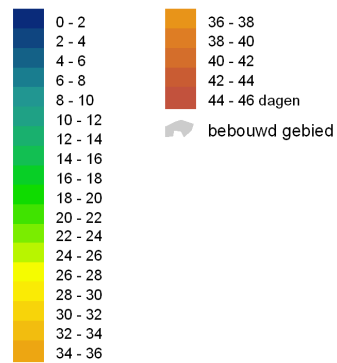
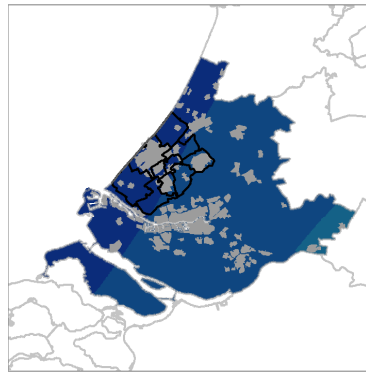
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

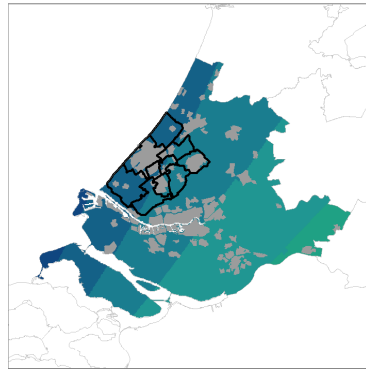
Aantal tropische dagen per jaar (maximumtemperatuur $\geq 30^\circ\text{C}$)

1976 - 2005

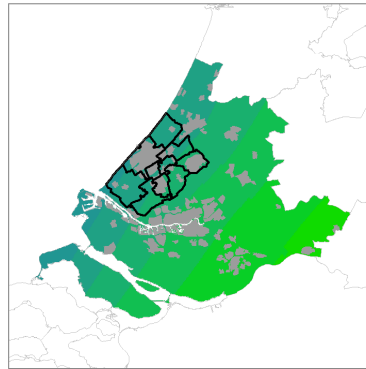


232

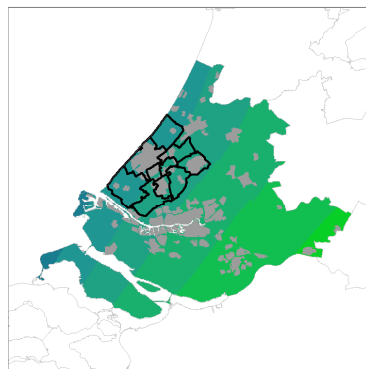
2050 W



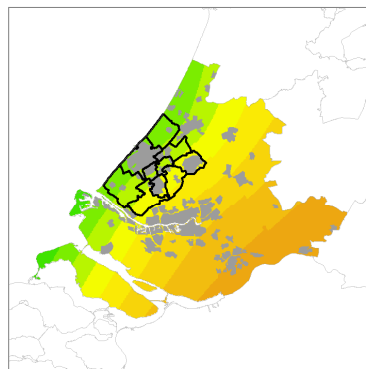
2100 W



2050 W+



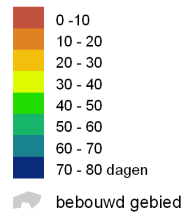
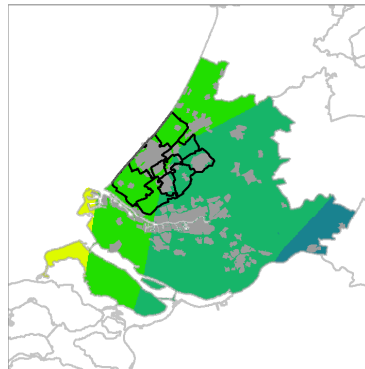
2100 W+



De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

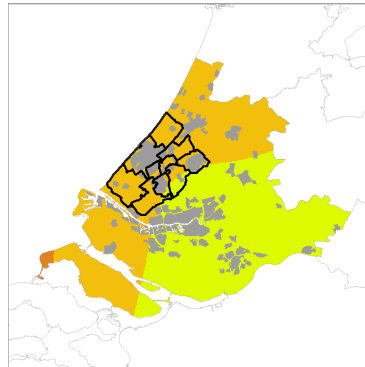
Aantal vorstdagen per jaar (minimumtemperatuur < 0°C)

1976 - 2005

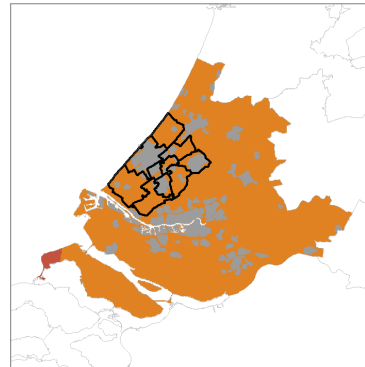


233

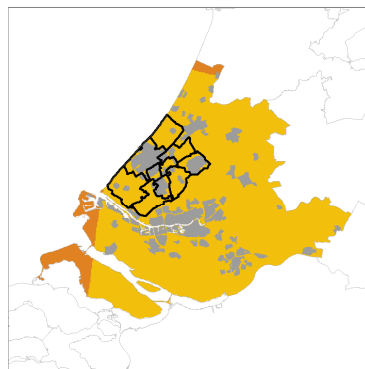
2050 W



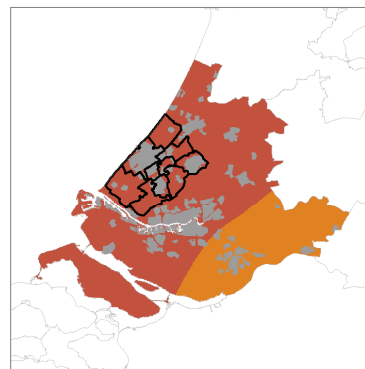
2100 W



2050 W+



2100 W+

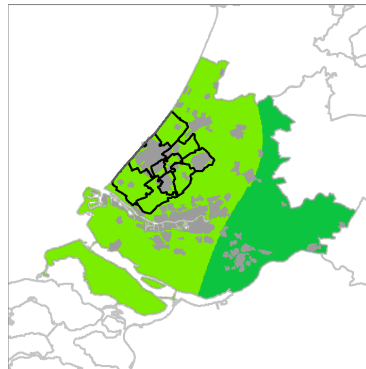


De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations



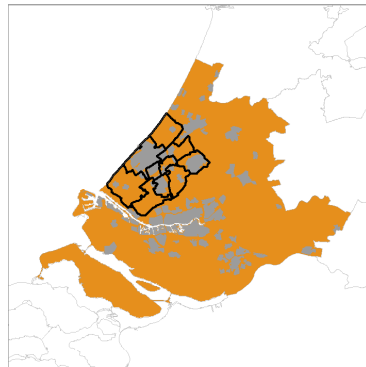
Aantal ijsdagen per jaar (maximumtemperatuur <math>< 0^{\circ}\text{C}</math>)

1976 - 2005

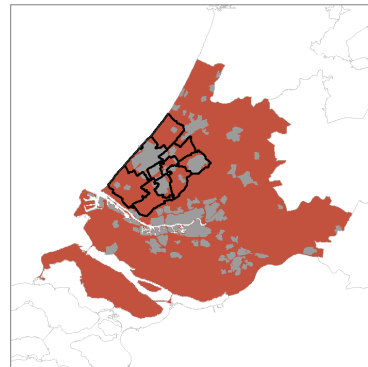


234

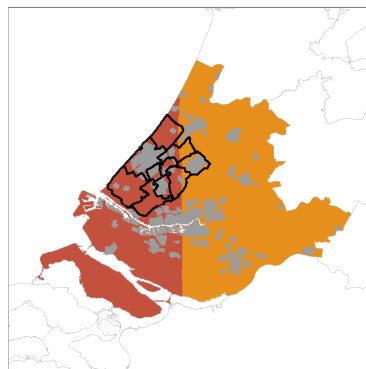
2050 W



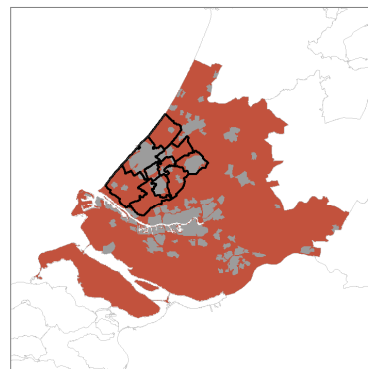
2100 W



2050 W+



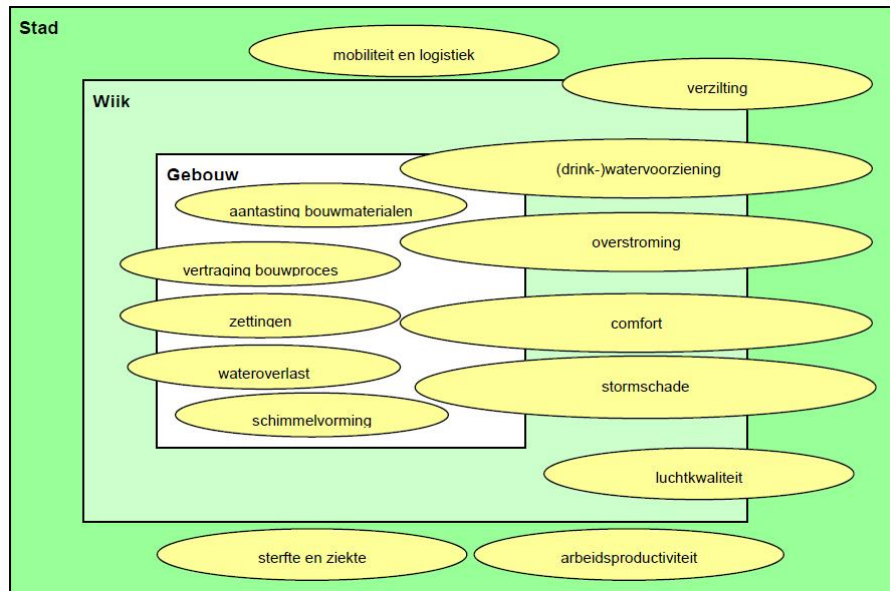
2100 W+



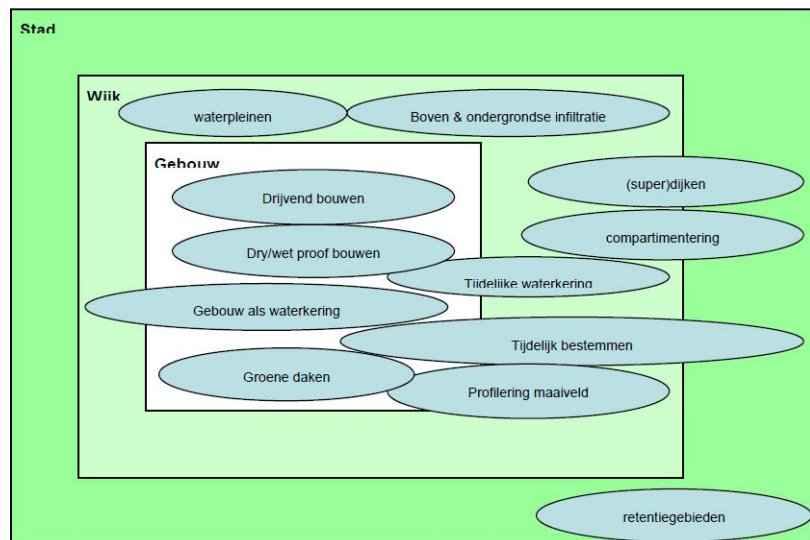
De kaarten zijn gebaseerd op een automatische interpolatie van klimaatgegevens van individuele meetstations zonder additionele klimatologische kennis. De getoonde lokale variaties kunnen mede bepaald zijn door de gehanteerde interpolatietechniek en de ligging van de meetstations

Bijlage C: klimaatverandering in verschillende schaalniveaus van de stad

235

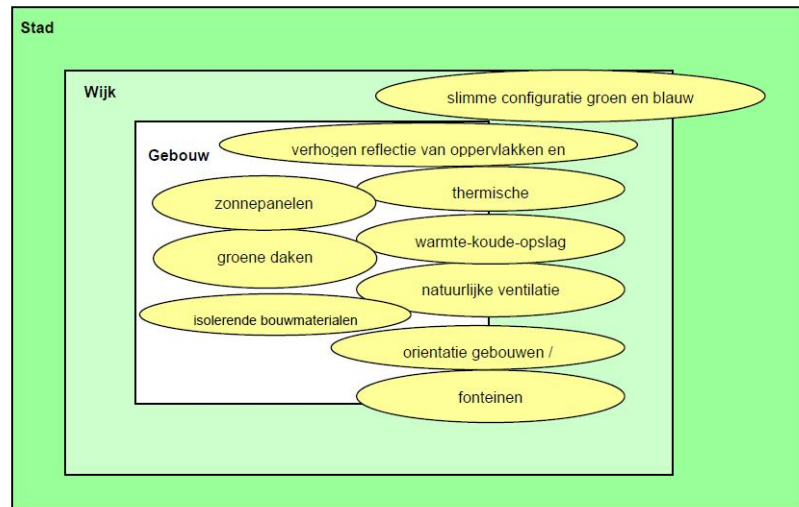


Gevolgen van klimaatsverandering in verschillende schaalniveaus van de stad (Uit: State of the art Klimaat in de Stad, Jeroen Rijke, Chris Zevenbergen en Willem Veerbeek, KvK rapportnummer KvK 007/09)



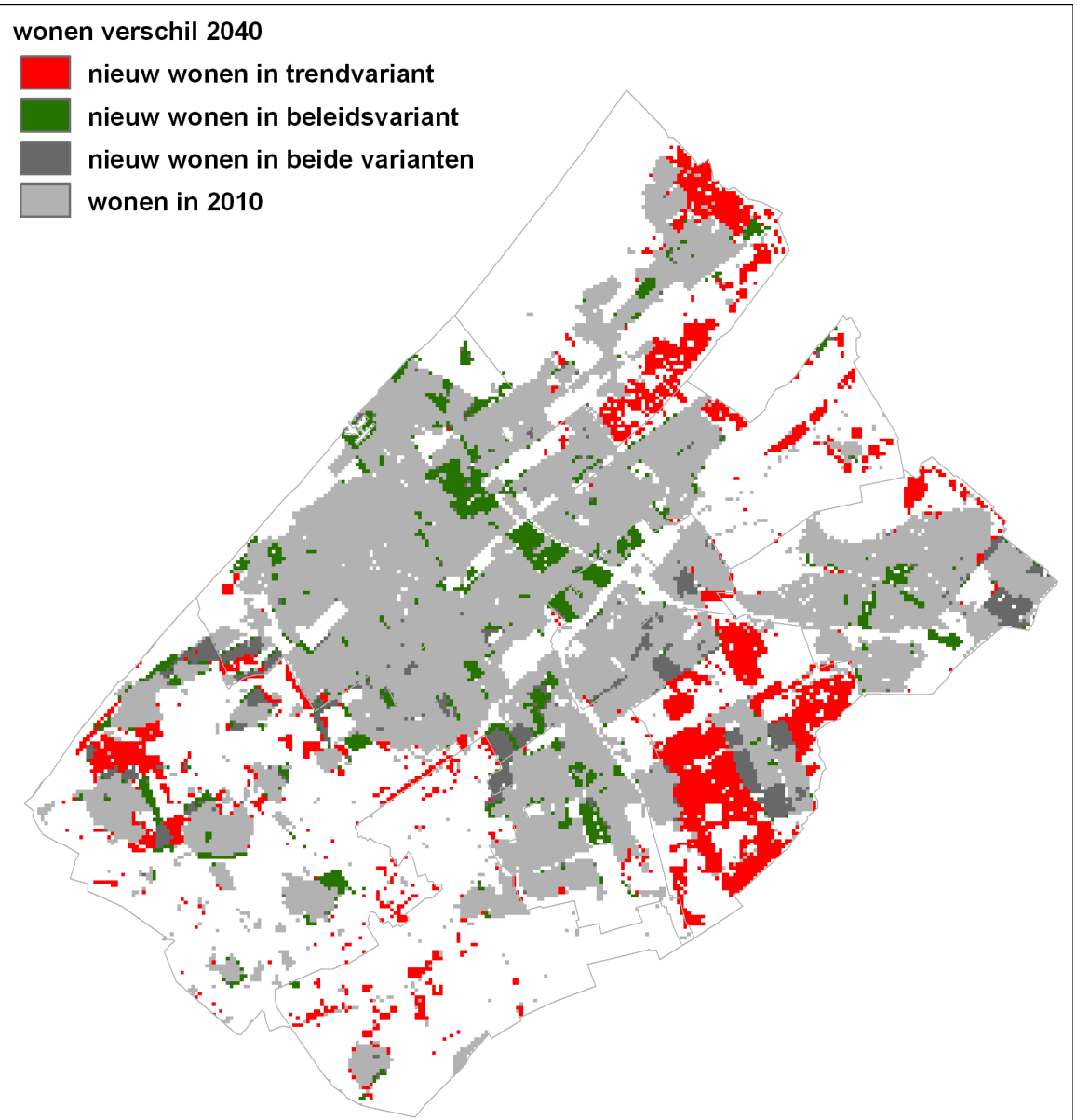
Figuur 3.1: Voorbeelden van technische adaptatiemaatregelen met betrekking tot de waterhuishouding en de waterveiligheid, gebaseerd op Van de Ven et al. (2008)

236







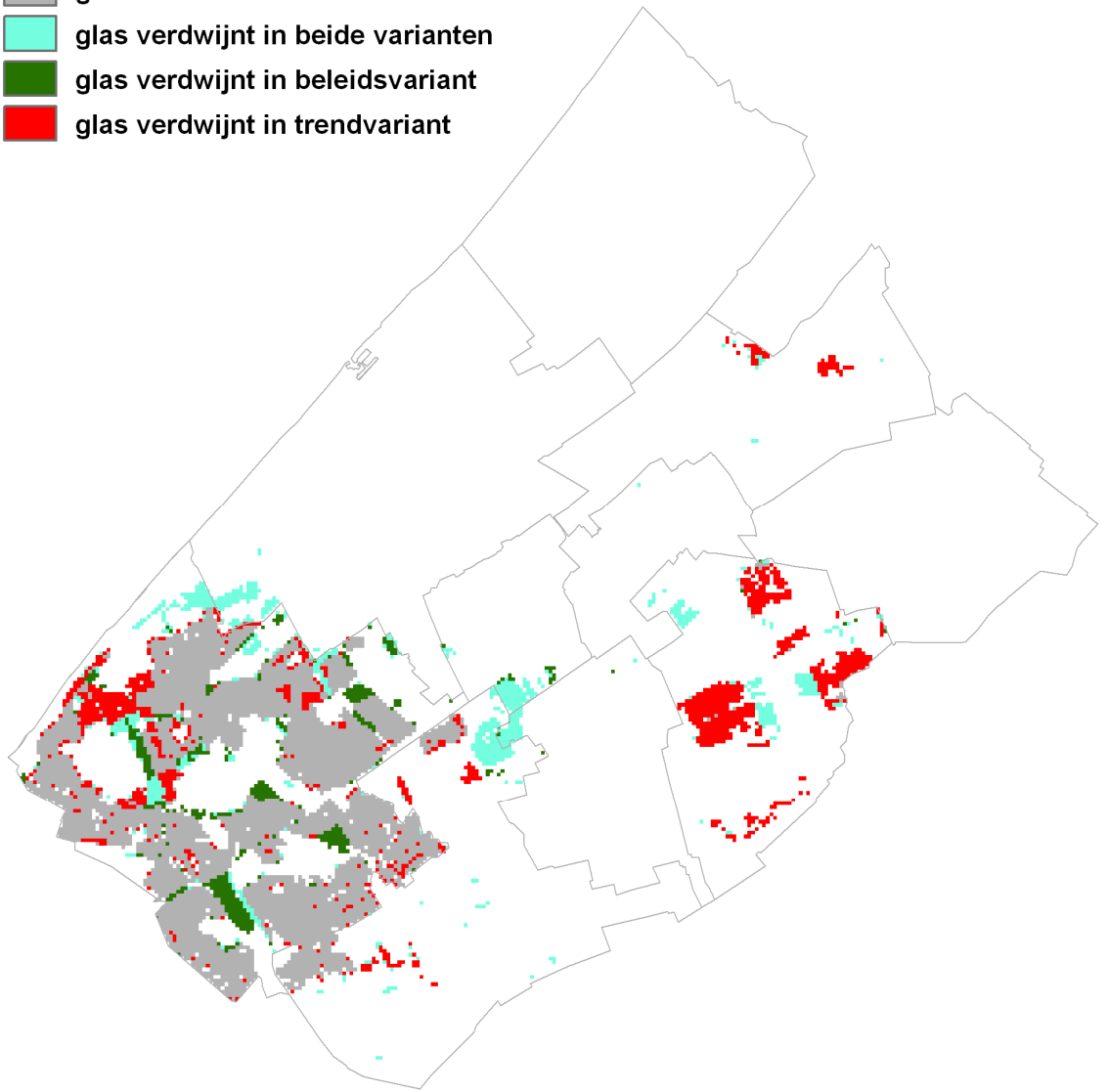
Figuur 3.2: Technische adaptatiemaatregelen ter beperking van hittestress, gebaseerd op Rahola et al. (2008), Gartland (2008) en Döpp en Albers (2008).

Bijlage D: Ruimtelijke ontwikkelingen in Wonen en Glas, 2040



glas verschil 2040

-  glas in beide varianten
-  glas verdwijnt in beide varianten
-  glas verdwijnt in beleidsvariant
-  glas verdwijnt in trendvariant



Bijlage E: Overzicht stad en klimaateffecten in Haaglanden

Sterktes en voordelen per schaalniveau	Kwetsbaarheden en inspanningen
Regio	
Economische pijlers (beleid, kennis en toerisme) van Haaglanden zijn relatief klimaatrobuust: de economische waarde van Haaglanden wordt namelijk vooral gevormd door kennis en know-how van mensen; deze is relatief onkwetsbaar voor overstroming en energie- en CO ₂ -extensief	
Het beleidsscenario voor de ruimtelijke ontwikkelingen lijkt het meest klimaatrobuust, waarbij er niet bijgebouwd wordt in laaggelegen gebieden tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland (en nu ook weinig infrastructuur is)	Het beleidsscenario voor de ruimtelijke ontwikkelingen verdicht het stedelijk gebied met als gevolg een mogelijk grotere wateropgave door toename van het verhard oppervlak; nader onderzoek is gewenst
	Verzakking van gebouwen en wegen als gevolg van bodemdaling door uitdroging kan optreden in het laaggelegen gebied tussen Zoetermeer en Leidschendam en delen van Midden-Delfland
Haaglanden heeft voor hittestress een gunstige ligging aan zee (qua klimaat en verkoelingsmogelijkheden)	Het beleidsscenario voor de ruimtelijke ontwikkelingen verdicht het stedelijk gebied met als gevolg risico's op het gebied van hittestress
Het toerisme in Haaglanden zal kunnen profiteren van klimaatverandering	De zwemwaterkwaliteit van plassen niet kan worden gegarandeerd
	De druk op de kust op zomerdagen zal toenemen
	Bereikbaarheid op zomerdagen wordt nog meer dan nu het geval is een aandachtspunt
Mobiliteit lijdt niet onder de klimaatproblematiek	Als gevolg van onderlopende weggedelen kan mobiliteit verstoord raken in de laaggelegen gebieden aan de zuid-oost kant (Delft, Pijnacker, Zoetermeer en ook Leidschendam, o.a. op de auto (A12, A13) en spoorwegen (Gouda – Den Haag, Randstadrail)
Er is een dijkveiligheidsbeleid	Klimaatverandering lijkt de inspanningen te verdubbelen om aan de wettelijke dijkveiligheidsnorm te kunnen voldoen. Nader onderzoek over de door klimaatverandering noodzakelijke aanpassing van dijken in Haaglanden wordt aanbevolen
	De vastgoedmarkt kan worden beïnvloed door (werkelijke of vermeende) klimaateffecten en overstromingsrisico's. Fysieke maatregelen (dijkversterkingen), communicatie met de burger of klimaatverzekeringen zouden deze effecten kunnen temperen
	De drinkwatervoorziening bij DZH kan door langdurige perioden van droogte in gevaar komen door verminderde verdunning van puntlozingen en meer kans op bloei van cyanobacteriën bij hoge watertemperaturen. Nader onderzoek over timing is aanbevolen.

Stad en wijk	
	In de oude binnenstad van met name Den Haag problemen met heipalen door verdroging; nader onderzoek is aanbevolen
	In de oude binnensteden treedt verwerking op van gebouwen als gevolg van hogere zoninstraling, zoutindringing en ontwikkeling van schadelijke organismen; nader onderzoek is aanbevolen
	Luchtkwaliteit verbeteren om kwetsbaarheid voor hittestress te verminderen
	Hittestress beperken met no-regret maatregelen zoals kleinschalig groen, blauwe daken en fonteinen
	Een grotere wateropgave treedt op door toename van het verhard oppervlak bij de plannen voor herinrichting van stedelijk gebied (bij uitbreiding maar ook bij verdichting). Hierbij dient rekening gehouden te worden met toename van de afvoer in combinatie met klimaatverandering om zo een robuust watersysteem te creëren.
	Als gevolg van onderlopende weggedelen kan mobiliteit verstoord raken in de laaggelegen gebieden aan de zuid-oost kant (Delft, Pijnacker, Zoetermeer en ook Leidschendam)
Gebouw	
	Teruglopende arbeidsproductiviteit en gezondheidsschade als gevolg van hittestress door verhoogde temperaturen terugdringen door binnenklimaatregeling en gedragsmaatregelen
	Negatieve effecten van extreme neerslag op de gebouwveiligheid van met name platte daken en bedrijfshallen, evenals tuinbouwkassen. Momenteel is de omvang van het risico in het algemeen en in Haaglanden in het bijzonder nog niet duidelijk en wordt nader onderzoek aanbevolen



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E office@kennisvoorklimaat.nl

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

