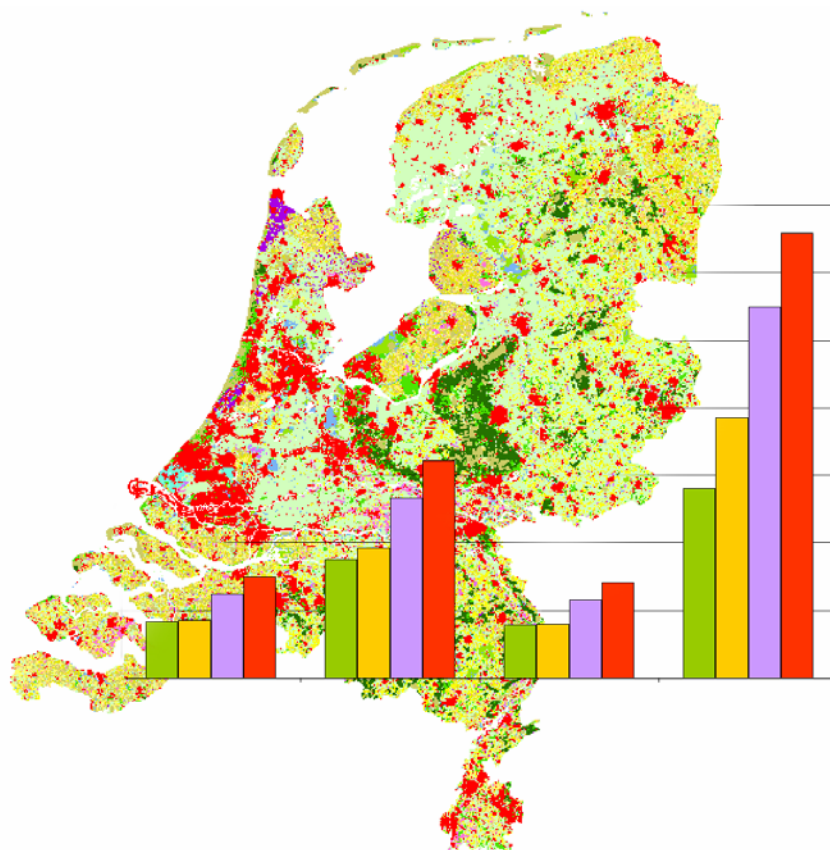




Investeringsruimte voor toekomstige droogte

Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI '06 klimaatscenario's

Rijkswaterstaat/RIZA

13 december 2007

Eindrapport

9T0593

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Entrada 301
Postbus 94241
1090 GE Amsterdam
+31 (0)20 569 77 00 Telefoon
+31 (0)20 569 77 66 Fax
info@amsterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Investeringsruimte voor toekomstige droogte
Verkenning van de hydrologische effecten en
economische schade in de KNMI '06
klimaatscenario's
Verkorte documenttitel Investeringsruimte droogte KNMI '06
Status Eindrapport
Datum 13 december 2007
Projectnaam Investeringsruimte KNMI '06
klimaatscenario's
Projectnummer 9T0593
Opdrachtgever Rijkswaterstaat/RIZA
Referentie 9T0593/R001/SDH/CM/Amst

Auteur(s) drs. ing. S.A. de Haas, ir. A.H. Niemeijer
Collegiale toets ir. M.J. Emke, ir. M.A.J. Swinkels
Datum/paraaf 13 december 2007
Vrijgegeven door drs. A. Vermeulen
Datum/paraaf 13 december 2007
SA BA

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Doelstelling en achtergrond	1
1.2 Klimaatscenario's	1
1.3 Leeswijzer	2
2 UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN	3
2.1 Modelinstrumentarium	3
2.2 Droogtejaren	3
2.3 Modelruns	3
2.4 Neerslag en verdamping	4
2.5 Zeespiegelstijging	4
2.6 Rivieraanvoeren	5
2.7 Landgebruik	6
2.8 Bodemdaling	6
2.9 Zoutconcentratie	7
3 HYDROLOGIE	9
3.1 Grondwaterstanden	9
3.2 Kwel	12
3.3 Bodemvochtttekorten	12
3.4 Zoutbelasting	14
3.5 Zoutconcentratie in het oppervlaktewater	15
3.6 Oppervlaktewatertekorten	16
4 LANDBOUW	18
4.1 Inleiding landbouwschade	18
4.2 Specifieke uitgangspunten voor de landbouwschade	18
4.3 Uitwerking landbouwschade	20
4.4 Conclusies landbouwschade	24
5 SCHEEPVAART	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Specifieke uitgangspunten voor de scheepvaartschade	25
5.3 Uitwerking scheepvaartschade	25
5.4 Conclusies scheepvaart	28
6 INVESTERINGSRUIMTE	30
6.1 Inleiding	30
6.2 Landbouw	31
6.3 Scheepvaart	32
6.4 Conclusies en aanbevelingen	33
7 REFERENTIES	34

BIJLAGEN

1. Uitgangspunten modelberekeningen
2. Verandering van neerslag en verdamping
3. Landgebruik
4. Grondwaterstanden
5. Kwel en wegzijging
6. Bodemvochtttekorten
7. Zoutconcentratie in het oppervlaktewater
8. Oppervlaktewatertekorten
9. Herhalingstijden neerslagtekort
10. Berekening jaarlijkse verwachtingswaarde
11. Fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte
12. Financiële opbrengstderving als gevolg van droogte
13. Financiële opbrengstderving als gevolg van zout
14. Schematisatie scheepvaartmodel
15. Berekeningsmethodiek scheepvaartschades
16. Scheepvaartkosten per klimaatscenario
17. Scheepvaartkosten en economische ontwikkelingen
18. Berekening netto contante waarde
19. Landbouwschade huidige situatie

SAMENVATTING

In de Droogtestudie Nederland (RWS-RIZA, 2005) is geconcludeerd dat grootschalige maatregelen als gevolg van toekomstige droogte volgens de WB21 scenario's waarschijnlijk niet nodig zijn. In 2006 zijn door het KNMI nieuwe klimaatscenario's voor Nederland gepubliceerd.

Rijkswaterstaat-RIZA heeft Royal Haskoning gevraagd de toekomstige economische schade als gevolg van de nieuwe KNMI '06 klimaatscenario's te verkennen en vervolgens de investeringsruimte voor droogtemaatregelen te bepalen.

De klimaatgegevens van de vier nieuwe klimaatscenario's (G, G+, W en W+) voor het jaar 2050 zijn samen met verwachtingen voor landgebruik, zeespiegelstijging, rivieraanvoer en bodemdaling gebruikt als modelinvoer voor het modelinstrumentarium van RWS-RIZA. Dit modelinstrumentarium bestaat uit NAGROM (diep grondwater), MOZART (onverzadigde zone) en het Distributie Model (verdeling oppervlaktewater). Met het modelinstrumentarium zijn 20 modelruns uitgevoerd: voor ieder klimaatscenario zijn 5 karakteristieke droogtejaren doorgerekend.

Op basis van de modelresultaten is gekeken naar het effect van de klimaatscenario's op de hydrologie (GxG, kwel, bodemvochttekorten, zout en oppervlaktewatertekorten). Uit deze berekeningen blijkt dat het G+ en het W+ scenario een lagere GVG en aanzienlijk grotere bodemvocht- en oppervlaktewatertekorten geven dan het G en W scenario.

Met behulp van het rekenmodel Agricom (RWS-RIZA, 1994b) is voor alle klimaatscenario's de fysieke opbrengstderving (kg) en de financiële opbrengstderving (€) bepaald. Uit deze berekeningen blijkt dat de landelijk gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) voor de fysieke opbrengstderving varieert van 10% (scenario G) tot 17% (scenario W+). De JVW van de financiële opbrengstderving varieert van 435 miljoen euro (scenario G) tot 762 miljoen euro (scenario W+). Dit is de totale schade die jaarlijks optreedt als gevolg van droogte. Een deel hiervan is algemeen geaccepteerd omdat ook in een gemiddeld jaar in de huidige situatie droogteschade optreedt.

De effecten voor de scheepvaartsector zijn berekend met behulp van het Scheepvaartmodel (RWS-RIZA, 2001). De JVW voor de scheepvaartschade in 2050 varieert tussen de 79 miljoen euro (scenario W) en de 280 miljoen euro (scenario W+). Opvallend is dat de verwachtingswaardes voor het G en het W scenario lager zijn dan voor de huidige situatie. De jaarlijkse verwachtingswaardes voor het G+ en het W+ scenario zijn echter een factor 2 tot 3 hoger dan de huidige situatie. Dit verschil wordt veroorzaakt door de verschillen in rivieraanvoer van de verschillende scenario's.

Voor zowel de scheepvaart als de landbouw kan de jaarlijkse schade als gevolg van klimaatverandering behoorlijk oplopen. Bij het scenario W+ gaat het zelfs om honderden miljoenen per jaar, ieder jaar weer. Het kan dan al snel interessant worden om maatregelen te nemen die deze schade kunnen voorkomen. Hiertoe is de Jaarlijkse verwachtingswaarde omgerekend naar een Contante waarde (CW). Dit is het bedrag dat maatregelen maximaal mogen kosten om de schade als gevolg van klimaatverandering te voorkomen. Hoe minder de maatregelen kosten, hoe hoger het rendement op de investeringen

Uit de analyse van de nieuwe KNMI'06-scenario's blijkt dat er een groot verschil is tussen enerzijds het G- en W-scenario, en anderzijds de plusscenario's. Voor G en W geldt dat de schade door klimaatverandering, en daarmee de investeringsruimte, zo klein is dat grootschalige infrastructurele maatregelen waarschijnlijk niet rendabel zijn. Hooguit zijn regionale optimalisaties mogelijk. Deze conclusie is vergelijkbaar met de conclusies uit de Droogtestudie Nederland.

Voor het G+ en W+ scenario is het echter een ander verhaal. Hier loopt de schade, en daarmee de potentiële investeringsruimte, in de vele miljarden euro's (4,2 – 9,7 miljard). Daarbij geldt de kanttekening dat uit dit bedrag niet alleen de aanleg van mogelijke nieuwe infrastructuur moet worden gefinancierd, maar ook kosten voor bijvoorbeeld beheer en onderhoud.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat de belangrijkste conclusies uit de Droogtestudie nog steeds geldig zijn. Op dit moment zijn er regelmatig watertekorten. Door klimaatverandering gaan die watertekorten de komende eeuw bovendien toenemen. Uit de analyse in dit rapport blijkt dat die toename in twee van de vier klimaatscenario's aanzienlijk forser uitvalt dan in de WB21-scenario's was aangenomen. De onzekerheid is nog te groot om nu al dure maatregelen te nemen om watertekorten tegen te gaan. Maar we moeten wel extra alert zijn. De watertekorten lopen in twee van de vier scenario's zodanig op, dat het verstandig is nu alvast te gaan verkennen welke maatregelen genomen kunnen worden als blijkt dat de drogere klimaatscenario's gaan doorzetten. Daarom wordt aanbevolen om in de volgende fase van de Droogtestudie nader onderzoek uit te voeren naar mogelijke maatregelen en kosten ter voorkoming van watertekorten in het G+ en W+ scenario.

1 INLEIDING

1.1 Doelstelling en achtergrond

RWS-RIZA heeft in de Droogtestudie Nederland (2005) geconcludeerd dat vóór 2015 grootschalige maatregelen ter voorkoming van droogteschade niet rendabel zijn. Voor de toekomstige situatie (2050) is voor de oude WB21-klimaatsscenario's geconcludeerd dat grootschalige maatregelen waarschijnlijk eveneens niet rendabel zullen zijn.

In 2006 zijn door het KNMI nieuwe klimaatsscenario's (KNMI '06 klimaatsscenario's) voor Nederland gepubliceerd. Royal Haskoning heeft in opdracht van RWS-RIZA in 2006 een quickscan uitgevoerd op de effecten van deze scenario's op het waterbeheer in Nederland. Geconcludeerd werd dat de conclusies van de Droogtestudie Nederland voor het zichtjaar 2050 (2005) niet stand hoeven te houden bij twee van de vier nieuwe klimaatsscenario's (G+ en W+). Aanbevolen werd de nieuwe klimaatsscenario's uitgebreider te onderzoeken.

In opdracht van DG Water onderzoekt RWS-RIZA of grootschalige maatregelen voor droogte volgens de nieuwe KNMI '06 klimaatsscenario's rendabel kunnen zijn. Hiervoor is Royal Haskoning gevraagd om de toekomstige economische schade te verkennen en vervolgens de investeringsruimte voor droogtemaatregelen te bepalen. Voorliggende rapportage is het resultaat van deze studie.

Als uit deze studie blijkt dat grootschalige maatregelen rendabel zijn, zullen de kosten en baten van maatregelen nader worden geanalyseerd in een vervolgstudie (2007).

1.2 Klimaatsscenario's

In 2006 zijn door het KNMI nieuwe klimaatsscenario's voor Nederland (G, G+, W en W+) opgesteld (KNMI, 2006) ter vervanging van de oude drie WB21-klimaatsscenario's (KNMI, 1999).

De nieuwe klimaatsscenario's zijn samengevat weergegeven in tabel 1. Als zichtjaar is het jaar 2050 gebruikt. Dat is ook het zichtjaar voor deze gehele studie.

Tabel 1 Een samenvatting van de KNMI '06 klimaatscenario's W, W+, G en G+ voor het zichtjaar 2050 (bron: KNMI, 2006)

Scenario	G	G+	W	W+
Omschrijving	gematigd	gematigd +	warm	warm +
<i>wereldwijd</i>				
Wereldwijde temperatuurstijging	+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C
Verandering in luchtstromingspatronen	nee	ja	nee	ja
<i>Zomer Nederland</i>				
gemiddelde temperatuur (°C)	+0.9	+1.4	+1.7	+2.8
gemiddelde neerslag (%)	+2.8	-9.5	+5.5	-19.0
frequentie natte dagen (%)	-1.6	-9.6	-3.3	-19.3
gemiddelde neerslag op natte dag (%)	+4.6	+0.1	+9.1	+0.3
neerslag op 1% natste dag (%)	+12.4	+6.2	+24.8	+12.3
potentiële evaporatie (%)	+3.4	+7.6	+6.8	+15.2
<i>Winter Nederland</i>				
gemiddelde temperatuur (°C)	+0.9	+1.1	+1.8	+2.3
gemiddelde neerslag (%)	+3.6	+7.0	+7.3	+14.2
frequentie natte dagen (%)	+0.1	+0.9	+0.2	+1.9
gemiddelde neerslag op natte dag (%)	+3.6	+6.0	+7.1	+12.1
neerslag op 1% natste dag (%)	+4.3	+5.6	+8.6	+11.2
<i>Seizoensonafhankelijk Nederland</i>				
zeespiegelstijging (cm)	15 - 25	15 - 25	20 - 35	20 - 35

De effecten van de nieuwe klimaatscenario's zijn sterk afhankelijk van de verandering in atmosferische circulatie. Bij de scenario's G en W wordt uitgegaan van een zwakke verandering in de atmosferische circulatie, bij de scenario's G+ en W+ van een sterke verandering.

De veranderingen in de gemiddelde hoeveelheid neerslag verschillen bij de G+ en W+ scenario's sterker dan bij de G en W scenario's.

De intensiteit van de zomerneerslag is bij de G en W scenario's echter weer groter dan bij de G+ en W+ scenario's.

1.3

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangspunten voor de modelberekeningen en de nabewerkingen. Hoofdstuk 3 beschrijft de hydrologische effecten van de KNMI '06 klimaatscenario's. Hoofdstuk 4 en 5 beschrijven respectievelijk de (financiële) effecten van de klimaatscenario's op de landbouw en de scheepvaart. In hoofdstuk 6 wordt de investeringsruimte van de KNMI '06 klimaatscenario's beschreven.

2 UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN

2.1 Modelinstrumentarium

Het modelinstrumentarium waarmee bij deze studie is gerekend bestaat uit drie modellen: NAGROM voor het diepe grondwater, MOZART voor het bovenste deel van de bodem (onverzadigde zone) en het Distributie Model voor de landelijke verdeling van het oppervlaktewater. Verder is gebruik gemaakt van het model AGRICOM om de landbouwschade ten gevolge van droogte te berekenen en van het Scheepvaartmodel voor de berekening van de scheepvaartschade ten gevolge van droogte.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor geheel Nederland met een ruimtelijke resolutie van 500 bij 500 m en rekentijdstappen van circa 10 dagen (decaden).

Voor meer informatie over de modellen wordt verwezen naar de landelijke droogtestudie (RWS-RIZA, 2005a) Voor de werking en de achtergronden van de modellen wordt verwezen naar de gebruikershandleiding MOZART (RWS-RIZA, 1994b), MONA: koppelingsconcept MOZART-NAGROM (RWS-RIZA, 2005), gebruikershandleiding Agricom (RWS-RIZA, 1994b) en Handleiding PAWN-Scheepvaartmodel, (RWS-RIZA, 2001).

2.2 Droogtejaren

De berekeningen met het modelinstrumentarium worden uitgevoerd voor karakteristieke droogtejaren. Deze droogtejaren zijn geselecteerd op basis van de gecombineerde kansverdeling van het voorkomen van een neerslagtekort en een (lage) rivieraanvoer (KNMI/RWS-RIZA, 2004). In deze studie is gebruik gemaakt van een aantal karakteristieke droogtejaren die ook zijn gebruikt in de Droogtestudie Nederland (tabel 2).

Tabel 2 Droogtejaren met herhalingsjijd voor neerslagtekort (bron: KNMI / RWS-RIZA, 2004))

Droogtejaar	Omschrijving	Neerslagtekort (mm)	Herhalingsjijd (jaren)
1967	Gemiddeld droog jaar	151	2.5
1996	Matig droog jaar	199	6.7
1959	Droog jaar	227	12
1949	Zeer droog jaar	352	71
1976	Extreem droog jaar	361	90

Het jaar 2003 waarin ook diverse problemen ontstonden ten gevolge van droogte behoort niet tot de standaard droogtejaren en is daarom niet doorgerekend. Dit jaar had een neerslagtekort van 217 mm en een herhalingsjijd van 10 jaar.

2.3 Modelruns

Voor het bepalen van de effecten van de nieuwe klimaatscenario's zijn 20 modelruns uitgevoerd, voor ieder droogtejaar zijn alle vier de klimaatscenario's doorgerekend.

Daarnaast is gebruik gemaakt van resultaten van eerder uitgevoerde modelruns van de huidige situatie om de verschillen tussen de huidige situatie en de klimaatscenario's te bepalen.

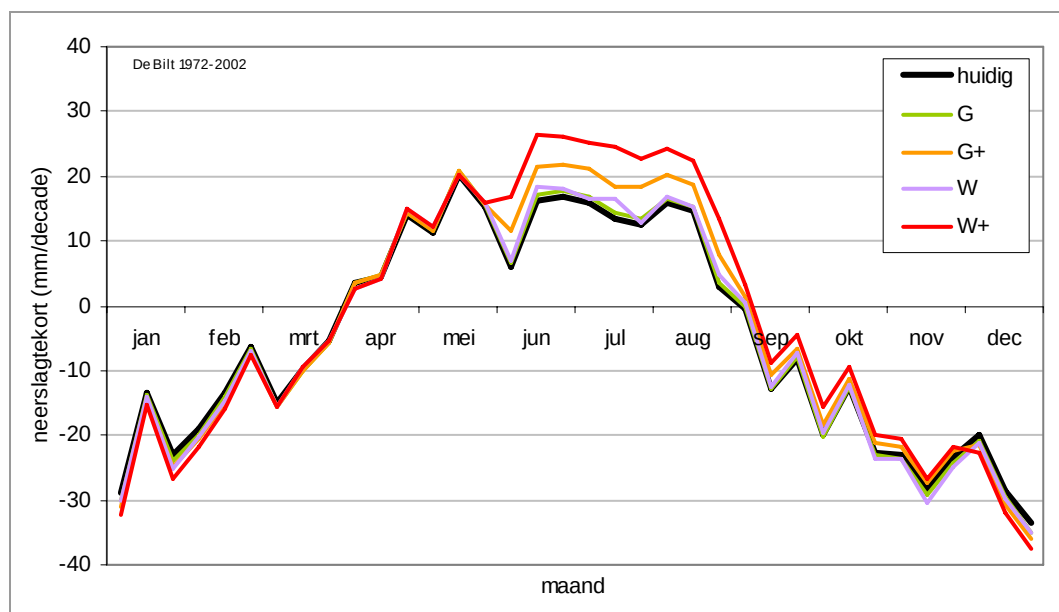
De uitgangspunten en randvoorwaarden waarmee is gerekend voor de nieuwe scenario's zijn vermeld in bijlage 1. Deze uitgangspunten worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.

Voor een uitgebreide vergelijking van de nieuwe KNMI '06 klimaatscenario's met de oude WB21 klimaatscenario's wordt verwezen naar de rapportage "Toekomstige droogte in Nederland" (Royal Haskoning/ RWS-RIZA, 2006). Delen uit deze rapportage worden in dit rapport herhaald.

2.4 Neerslag en verdamping

De zomer- en winterveranderingen van neerslag en verdamping voor de nieuwe klimaatscenario's (tabel 1) zijn door het KNMI/RWS-RIZA (2007) gespecificeerd per decade ten behoeve van de modelinvoer.

Het langjarig gemiddelde neerslagtekort voor de huidige situatie en de klimaatscenario's is weergegeven in figuur 1. In bijlage 2 zijn tevens grafieken opgenomen van de neerslag en verdamping voor de nieuwe klimaatscenario's.



Figuur 1 Langjarig gemiddelde neerslagtekort per decade voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (mm/decade)

2.5 Zeespiegelstijging

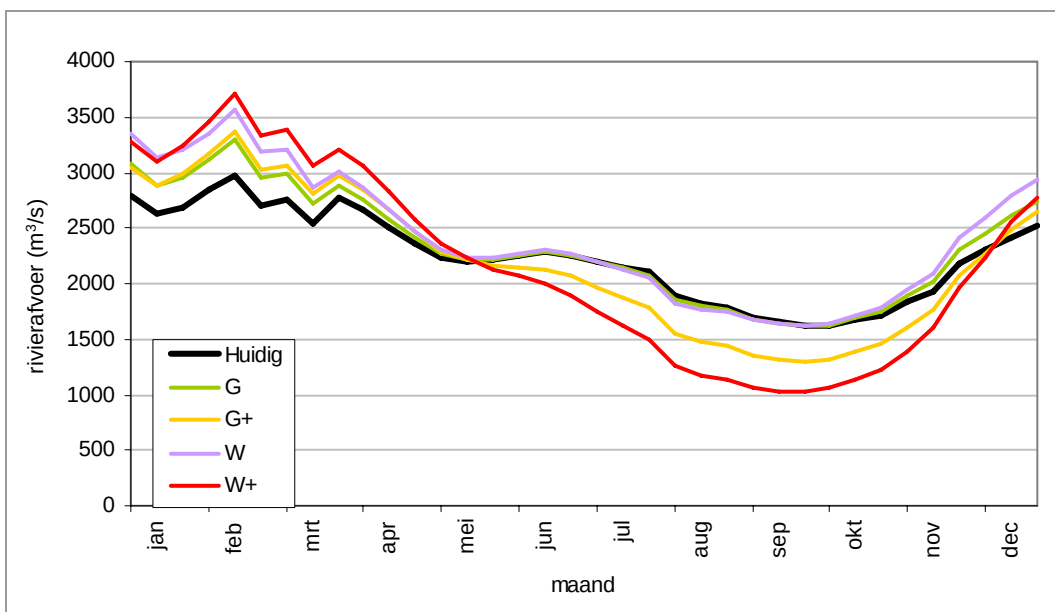
Het KNMI geeft voor de zeespiegelstijging in 2050 een bandbreedte van 15 tot 25 cm voor het G en G+ scenario en 20 tot 35 cm voor het W en W+ scenario.

Voor deze studie is uitgegaan van de hoogste waarden van deze bandbreedte, dus een zeespiegelstijging van 25 cm voor het G en G+ scenario en 35 cm voor het W en W+ scenario.

In NAGROM is de zeespiegelstijging opgelegd als randvoorwaarde door de stijghoogte in de Noordzee en onder meer het IJsselmeer te verhogen.

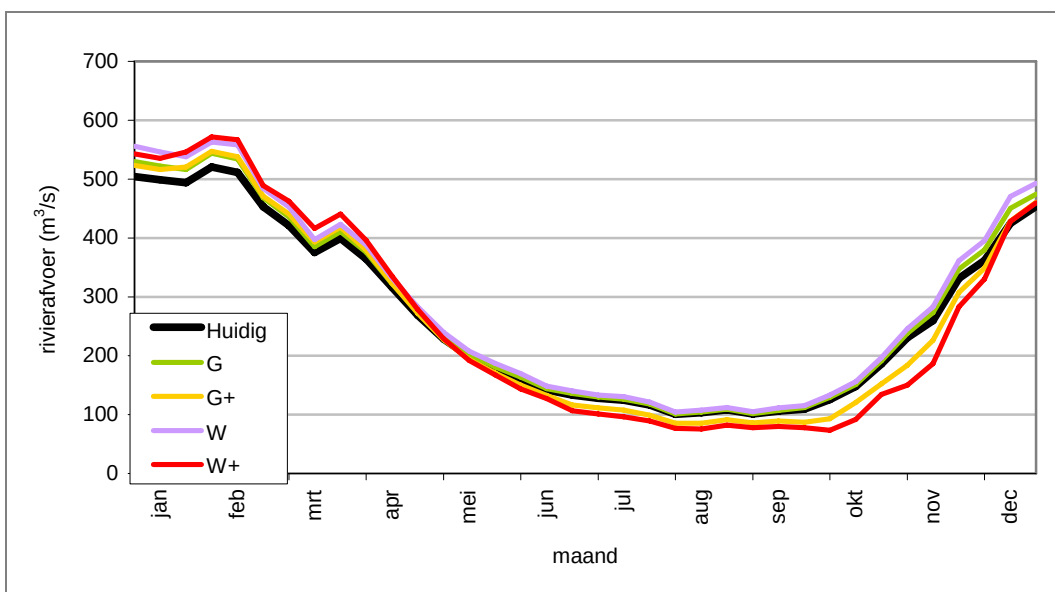
2.6 Rivieraanvoeren

De waterhoeveelheden die Nederland in 2050 binnenstromen via de Rijn en de Maas volgens de KNMI '06 klimaatscenario's zijn berekend met Rhineflow en Meuseflow (RIZA, 2007). Figuur 2 toont de rivieraanvoer van de Rijn in m³/s gedurende het jaar voor de verschillende scenario's.



Figuur 2 Rijnaanvoer bij de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (m³/s)

Figuur 3 toont de rivieraanvoer van de Maas in m³/s gedurende het jaar voor de verschillende scenario's.



Figuur 3 Maasaanvoer bij de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (m³/s)

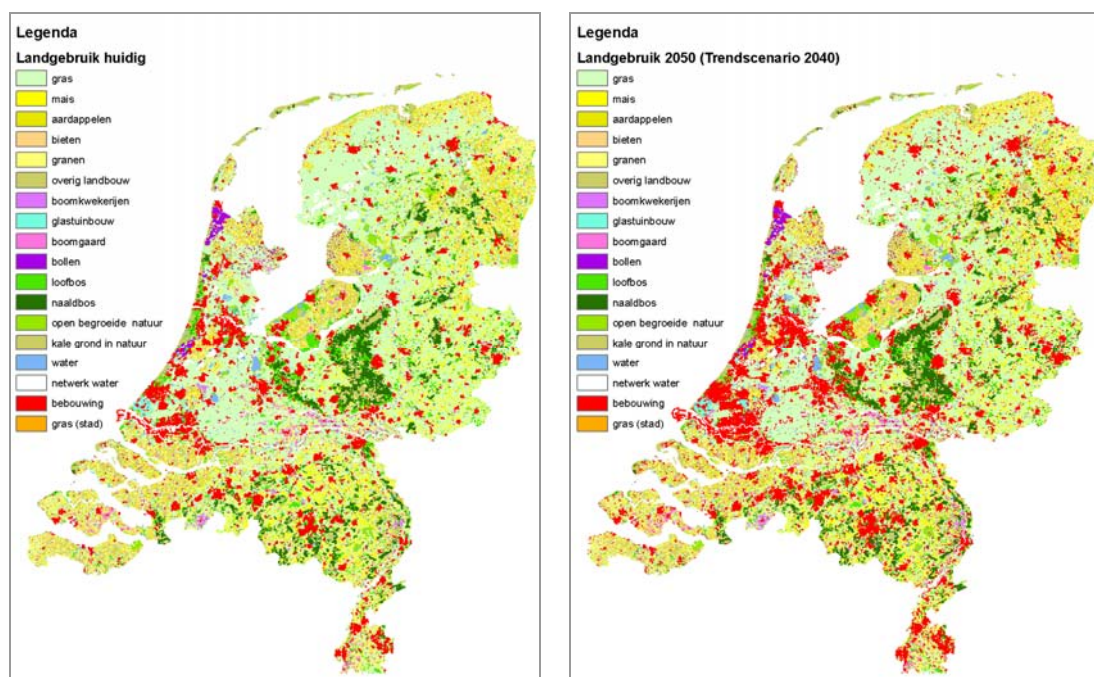
2.7 Landgebruik

In 2007 heeft het MNP nieuwe landgebruik scenario's gepresenteerd voor het jaar 2040 (MNP, 2007).

Bij de modelruns voor 2050 is gebruik gemaakt van een combinatie van het voorspelde landgebruik voor 2040 volgens de Trendvariant van het MNP (figuur 4) en het landgebruikscenario Controlist dat is gebruikt voor de Droogtestudie (2004).

Door het MNP is een andere indeling in landgebruik klassen gehanteerd dan dat nodig is voor de modelinvoer (bijvoorbeeld geen onderscheid naar typen akkerbouw). Daarom zijn voor de modelinvoer van het toekomstig landgebruik alleen de klassen bebouwing, glastuinbouw, boomgaarden en boomkwekerijen overgenomen uit de Trendvariant 2040 kaart. De overige landgebruik klassen zijn overgenomen uit het landgebruikscenario Controlist.

De belangrijkste verschillen tussen het toekomstige landgebruik en het huidige landgebruik zijn een toename van het areaal bebouwd gebied en glastuinbouw ten koste van het areaal akkerbouw en gras.



Figuur 4 Huidig landgebruik (links) en het landgebruik in 2050 (rechts)

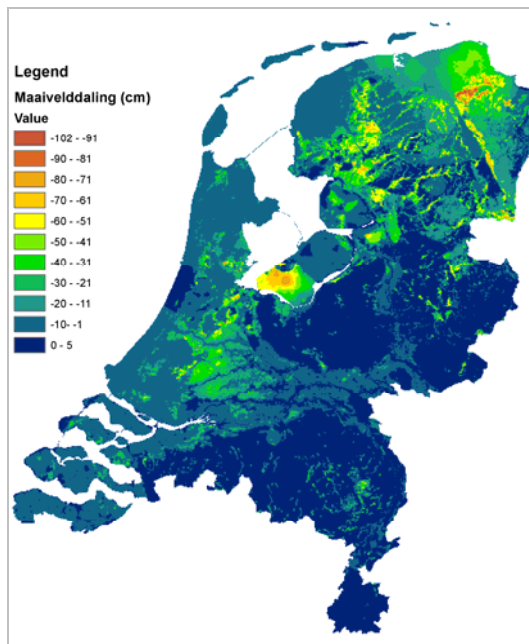
In bijlage 3 is een tabel opgenomen met de arealen van de verschillende landgebruiktypen voor de huidige situatie en het gehanteerde landgebruik voor 2050.

2.8 Bodemdaling

De verwachte bodemdaling voor het jaar 2050 is verwerkt in de berekeningen voor de toekomstige scenario's. Figuur 5 toont de ruimtelijke verspreiding van de maaiveldverandering in Nederland. In een groot deel van Holoceen Nederland worden bodemdalingen verwacht als gevolg van zetting en klink van de ondergrond.

De grootste dalingen worden verwacht in Groningen (ten gevolge van de aardgaswinningen) en in Flevoland (ten gevolge van klink in de relatief jonge polder). In het zuidoosten van Nederland wordt een geringe stijging van het maaiveld verwacht. Het bestand is eind jaren '90 gemaakt. Meest recente inzichten over daling bij bijvoorbeeld de gaswinning en zoutwinning zijn hier nog niet in verwerkt.

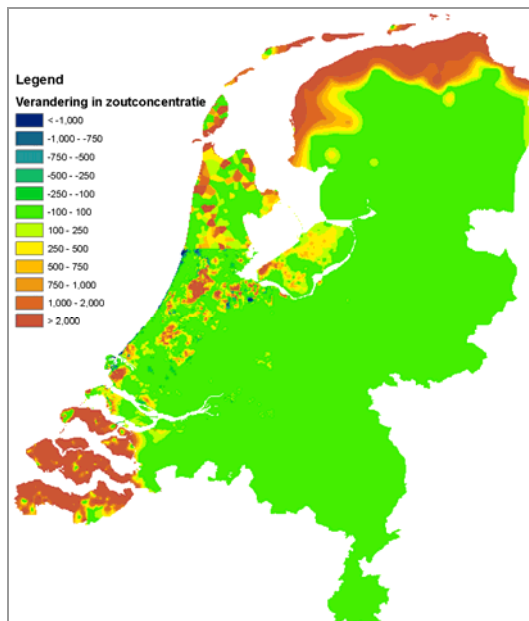
In het modelinstrumentarium bewegen de te handhaven streefpeilen, sloten en drainagemiddelen over het algemeen mee met de bodemdaling.



Figuur 5 Verwachte bodemdaling weergegeven als verschil (in cm) tussen de huidige situatie en de situatie in 2050

2.9 Zoutconcentratie

Als gevolg van naijling van de droogleggingen, bodemdaling en de stijging van de zeespiegel zal de zoutconcentratie in de ondergrond in de toekomst toenemen. Kwelwater dat vanuit de ondergrond omhoog stroomt zal daardoor zouter worden. De verwachte toename van de zoutconcentratie in de ondergrond voor het jaar 2050 is weergegeven in figuur 6 (bron: NITG-TNO, 2005). Met name langs de kust in Zeeland, Friesland en Groningen worden aanzienlijke stijgingen in de zoutconcentratie verwacht. Ter plaatse van diverse polders in Noord-Holland, Zuid-Holland en Flevoland worden ook stijgingen in de zoutconcentratie verwacht. Op enkele kleinere locaties daalt de zoutconcentratie ten gevolge van een nieuw evenwicht tussen de naijling en het veranderde neerslagoverschot.



Figuur 6 Verandering in zoutconcentratie tussen de huidige situatie en 2050 (mg/l), (bron: onder meer NITG-TNO, 2005)

3 HYDROLOGIE

3.1 Grondwaterstanden

Met het modelinstrumentarium wordt voor iedere gridcel van 500 bij 500 m de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) bepaald. De GVG is een waarde in meters beneden maaiveld en wordt in de analyse berekend door de gemiddelde grondwaterstand te bepalen over de maand maart (decaden 7, 8 en 9).

Om een indicatie te krijgen van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) worden in de analyses van de modeluitvoer een HG5 en een LG5 bepaald. De HG5 en LG5 worden berekend door per 500 bij 500 m gridcel respectievelijk de 5 hoogste en de 5 laagste grondwaterstanden voor het droogtejaar te middelen. De HG5 en LG5 die op deze manier worden berekend geven een benadering van GHG en GLG, maar kunnen afwijken. De werkelijke GHG en GLG worden namelijk berekend uit langjarige meetreeksen met behulp van de 3 hoogste en laagste 14-daagse grondwaterstanden. Opgemerkt moet worden dat het modelinstrumentarium vooral is ingesteld op droogte en dat de berekende GVG en GHG slechts indicatief zijn.

Verschillen huidige GxG's met GxG's voor KNMI '06 klimaatscenario's

In de studie van Royal Haskoning/RWS-RIZA (2006) zijn de veranderingen van de GHG, GVG en GLG ten opzichte van de huidige GxG berekend voor de vier scenario's (G, G+, W en W+). Hiertoe is de volgende berekening gemaakt:

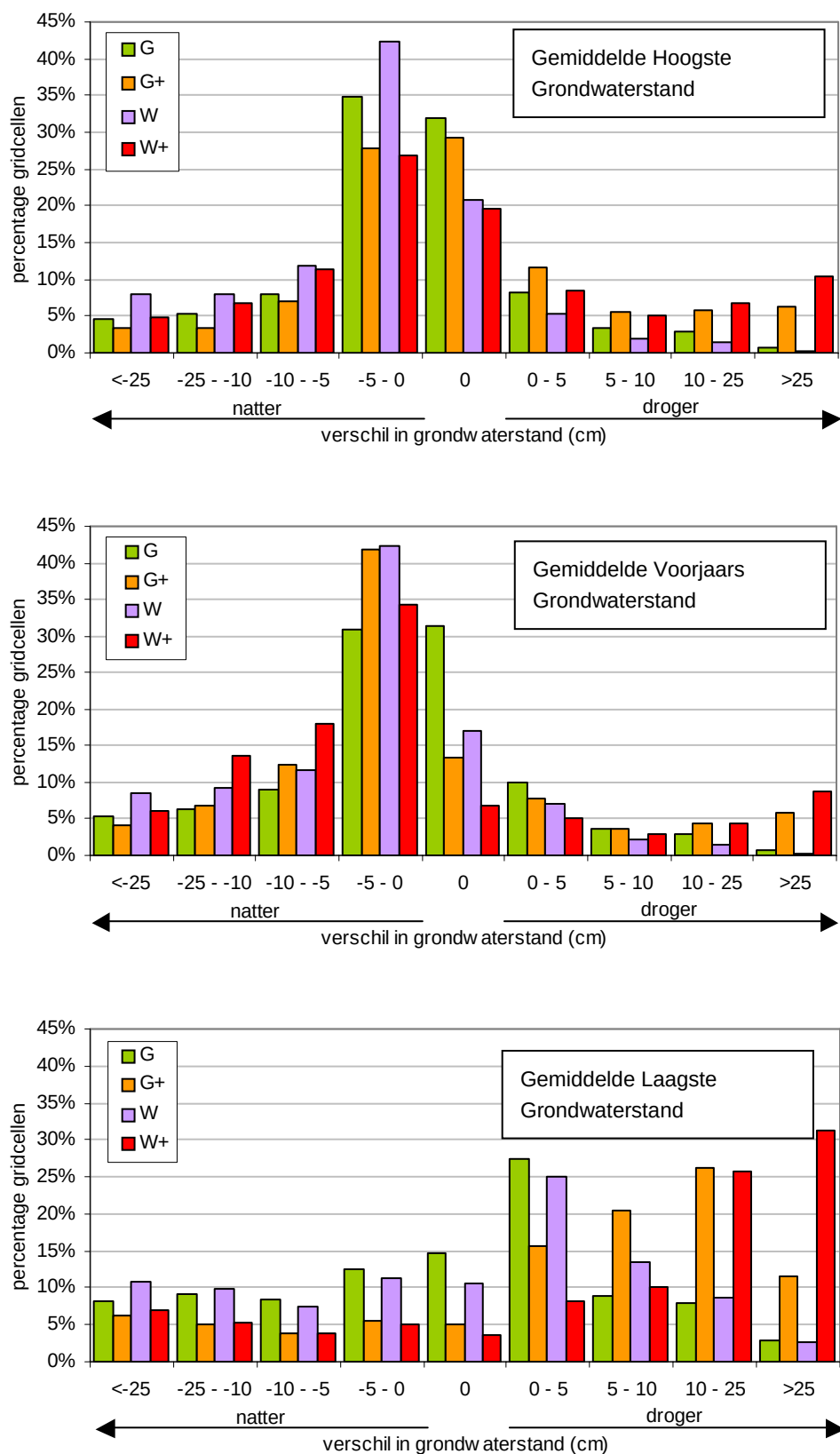
$$dGxG = GxG_{\text{klimaatscenario}} - GxG_{\text{huidig}}$$

De resultaten van de vier berekende dGxG kaarten (één per klimaatscenario) zijn vervolgens geïnterpreteerd en in figuur 7a weergegeven. Een klasse met een positieve waarde geeft een verdroging aan ten opzichte van de huidige situatie. Terwijl een klasse met een negatieve waarde een vernatting ten opzichte van de huidige situatie aangeeft.

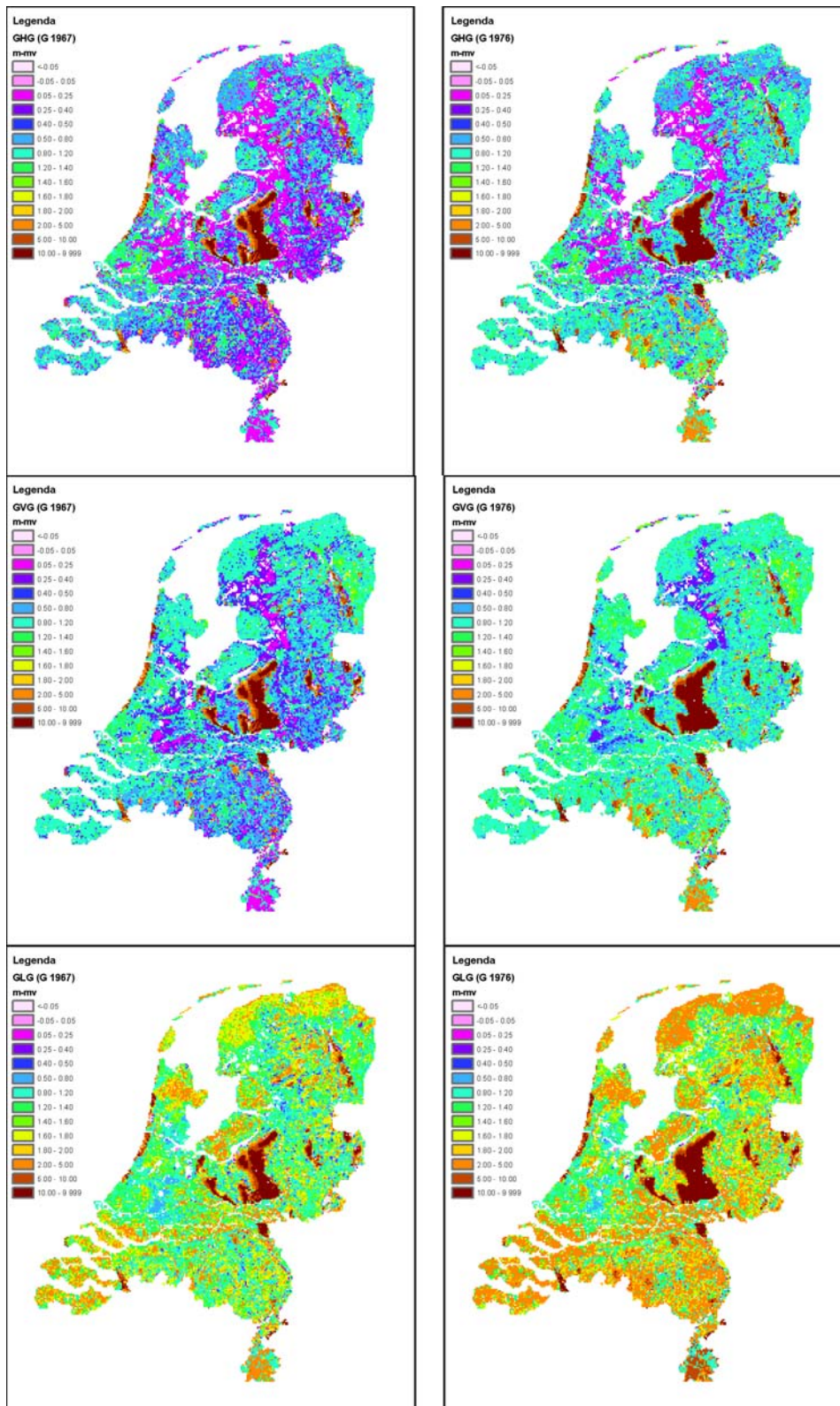
Geografisch beeld GxG's

Ter illustratie zijn in figuur 7b voor scenario G de verwachte GHG, GVG en GLG van de droogtejaren 1967 en 1976 weergegeven. Grafieken en tabellen met detailgegevens van de berekende grondwaterstanden van alle KNMI '06 klimaatscenario's zijn opgenomen in bijlage 4.

Bij alle scenario's is het verschil tussen de GVG, GLG en GHG in een gemiddeld droog jaar en een extreem droog jaar circa 60 tot 70 cm. In het grootste deel van Nederland zijn de grondwaterstanden in het G+ en W+ scenario lager dan in het G en W scenario, dit wordt veroorzaakt door de afname van de zomerneerslag en toename van de verdamping. De GLG in het G+ en W+ scenario is circa 10 tot 20 cm dieper dan in het G en W scenario.



Figuur 7a Verschil in gemiddelde (indicatieve) hoogste, voorjaars, en laagste grondwaterstand voor de vier klimaatscenario's 2050 ten opzichte van de huidige situatie



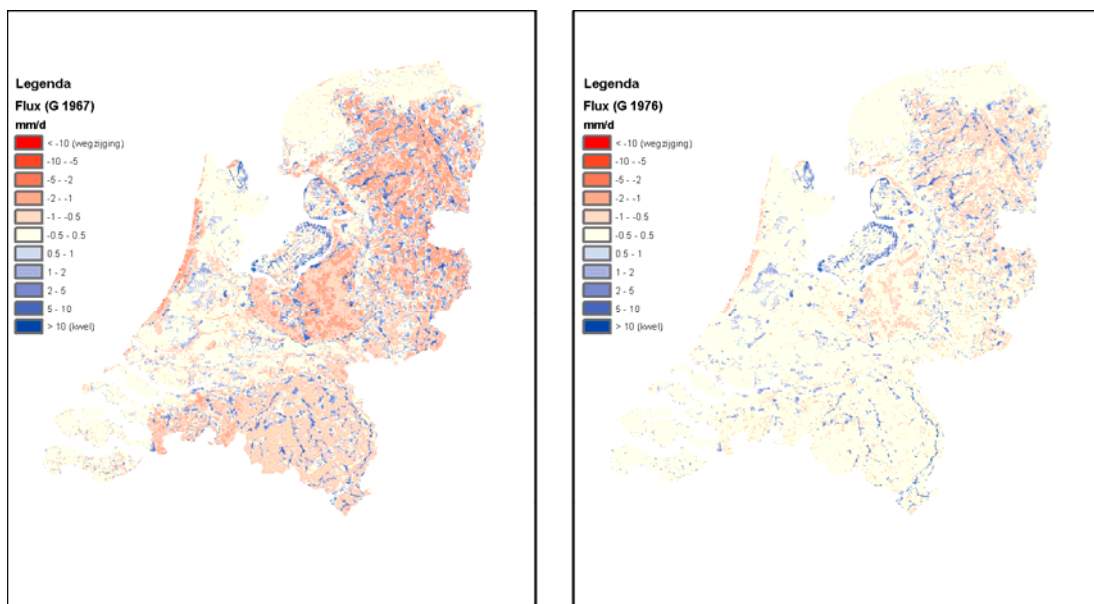
Figuur 7 B Indicatie voor de hoogste, voorjaars, en laagste -grondwaterstanden voor een gemiddeld droog jaar (1967) en een extreem droog jaar (1976) in de G klimaatscenario's 2050.

3.2 Kwel

Met behulp van het instrumentarium kan tevens de hoeveelheid kwel of wegzijging worden berekend.

Over het algemeen blijkt er (op landelijke schaal) weinig verschil te zijn tussen de jaarlijks gemiddelde hoeveelheden kwel in de verschillende klimaatscenario's. De verschillen tussen de droogtejaren onderling zijn veel signifikanter. Ter illustratie is figuur 8 opgenomen met de gemiddelde hoeveelheid kwel of wegzijging in een gemiddeld droog jaar (1967) en in een extreem droog jaar (1976) voor het klimaatscenario G.

Een tabel met de landelijk gemiddelde kwel of wegzijging per droogtejaar en per scenario is opgenomen in bijlage 5.



Figuur 8 De gemiddelde kwel of wegzijging voor een gemiddeld droog jaar (1967) en een extreem droog jaar (1976) volgens de G klimaatscenario met zichtjaar 2050 (negatieve waarde is kwel en een positieve waarde is wegzijging in mm/d)

3.3 Bodemvochtttekorten

Wanneer de actuele verdamping van een gewas kleiner is dan de potentiële verdamping wordt het gewas beperkt in zijn ontwikkeling. Het bodemvochtttekort wordt hier gedefinieerd als het verschil tussen wat de plant zou willen verdampen voor optimale groei (de potentiële verdamping) en wat de plant kan verdampen doordat er maar beperkt water beschikbaar is (de actuele verdamping). Het bodemvochtttekort wordt als volgt berekend:

$$\text{Bodemvochtttekort} = ET_{\text{potentieel}} - ET_{\text{actueel}} \quad [\text{mm}]$$

Met behulp van het modelinstrumentarium is voor alle landbouwgebieden en de natte natuurgebieden in Nederland het bodemvochtttekort over het gehele jaar berekend en

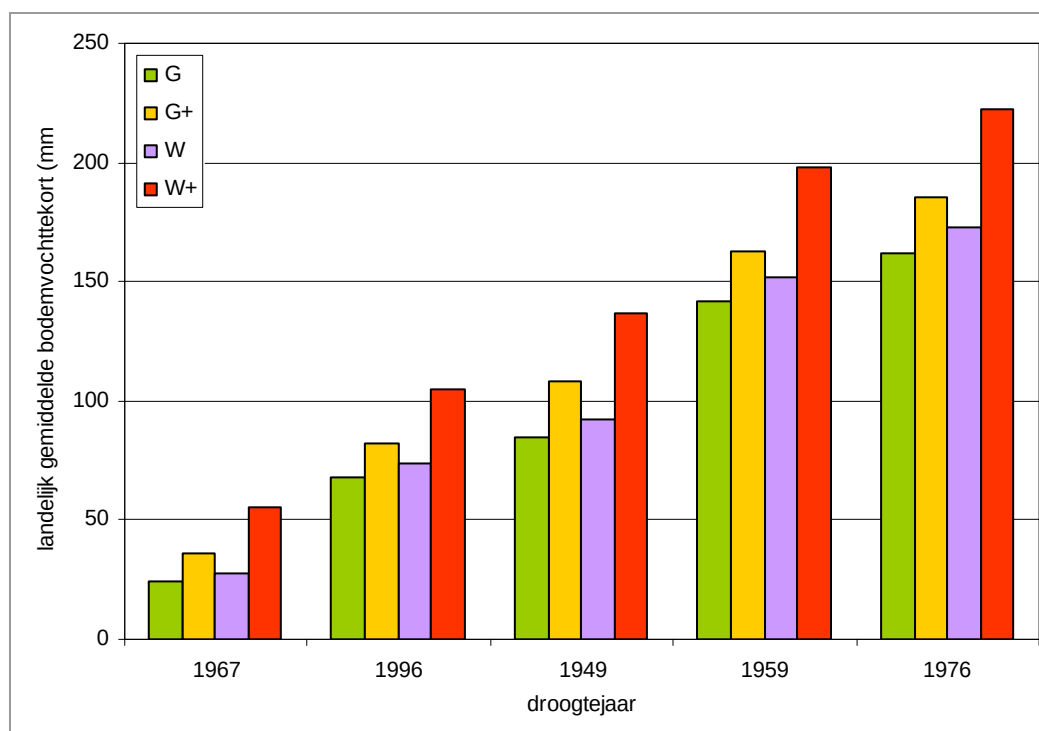
voor het gemiddelde over het hele land. Hierbij zijn de bodemvochtttekorten voor alle perioden waarbij een bodemvochtttekort optreedt bij elkaar opgeteld.

Uit de berekeningen blijken er aanzienlijke verschillen tussen de scenario's onderling en tussen de verschillende droogtejaren. Het landelijk gemiddelde bodemvochtttekort in een extreem droog jaar volgens het W+ scenario is bijna 10 maal zo groot als in een gemiddeld droog jaar volgens het G scenario.

In het G scenario is er bijna geen areaal met een bodemvochtttekort van meer dan 120 mm. In het W+ scenario omvat het areaal met een bodemvochtttekort van meer dan 120 mm circa 85% van Nederland.

In bijlage 6 is een aantal tabellen en grafieken opgenomen met een nadere uitwerking van de bodemvochtttekorten per droogtejaar en per klimaatscenario.

Om een vergelijking te maken tussen de vier nieuwe klimaatscenario's zijn in figuur 9 de landelijk gemiddelde bodemvochtttekorten voor alle droogtejaren weergegeven. De landelijk gemiddelde bodemvochtttekorten voor het G en W scenario verschillen niet veel van elkaar. De bodemvochtttekorten in het G+ en W+ scenario zijn een stuk groter.



Figuur 9 Vergelijking van de landelijk gemiddelde bodemvochtttekorten in de vijf droogtejaren in de klimaatscenario's 2050 (G, G+, W en W+)

In de huidige situatie bedraagt het landelijk gemiddelde bodemvochtttekort voor de 5 droogtejaren (bron: Rijkswaterstaat RIZA (2005a)):

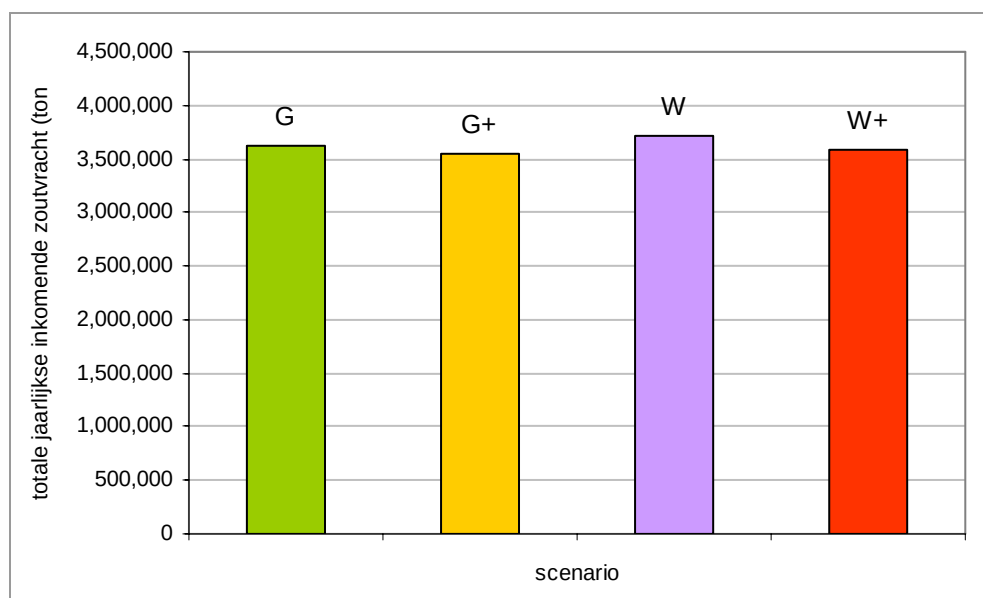
1967	28 mm
1996	75mm
1949	88mm
1959	145mm
1976	165mm

De bodemvochtttekort in het G en W scenario zijn ongeveer vergelijkbaar met die in de huidige situatie. De tekorten in de het G+ en W+ scenario vertonen een maximale toename van 28 tot 98 % van de huidige situatie in het gemiddeld droog jaar 1967.

3.4 Zoutbelasting

De zoutbelasting is de hoeveelheid zout die via het grondwater omhoog komt. De zoutbelasting wordt bepaald door de berekende hoeveelheid kwel te vermenigvuldigen met de zoutconcentratie in de ondergrond, zie paragraaf 2.8.

Figuur 10 toont de totale jaarlijkse inkomende zoutvracht voor het hele land in een gemiddeld droog jaar. De afwijkingen tussen de verschillende klimaatscenario's zijn gering. De afwijkingen tussen de verschillende droogtejaren zijn wat groter. Zo verschillen een gemiddeld droog jaar en een extreem droog jaar ongeveer een factor 2. Het G en W scenario hebben een iets grotere inkomende zoutvracht dan het G+ en W+ scenario.



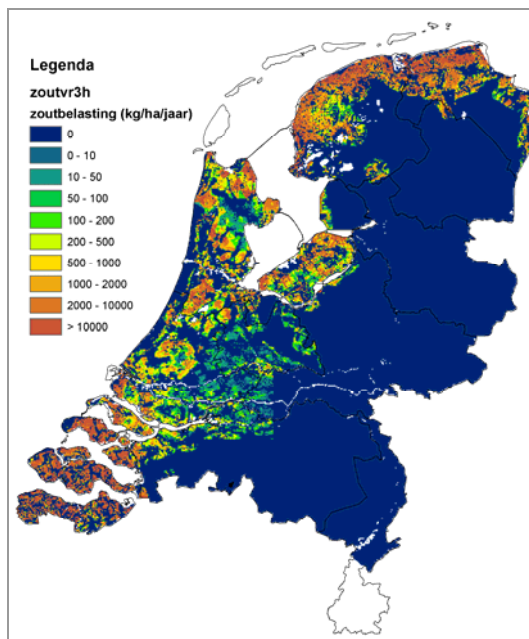
Figuur 10 Jaarlijkse inkomende zoutvracht in een gemiddeld droog jaar voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

In de huidige situatie voor een gemiddeld droog jaar bedraagt de zoutvracht circa 3,1 miljoen ton (Royal Haskoning/RWS-RIZA, 2006). Uit figuur 10 blijkt dat voor de vier klimaatscenario's voor het zichtjaar 2050 in het gemiddelde droog jaar de totale jaarlijkse zoutvracht toeneemt met 15 à 20 procent.

Verder blijkt dat de maximale zoutvrucht circa 3,75 miljoen ton bedraagt (W-scenario). Dit is een toename voor het gemiddeld droog jaar van 20 procent.

Figuur 11 toont de ruimtelijke spreiding van de zoutbelasting voor een gemiddeld droog jaar in het G scenario. Omdat de verschillen tussen het G, G+, W en W+ scenario minimaal zijn, is alleen de kaart voor het G scenario weergegeven.

In heel noord en west Nederland (inclusief de Flevopolder) komen hoge zoutbelastingen voor. Met name langs de Friese kust, in Zeeland en de diepe polders komen zoutbelastingen voor van meer dan 1000 kg/ha/jaar.



Figuur 11 Zoutbelasting in een gemiddeld droog jaar voor het G scenario (kg/ha/jr)

3.5 Zoutconcentratie in het oppervlaktewater

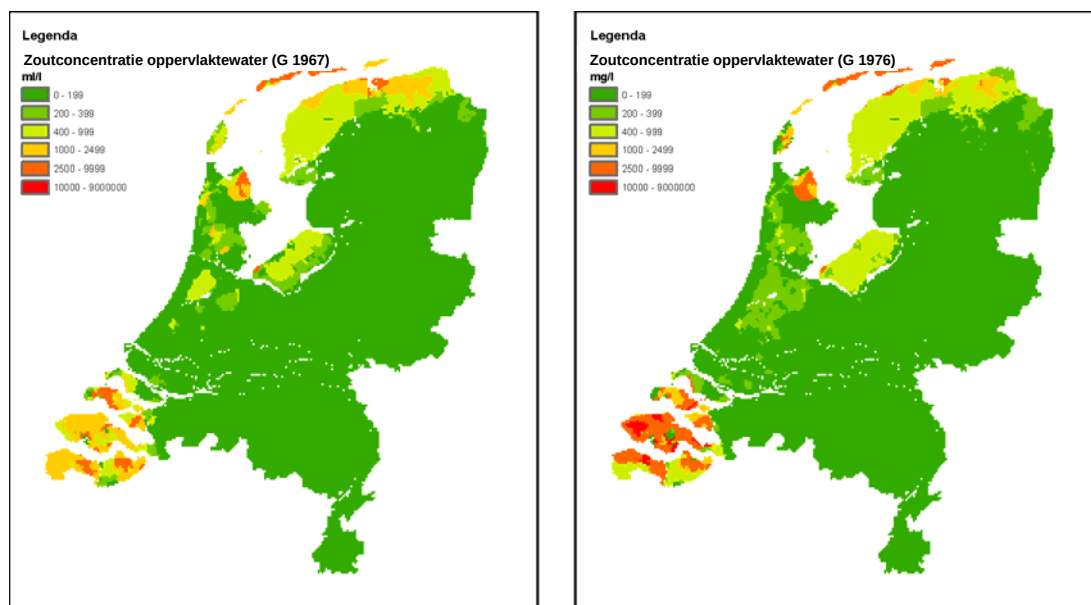
Met het modelinstrumentarium wordt ook een zoutconcentratie in het oppervlaktewater berekend. Dit is een resultaat van interne zoutbelasting via kwel en externe zoutbelasting (via oppervlaktewater) en netto neerslag.

Het verschil in zoutconcentraties in het oppervlaktewater tussen de verschillende klimaatscenario's is circa 10 tot 30%. Ter illustratie is in figuur 12 de zoutconcentratie in het oppervlaktewater voor een gemiddeld droog jaar en een extreem droog jaar volgens het G scenario weergegeven.

Noordelijk Deltabekken

Voor berekening van de zoutconcentraties voor het Noordelijk Deltabekken zijn de chlorideconcentraties in de rijkswateren berekend met behulp van hydraulisch en kwaliteitsmodel SOBEK (RIZA 2007b, in voorbereiding). Deze concentraties zijn gebruikt als randvoorwaarden voor de berekening van het aanbod van rijkswater, omdat

bij te hoge zoutconcentraties op diverse locaties geen rijkswater wordt ingelaten in het regionale systeem. Een voorbeeld van zo'n locatie is het innamepunt bij Gouda. De rijkswateren worden gemodelleerd in het Distributiemodel, dit model geeft de waterfluxen en zoutfluxen door aan het aan het Distributiemodel gekoppelde model MOZART, die de concentraties in het regionale watersysteem berekent.



Figuur 12 Zoutconcentratie in het oppervlaktewater volgens het G scenario voor een gemiddeld droog jaar (links) en een extreem droog jaar (rechts)

Een tabel met de gemiddelde berekende zoutconcentratie in het oppervlaktewater per droogtejaar en per klimaatscenario is opgenomen in bijlage 7.

3.6 Oppervlaktewatertekorten

De oppervlaktewatertekorten bestaan uit drie onderdelen, te weten een tekort aan water ten behoeve van:

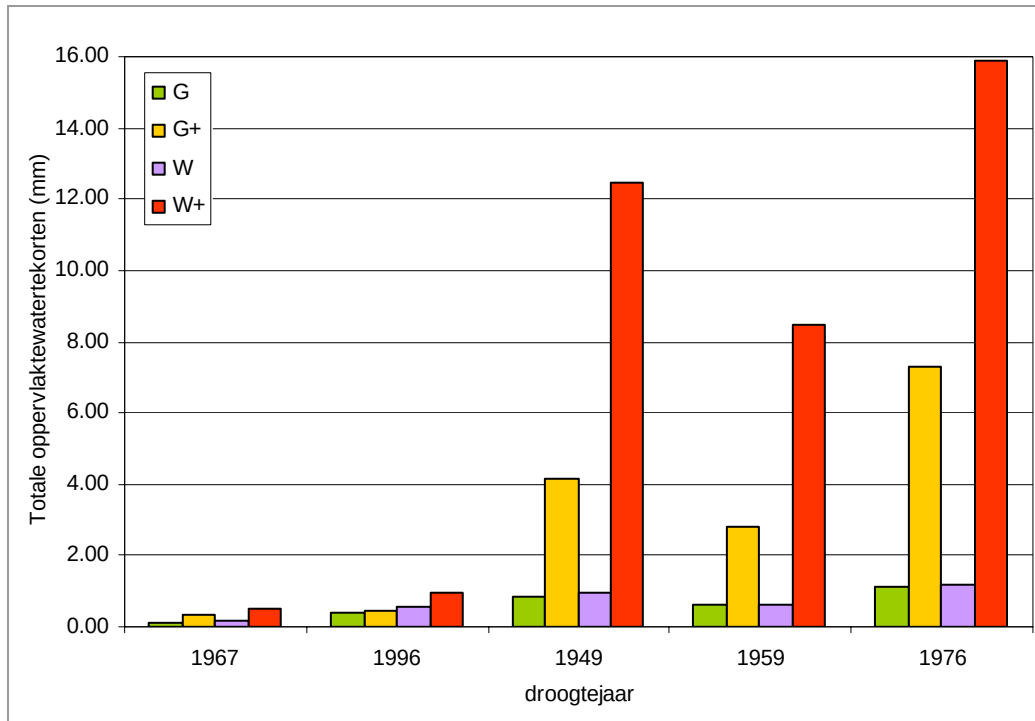
- doorspoeling van het regionale systeem;
- peilbeheer van de boezemwateren;
- doorspoeling hoofdsysteem.

De oppervlaktewatertekorten voor bovenstaande drie onderdelen zijn bepaald voor de 5 droogtejaren en de 4 klimaatscenario's. De berekende totale oppervlaktewatertekorten zijn weergegeven in figuur 13.

Na vergelijking met de tekorten in de huidige situatie (Droogtestudie, 2005) is af te leiden dat de oppervlaktewatertekorten in de toekomst sterk zullen toenemen door een toename van de watervraag en de afname van rivierafvoer in de zomer. Voor het G-scenario, vergelijkbaar met WB21 1+ Klimaatscenario, nemen de tekorten toe in de orde van 50 tot 125 % toe.

Uit figuur 13 is af te leiden dat de tekorten sterk zullen toenemen in de scenario's G+ en W+ met respectievelijk een factor 1 tot 6 en factor 3 tot 15.

Een onderverdeling van deze getallen naar de drie onderdelen is opgenomen in bijlage 8.



Figuur 13 Oppervlaktewatertekorten voor de verschillende droogtejaren en klimaatscenario's (mm)

4 LANDBOUW

4.1 Inleiding landbouwschade

De belangrijkste verwachte ontwikkelingen die effect hebben op de toekomstige landbouwproductie en die zijn meegenomen in de berekeningen zijn:

- verandering van landbouwarealen;
- prijsdaling van landbouwproducten;
- verandering van de verdamping en neerslag gedurende het groeiseizoen;
- effecten van een verandering van de temperatuur op de toekomstige gewasverdamping.

In dit hoofdstuk worden de verwachte effecten van deze wijzigingen op de landbouwopbrengst in 2050 gekwantificeerd. De berekeningen zijn uitgevoerd met de fractiemethode van het rekenmodel AGRICOM (Prinsen & Verschuur, 2002).

Bij de berekening van de landbouwschade is de totale droogteschade bepaald. Een deel van deze schade is algemeen geaccepteerd. In de huidige situatie zal in een gemiddeld jaar immers ook droogteschade optreden, die nu ook al (grotendeels) wordt geaccepteerd. In dit hoofdstuk wordt de totale droogteschade geanalyseerd (dus inclusief het algemeen geaccepteerde deel). Bij het bepalen van de investeringsruimte (hoofdstuk 6) zal er voor dit algemeen geaccepteerde schade worden gecorrigeerd.

4.2 Specifieke uitgangspunten voor de landbouwschade

Omdat er in deze studie wordt gewerkt met meteorologische invoergegevens van historische droogtejaren verschillen de neerslag en verdamping en ook de bijbehorende herhalingstijden per regio. De herhalingstijd voor de overschrijding van het neerslagtekort in de 5 droogtejaren zijn door het KNMI bepaald voor 6 weerregio's in Nederland en toegewezen aan modelgebied (figuur 14). De gemiddelde herhalingstijd voor de overschrijding van het neerslagtekort per regio is weergegeven in bijlage 9.



Figuur 14 Indeling van Nederland in 6 weerregio's (bron: KNMI, 2004)

Uit de herhalingstijden blijken er sterke meteorologische verschillen tussen de regio's. Zo blijkt bijvoorbeeld dat het neerslagtekort dat in het extreem droge jaar 1976 optrad in de regio middenoost een herhalingstijd heeft van 45 jaar. Terwijl het neerslagtekort dat in datzelfde jaar in de regio zuidwest optrad een herhalingstijd heeft van 188 jaar. De effecten van klimaatscenario's op de landbouw zijn daarom niet alleen uitgewerkt voor het landelijk gemiddelde, maar ook voor de 6 afzonderlijke weerregio's.

In een extreem droog jaar kan de droogteschade aanzienlijk zijn, maar is de kans op voorkomen van de schade erg klein. In een gemiddeld jaar kan ook (beperkte) droogteschade optreden, de kans op een dergelijke gemiddelde schade is juist erg hoog. Om het totale scala van droogteschades met bijbehorende kansen (of herhalingstijden) in een hanteerbaar getal uit te drukken wordt de jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) van de schade berekend. De jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade voor de landbouw wordt berekend op basis van de kans van voorkomen van de beschouwde karakteristieke jaren en de daarbij optredende schade (bron: Droogtestudie Nederland Technisch Spoor: Eindrapport fase 1, verkenning). De formule voor de bepaling van de jaarlijkse verwachtingswaarde is weergegeven in bijlage 10.

4.3 Uitwerking landbouwschade

De landbouwschade wordt op twee manieren uitgedrukt:

- de fysieke opbrengstderving;
- de financiële opbrengstderving.

De fysieke opbrengstderving is een maat voor de vermindering van de oogst (kg).

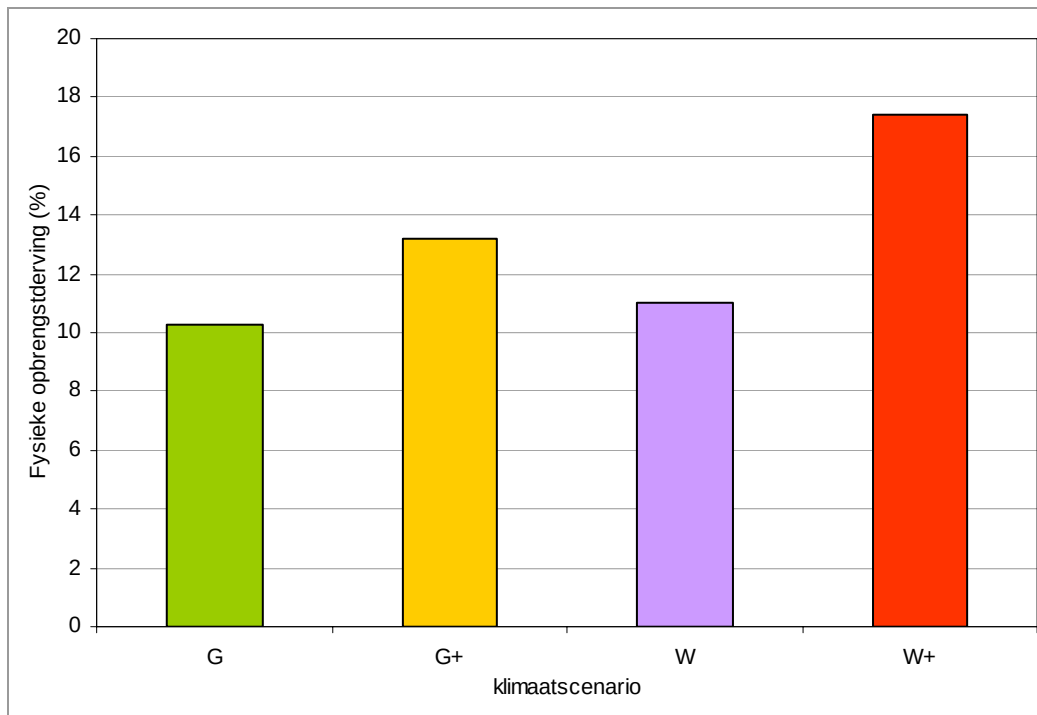
De fysieke opbrengstderving wordt in deze rapportage uitgedrukt als percentage van de totale opbrengst in een ideale situatie, gemiddeld over het landbouwareaal in Nederland.

De financiële opbrengstderving wordt uitgedrukt in euro's. Dit wordt bepaald door voor elke modelleenheid (500x500m) de fysieke opbrengstderving te vermenigvuldigen met de gewasopbrengst per hectare. In deze rapportage wordt de fysieke opbrengstderving gesommeerd over Nederland en over regio's in Nederland.

Met behulp van AGRICOM is voor iedere modelrun bepaald wat de fysieke opbrengstderving in 2050 is als gevolg van droogte. Gedetailleerde regionale getallen van de fysieke opbrengstderving per droogtejaar en per klimaatscenario zijn opgenomen in bijlage 11.

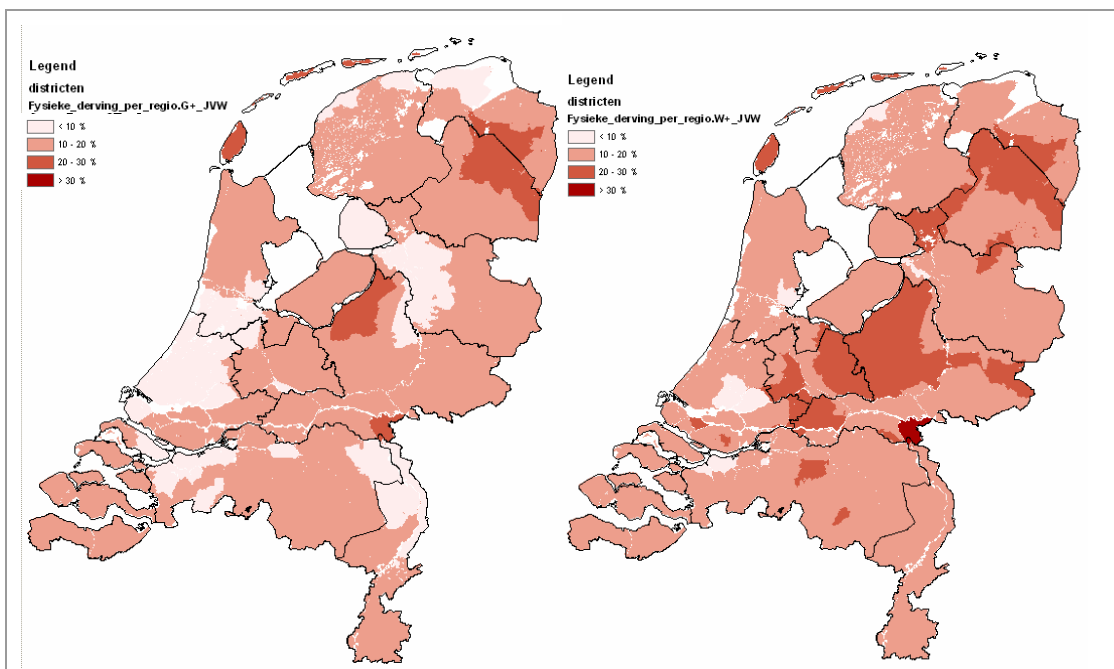
Figuur 15 toont de jaarlijkse verwachtingswaarde van de fysieke opbrengstderving ten opzichte van een ideale situatie voor ieder klimaatscenario.

Uit de analyses van de Droogtestudie (2005) blijkt dat de fysieke opbrengstderving voor een gemiddeld droog jaar in de huidige situatie circa 5% is. De jaarlijkse verwachtingswaarde van de fysieke opbrengstderving in de huidige situatie is 10%. Dit is een langjarig gemiddelde verwachting. Ter vergelijking: de geanalyseerde derving voor het jaar 2003 (herhalingstijd van eens per 10 jaar) bedroeg 20 à 25% (RWS-RIZA, 2003b). Een direct vergelijking van de absolute opbrengsten is echter niet mogelijk, omdat in de toekenning ook de potentiële opbrengst wijzigt.



Figuur 15 Jaarlijkse verwachtingswaarde van de fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte ten opzichte van een ideale situatie in 2050 (%).

Als gevolg van verschillen in meteorologie en waterbeheer zijn er ook regionale verschillen in de opbrengstderving. Figuur 16 toont een kaart met de regionale spreiding van de fysieke opbrengstderving voor het G+ en het W+ scenario.



Figuur 16 De jaarlijkse verwachtingswaarde van de fysieke opbrengstderving per district voor het G+ (links) en het W+ scenario (rechts)

Naast de fysieke opbrengstderving (%) is er met behulp van AGRICOM ook een financiële opbrengstderving (€) als gevolg van droogte berekend.

De financiële schade wordt berekend door per gewas het areaal landbouwgebied (ha) te vermenigvuldigen met de fysieke opbrengstderving (%) en de opbrengst van het betreffende gewas (€/ha).

De gehanteerde gewasopbrengsten voor 2050 zijn gelijk aan de waarden die zijn gehanteerd voor de Droogtestudie (2004 en 2005a) en staan vermeld in onderstaande tabel.

Tabel 3 Gewasproductiewaarden in 2050 en verschillen ten opzichte van de huidige situatie

Gewas	Gewasopbrengst prijspeil 2050 (€/ha)
Gras	1.080 (-20%)
Snijmais	1.200 (-20%)
Aardappelen	4.240 (-20%)
Suikerbieten	2.640 (-20%)
Granen	880 (-20%)
Fruit	11.900 (-10%)
Boomteelt	44.800 (-10%)
Bloembollen	26.000 (-10%)
Overig	4.600 (-10%)

De financiële opbrengstderving wordt dus niet alleen bepaald door de mate van droogte, maar ook door de gewaswaarde. Vanwege de onzekerheden in de aannames voor de toekomstige situatie is ook gekeken wat de bandbreedte van deze getallen is. Hiertoe zijn verschillende combinaties van aannamen berekend:

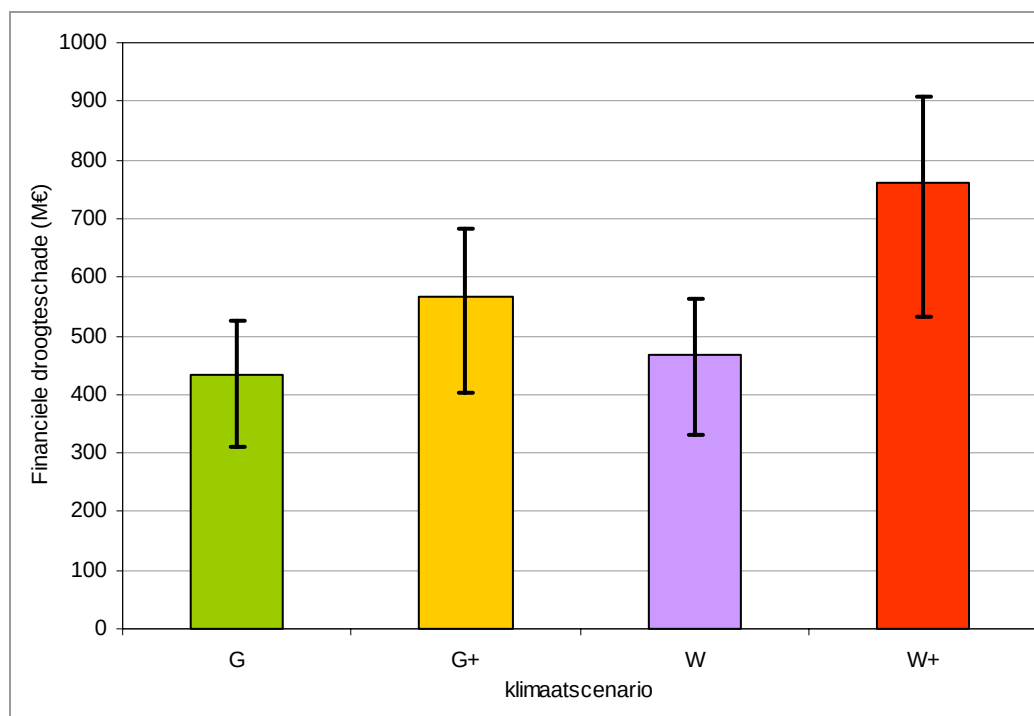
- landgebruik volgens de droogtestudie, maar een prijspeil dat sterker daalt (zie bijlage 12);
- landgebruik volgens de droogtestudie, maar een prijspeil dat niet is gedaald ten opzichte van de huidige situatie;
- prijspeil volgens de droogtestudie, maar een landgebruik volgens het marktoptimist scenario (RWS-RIZA, 2004);
- prijspeil volgens de droogtestudie, maar een landgebruik volgens het milieudenker scenario (RWS-RIZA, 2004).

Deze vier berekeningen resulteren in een jaarlijkse verwachtingswaarde voor de financiële opbrengstderving ten opzichte van een ideale situatie in 2050 met een bijbehorende bandbreedte, zoals weergegeven is in figuur 17. De minimale en maximale waarde bepaald de totale bandbreedte.

In bijlage 12 zijn gedetailleerde (regionale) gegevens over de financiële opbrengstderving opgenomen. Eveneens is daarin een figuur opgenomen met de bandbreedte voor elk klimaatscenario per droogtejaar.

Regionale verschillen in de gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde treden op, zowel boven als onder het landelijke gemiddelde (maximaal circa 2%). De grootste opbrengstdervingen treden op in de regio's middenwest (scenario G en W) en noordoost (scenario G+ en W+).

Uit de analyses van de Droogtestudie (2005) blijkt de financiële droogteschade in de huidige situatie 627 miljoen euro te bedragen. Dat de financiële schade in de huidige situatie hoger is dan de schade in 2050 wordt veroorzaakt door de afname van het areaal landbouw.



Figuur 17 Jaarlijkse verwachtingswaarde van de financiële opbrengstderving ten opzichte van een ideale situatie in 2050 met bandbreedte (M€)

Naast opbrengstderving als gevolg van droogte kan er ook schade optreden als gevolg van een te hoge zoutconcentratie in het grondwater. De fysieke opbrengstderving als gevolg van zout in 2050 is voor zowel het G+ als het W+ scenario veel kleiner dan de fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte. De (landelijk gemiddelde) fysieke opbrengstderving als gevolg van zout is voor alle scenario's en rekenjaren kleiner dan 0,2%. De financiële opbrengstderving als gevolg van zout is in bijlage 13 uitgesplitst naar de verschillende regio's.

Door de grote verschillen in gewasopbrengst zijn de regionale verschillen voor de financiële opbrengstderving veel groter dan de regionale verschillen voor de fysieke opbrengstderving. In alle klimaatscenario's zal de grootste financiële opbrengstderving optreden in de regio zuidoost, voornamelijk omdat daar de meest kapitaalintensieve gewassen worden verbouwd. De financiële opbrengstderving in de regio zuidoost is voor alle klimaatscenario's een factor 2 tot 2,5 maal groter dan de financiële opbrengstderving in de regio met de minste schade (noordwest).

4.4 Conclusies landbouwschade

Uit de berekeningen blijkt dat de landelijk gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde voor de fysieke opbrengstderving varieert van 10% (scenario G) tot 17% (scenario W+).

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de financiële opbrengstderving varieert van 435 M€ (scenario G) tot 762 M€ (scenario W+). Dit is de totale schade die jaarlijks optreedt als gevolg van droogte. Een deel hiervan is algemeen geaccepteerd omdat ook in een gemiddeld jaar in de huidige situatie droogteschade optreedt. Bij de berekening van de investeringsruimte zal hiervoor worden gecorrigeerd.

Hoewel de fysieke opbrengstderving toeneemt, zal de totale toekomstige financiële derving voor scenario G, G+ en W lager uitvallen dan de huidige derving (627 M€). Dat heeft vooral te maken met de voor de meeste gewassen dalende prijzen en de afname van het totale areaal aan landbouwgrond.

Als wordt uitgegaan van het prijspeil van 2007 (wat economisch gezien een betere basis is om de huidige situatie met de toekomstige situatie te vergelijken), dan zal de financiële derving voor alle scenario's met circa 20% stijgen.

Uit de berekeningen voor de bandbreedte blijkt het toekomstige prijspeil de grootste invloed te hebben op de financiële opbrengstderving. Een ander landgebruik (inclusief afname landbouwareaal) in 2050 heeft ook wel invloed (circa 15 %), maar een ander prijspeil in 2050 heeft een veel sterkere invloed (circa 20-30 %).

5 SCHEEPVAART

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van droogte op de scheepvaartsector besproken. De effecten zijn berekend met het Scheepvaartmodel (RWS-RIZA, 2001). Het scheepvaartmodel berekent de totale jaarlijkse kosten van de beroepsvaart in Nederland. In bijlage 14 is de schematisatie opgenomen van de kanalen en rivieren waarmee het scheepvaartmodel rekent.

Wanneer er als gevolg van klimaatverandering lagere waterstanden optreden in de grote rivieren, dan treedt er schade op voor de scheepvaartsector. Bij een lagere waterstand kunnen de schepen minder zwaar worden beladen en kan er dus minder vracht worden getransporteerd. Het transport van dezelfde hoeveelheid vracht zal dus met meer schepen en/of vaarbewegingen moeten plaatsvinden. Door de toename van het aantal vaarbewegingen zal vaker moeten worden geladen en gelost en zullen bovendien de wachttijden bij sluizen oplopen. De totale kosten zullen in tijden van lage afvoer dus toenemen. Deze toename van de kosten is de schade voor de scheepvaartsector.

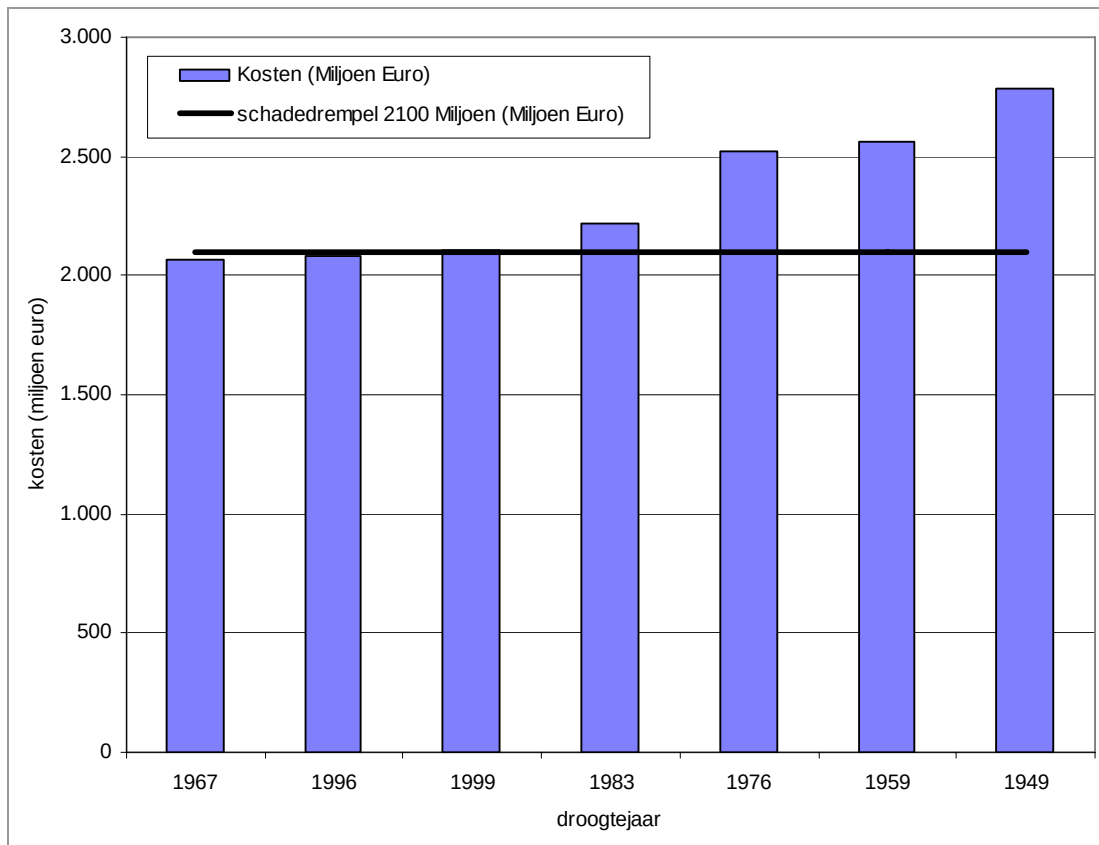
5.2 Specifieke uitgangspunten voor de scheepvaartschade

In deze studie zijn berekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie en voor de situatie in 2050 volgens de KNMI '06 klimaatscenario's. Voor ieder scenario zijn 7 karakteristieke droogtejaren doorgerekend. Naast de 5 droogtejaren die ook voor de andere berekeningen in deze studie zijn doorgerekend zijn voor scheepvaart tevens de jaren 1983 en 1999 doorgerekend. Dit was nodig om een betere inschatting te maken van de scheepvaartschade in met name de matig droge jaren.

Bij de berekeningen is uitgegaan van de huidige samenstelling van de vloot, het huidige vrachtaanbod en de huidige infrastructuur. Daarnaast is er een inschatting gemaakt van de scheepvaartkosten bij toekomstige economische ontwikkelingen.

5.3 Uitwerking scheepvaartschade

Figuur 18 toont de scheepvaartkosten per droogtejaar voor de huidige situatie. Opvallend is dat de rangorde van de jaren anders is dan bij bijvoorbeeld de landbouwschade. Dit wordt veroorzaakt doordat de landbouwschade voornamelijk wordt bepaald door de neerslag die in het gebied zelf valt, terwijl de scheepvaartkosten worden bepaald door de rivieraanvoer, op basis van onder andere de neerslag die in het gehele stroomgebied valt. Daardoor is het droogtejaar 1976 (wat voor de landbouw de grootste schade oplevert) niet het jaar met de hoogste kosten voor de scheepvaart.



Figuur 18 Scheepvaartkosten voor de droogtejaren in de huidige situatie

Bij een langjarig gemiddelde Rijnafvoer bedragen de kosten voor het vervoer per binnenschip ongeveer 2100 miljoen euro per jaar (Droogtestudie, 2005). In dat bedrag zitten onder meer de kosten voor het varen, overslag en wachttijden bij sluizen. Dit bedrag wordt in deze studie als drempelwaarde aangehouden. De drempelwaarde wil zeggen dat als scheepvaartkosten hoger zijn dan 2100 miljoen euro de meerkosten worden beschouwd als “scheepvaartschade”. Daarbij wordt verder niet gekeken wie deze schade uiteindelijk betaalt. Dat kan zijn de schipper, de verlader of uiteindelijk de consument. Indien de scheepvaartkosten lager zijn dan de drempel, dan is er geen schade.

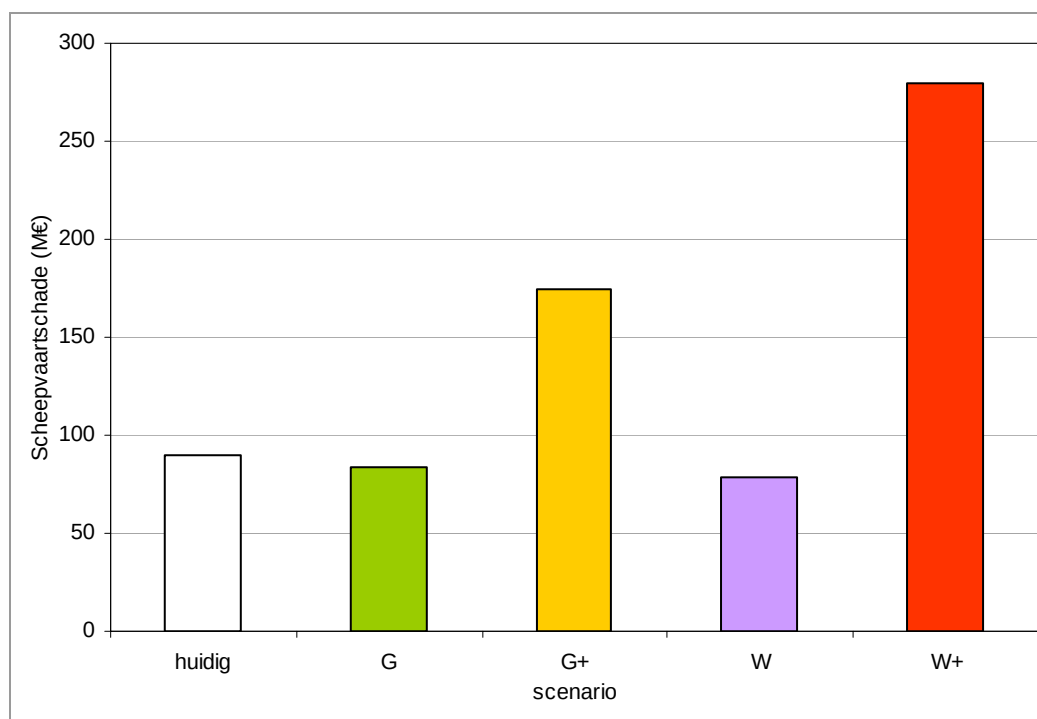
De jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) voor de scheepvaartschade is bepaald op dezelfde wijze als voor de landbouw (bijlage 10), met als enige verschil dat er voor de berekening van de scheepvaart 7 droogtejaren zijn gebruikt in plaats van 5. De jaarlijkse verwachtingswaarde van de scheepvaartschade in de huidige situatie die is berekend met deze 7 jaren bedraagt 90 miljoen euro. In de Droogtestudie (2004) is voor de scheepvaartschade in de huidige situatie 72 miljoen euro berekend. Het verschil tussen deze twee getallen wordt veroorzaakt door een andere berekeningstechniek. In de Droogtestudie is het gemiddelde over 100 jaren berekend en daardoor is de analyse nauwkeuriger. In voorliggende studie zijn alleen 7 jaren doorgerekend. Een verdere toelichting op de gebruikte methode en de verschillen is opgenomen in bijlage 15.

Als gevolg van de klimaatverandering zal de rivieraanvoer veranderen (paragraaf 2.5). Voor scenario G en scenario W wordt een toename van de jaarlijkse rivieraanvoer verwacht van respectievelijk 3 en 7%. Voor scenario G+ en scenario W+ wordt juist een

afname van de jaarlijkse rivieraanvoer verwacht met respectievelijk ongeveer 4 en 7% (RIZA, 2007).

De scheepvaartkosten voor de vier klimaatscenario's zijn bepaald voor de huidige economische situatie, uitgaande van de huidige infrastructuur, het huidige vrachtaanbod en de huidige vlootsamenstelling. De uitkomsten van de berekeningen zijn opgenomen in bijlage 16.

In figuur 19 is de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaartschade van de huidige situatie en de vier klimaatscenario's weergegeven. De jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaartschade is in het G en W scenario iets lager dan in de huidige situatie (door de toename in rivieraanvoer). In het G+ en W+ scenario is de schade een factor 2 tot 3 hoger dan in de huidige situatie.



Figuur 19 Jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaartschade in de huidige situatie en de 4 klimaatscenario's voor 2050 (in M€)

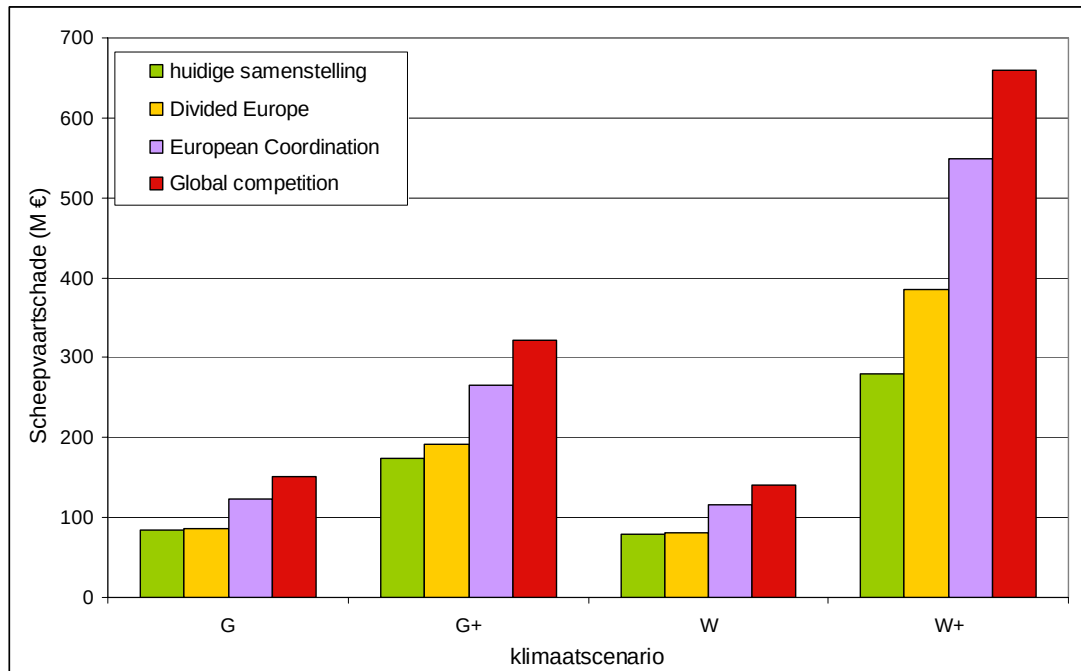
Bovenstaande verwachtingswaarden zijn gebaseerd op een berekening met de huidige economische situatie.

Door het Centraal Plan Bureau (CPB) zijn drie economische groeiscenario's opgesteld voor de ontwikkeling van de scheepvaart. Deze verschillen vooral van elkaar doordat ze uitgaan van een andere economische ontwikkeling. Als gevolg daarvan verschilt ook het vrachtaanbod in de verschillende scenario's. Een grote economische groei betekent in het algemeen ook een relatief grote groei in het vrachtaanbod. (RWS,2001).

In de Droogtestudie Nederland (achtergrondrapportages bij eindrapport fase 1), Rijkswaterstaat RIZA (2003a), zijn de scheepvaartkosten in combinatie met de economische groeiscenario's berekend. In voorliggende studie zijn de economische groeiscenario's niet doorgerekend met het Scheepvaartmodel. Op basis van de

Droogtestudie is wel een inschatting gemaakt van de effecten van de economische groeiscenario's op de scheepvaartschade. De gebruikte methode is toegelicht in bijlage 17.

Figuur 20 toont een schatting voor de jaarlijkse verwachtingswaarde van de scheepvaartschade voor de KNMI '06 klimaatscenario's en de verschillende economische groeiscenario's.



Figuur 20 Schatting voor de jaarlijkse verwachtingswaarde van de scheepvaartschade bij de verschillende klimaatscenario's en economische groeiscenario's

Uit de berekeningen is af te leiden dat de scheepvaartkosten zeer gevoelig zijn voor het economische groeiscenario waarmee gerekend wordt. Dat is ook logisch, want naarmate het vrachtaanbod stijgt, zijn meer reizen nodig om die vracht te vervoeren. En daarmee hebben dus ook meer schepen hinder van laag water, en loopt de schade op. Bij de meeste beleidsanalyses wordt gewerkt met het economische groeiscenario European Coordination (EC) - groeiscenario. Te zien is dat de scheepvaartkosten voor dit EC-groeiscenario ten opzichte van de huidige samenstelling¹ in het G+-scenario met ongeveer 50% oplopen, en bij het W+-scenario zelfs meer dan verdubbelen.

5.4 Conclusies scheepvaart

De jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaartschade in 2050 varieert tussen de 79 miljoen euro (scenario W) en de 280 miljoen euro (scenario W+).

Opvallend is dat de verwachtingswaardes voor het G en het W scenario lager zijn dan voor de huidige situatie. De jaarlijkse verwachtingswaardes voor het G+ en het W+

¹ Met "huidige samenstelling" wordt hier bedoeld de huidige economische situatie, uitgaande van de huidige infrastructuur, het huidige vrachtaanbod en de huidige vlootsamenstelling.

scenario zijn echter een factor 2 tot 3 hoger dan de huidige situatie. Dit verschil wordt veroorzaakt door de verschillen in rivieraanvoer van de verschillende scenario's. Voor het G en het W scenario wordt een toename van de winterafvoer verwacht en een heel geringe afname in de zomer. Voor het G+ en het W+ scenario wordt een toename van de winteraanvoer verwacht, maar een veel sterkere afname in de zomer.

Wanneer naast de klimaatscenario's ook de scenario's voor economische ontwikkeling worden beschouwd dan neemt de schade nog verder toe. In het "Global competition" verdubbelt de scheepvaartschade ten opzichte van de huidige economische samenstelling.

6 INVESTERINGSRUIMTE

6.1 Inleiding

Voor zowel de scheepvaart als de landbouw kan de jaarlijkse schade als gevolg van klimaatverandering behoorlijk oplopen. Bij het W+-scenario gaat het zelfs om honderden miljoenen per jaar, ieder jaar weer. Het kan dan al snel interessant worden om maatregelen te nemen die deze schade kunnen voorkomen. In dit hoofdstuk wordt de Jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) omgerekend naar een Contante waarde (CW). Dit is het bedrag dat maatregelen maximaal mogen kosten om de schade als gevolg van klimaatverandering te voorkomen. Hoe minder de maatregelen kosten, hoe hoger het rendement op de investeringen. Het gaat daarbij overigens niet alleen om de directe investeringen, maar ook om bijvoorbeeld jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud van maatregelen, en eventuele andere bijkomende kosten.

Bij de berekening van de contante waarde zijn twee variabelen van belang:

- de disconteringsvoet (rente);
- de periode (aantal jaar).

Tot vorig jaar werd de discontovoet voor overheidsinvesteringen voorgeschreven door het ministerie van Financiën. Standaard werd uitgegaan van een rentepercentage van 4% en een oneindige levensduur.

Sinds begin jaar heeft het ministerie deze richtlijn aangepast. Voor investeringen in de watersector wordt nu standaard uitgegaan van een discontovoet van 2,5%. Alleen voor investeringen met macro-economische effecten moet hier een percentage bij opgeteld worden tussen de 0 en 3%. Voor bijvoorbeeld investeringen in wegen wordt standaard uitgegaan van die 3% extra, dus een te hanteren discontovoet van 5,5%. Omdat op voorhand niet duidelijk is welk type maatregelen genomen gaat worden, en welk opslagpercentage daar bij hoort, is voor de berekening van de contante waarde uitgegaan van een bandbreedte tussen 2,5 tot 5,5 %.

Ook wat betreft de periode waarin een maatregel moet worden afgeschreven, is er een bandbreedte. Sommige maatregelen hebben een beperkte levensduur (bijvoorbeeld pompen ten behoeve van beregening), andere maatregelen zijn (bijna) permanent (bijvoorbeeld grootschalige ingrepen in de loop van een rivier).

Bij de bepaling van de contante waarde zijn daarom vier varianten doorgerekend:

- a. periode van 30 jaar, rente 5,5%.
- b. oneindige periode, rente 5,5%.
- c. periode van 30 jaar, rente 2,5%.
- d. oneindige periode, rente 2,5%.

Voor investeringen in de landbouw en scheepvaartinfrastructuur wordt standaard uitgegaan van een discontovoet van 5,5% en een oneindige termijn (variant b). In deze studie zijn daarnaast ook een minimale (variant a) en een maximale variant (variant d) doorgerekend. Een toelichting op de berekening van de contante waarde is gegeven in bijlage 18.

6.2 Landbouw

Het landgebruik in Nederland wijzigt de komende 50 jaar als gevolg van onder andere de uitbreiding van stedelijk gebied. Het areaal stedelijk gebied en de glastuinbouw zal toenemen, het areaal landbouw neemt af (zie bijlage 13). Deze verschuiving is (in ieder geval ten dele) een autonome verandering en niet toe te schrijven aan de klimaatverandering.

Eerst wordt de opbrengstderving in een gemiddeld jaar in de huidige situatie als drempelwaarde gehanteerd voor de toekomstige droogteschade, omdat dit algemeen geaccepteerd is (RWS-RIZA, 2005a). Om de huidige en toekomstige situatie goed te kunnen vergelijken, wordt deze drempelwaarde gespecificeerd per hectare en per type gewas. Hierdoor kan rekening worden gehouden met het veranderde landgebruik. Bovendien wordt de drempelwaarde gecorrigeerd van het toekomstige prijspeil. De basis voor de investeringsruimte voor de klimaatscenario's wordt bepaald door het verschil in schade tussen de huidige situatie en de situatie in 2050 volgens de KNMI '06 klimaatscenario's.

Als gevolg van de verandering in landgebruik zal de schade die optreedt in een gemiddeld jaar, de schade die dus algemeen is geaccepteerd, ook veranderen. Bij de berekening van de investeringsruimte voor landbouw in 2050 wordt rekening gehouden met een drempelwaarde voor de huidige algemeen geaccepteerde schade.

Deze drempelwaarde is bepaald door voor de huidige situatie de schade per gewastype te bepalen volgens het prijspeil van 2050. Deze schade per gewastype is vervolgens gecorrigeerd voor het veranderde landgebruik in 2050 ($\text{schade} \times \text{areaal 2050} / \text{areaal huidig}$). De schades voor de huidige situatie (zowel wel als niet gecorrigeerd) zijn gegeven in bijlage 19. De gecorrigeerde jaarlijkse verwachtingswaarde van de huidige schade bedraagt 419 miljoen euro (de algemeen geaccepteerde schade in 2050).

De Jaarlijkse verwachtingswaarde is omgerekend naar een bedrag dat geïnvesteerd zou kunnen worden om deze schade te voorkomen. Dit bedrag wordt in economische termen 'contante waarde' genoemd. Hierin zijn overigens niet alleen de investeringen voor bijvoorbeeld nieuwe infrastructuur opgenomen, maar ook de bijbehorende kosten als jaarlijks beheer en onderhoud en eventuele schade die de maatregelen veroorzaken, bijvoorbeeld een mogelijke toename van de verdrassingsschade in natte jaren.

De contante waarde ('investeringsruimte') voor de landbouw als gevolg van de klimaatscenario's is bepaald door de schade die is berekend voor de toekomstige situatie na klimaatsverandering te verminderen met de gecorrigeerde huidige schade. Tabel 4 geeft een overzicht van de Jaarlijkse verwachtingswaarde ('schade') en contante waarde ('investeringsruimte') voor landbouw.

Tabel 4 Jaarlijkse verwachtingswaarde en contante waarde voor landbouw als gevolg van de klimaatscenario's (miljoen €)

	G	G+	W	W+
Jaarlijkse verwachtingswaarde	16	147	48	344
Contante waarde laag (30 jaar; 5,5%)	233	2186	709	5102
Contante waarde standaard (oneindig; 5,5%)	286	2676	868	6246
Contante waarde hoog (oneindig; 2,5%)	629	5888	1909	13472

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade voor landbouw varieert dus van 16 miljoen euro (scenario G) tot 344 miljoen euro (scenario W+). De contante waarde varieert van 0,2 tot 13,4 miljard euro.

Als wordt uitgegaan van het prijspeil van 2007 (wat economisch gezien een betere basis is om de huidige situatie met de toekomstige situatie te vergelijken), dan zal de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade voor alle scenario's met circa 20% stijgen.

Voor investeringen in de landbouw wordt standaard uitgegaan van een discontovoet van 5,5% en een oneindige termijn. In dat geval is de contante waarde maximaal 6,2 miljard euro (voor het W+ scenario).

Voor de huidige situatie bedraagt de (theoretische) contante waarde maximaal 5 miljard euro. Dit is de bovenkant van de bandbreedte voor de watertekortopgave voor de landbouw (Rijkswaterstaat RIZA, 2005a). De contante waarde als gevolg van de toegenomen droogte door klimaatverandering (dus een toename ten opzichte van de huidige situatie) bedraagt maximaal 6,2 miljard euro. De werkelijke investeringsruimte is naar verwachting aanzienlijk lager, deze zal moeten worden vastgesteld op basis van berekening van regionale maatregelen (maatwerk en gebiedsgericht).

6.3 Scheepvaart

Voor scheepvaart wordt geen rekening gehouden met gewijzigde prijspeilen in de toekomstige situatie. Daarom hoeft er voor scheepvaart geen correctie te komen op de schade in de huidige situatie.

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade voor de scheepvaart en de contante waarde als gevolg van de klimaatscenario's zijn bepaald door de schade die is berekend voor de toekomstige situatie te verminderen met de huidige schade. In tabel 6 is de contante waarde voor scheepvaart in miljoen euro weergegeven.

Tabel 5 Jaarlijkse verwachtingswaarde ('schade') en contante waarde ('investeringsruimte') voor scheepvaart als gevolg van de klimaatscenario's (miljoen €)

	G	G+	W	W+
Jaarlijkse verwachtingswaarde	0	85	0	190
Contante waarde laag (30 jaar; 5,5%)	0	1262	0	2822
Contante waarde standaard (oneindig; 5,5%)	0	1545	0	3455
Contante waarde hoog (oneindig; 2,5%)	0	3400	0	7600

De jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaart varieert dus van 0 miljoen euro (scenario G en W) tot 190 miljoen euro (scenario W+). De contante waarde varieert van 0 tot 7,6 miljard euro.

Voor investeringen in de scheepvaartinfrastructuur wordt standaard uitgegaan van een discontovoet van 5,5% en een oneindige termijn. In dat geval is de contante waarde maximaal 3,5 miljard euro.

In de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de scheepvaart is geen rekening gehouden met economische groei, en dus toename van de scheepvaart. Op basis van CPB-scenario's mag worden verwacht dat de scheepvaart tot 2050 zou kunnen verdubbelen. Ook de schade als gevolg van klimaatverandering zou daarmee grosso modo twee keer zo groot worden, en daarmee dus ook de contante waarde.

6.4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de analyse van de nieuwe KNMI'06-scenario's blijkt dat er een groot verschil is tussen enerzijds het G- en W-scenario, en anderzijds de plusscenario's. Voor G en W geldt dat de schade door klimaatverandering, en daarmee de investeringsruimte, zo klein is dat grootschalige infrastructurele maatregelen waarschijnlijk niet rendabel zijn. Hooguit zijn regionale optimalisaties mogelijk. Deze conclusie is vergelijkbaar met de conclusies uit de Droogtestudie Nederland.

Voor de plus-scenario's is het echter een ander verhaal. Hier loopt de schade, en daarmee de potentiële investeringsruimte, in de vele miljarden euro's.

Voor het G+ en W+ scenario wegen de kosten van grootschalige maatregelen daarom mogelijk wel op tegen de baten (investeringsruimte 4,2 – 9,7 miljard, bandbreedte 3,5 – 21 miljard). Daarbij geldt de kanttekening dat uit dit bedrag niet alleen de aanleg van mogelijke nieuwe infrastructuur moet worden gefinancierd. Er komen nog andere kosten bij, zoals de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud, en de eventuele meerkosten voor gebruikers. De aanleg van een nieuwe stuw levert bijvoorbeeld extra wachttijden op voor de scheepvaart, en daarmee lopen ook de kosten op. Nadere analyse van de kosten en baten van grootschalige maatregelen, alsmede voor operationele maatregelen, is nodig. Aanbevolen wordt om een aantal specifieke maatregelen te berekenen voor het G+ en W+ scenario.

Tabel 6 Totale Jaarlijkse verwachtingswaarde ('schade') en contante waarde ('investeringsruimte') als gevolg van de klimaatscenario's (miljoen €)

	G	G+	W	W+
Jaarlijkse verwachtingswaarde	16	232	48	534
Contante waarde laag (30 jaar; 5,5%)	233	3448	709	7924
Contante waarde standaard (oneindig; 5,5%)	286	4222	868	9701
Contante waarde hoog (oneindig; 2,5%)	629	9288	1909	21072

Het beeld uit deze studie komt goed overeen met de resultaten van de quickscan die is uitgevoerd naar de KNMI '06 klimaatscenario's (Royal Haskoning/RWS-RIZA, 2006). De effectiviteit van maatregelen zal de werkelijke investeringsruimte bepalen. In de tabellen staat de theoretische investeringsruimte.

Aanbevolen wordt nader onderzoek uit te voeren naar de mogelijke maatregelen tegen droogte en de kosten daarvan.

7 REFERENTIES

Beersma, J.J., Buishand, T.A., Buiteveld, H. (2004), Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. KNMI-publicatie; 199-II.

DHV (2005), Beschrijving en verificatie van de berekeningen met MOZART voor de landelijke droogtestudie. Achtergrondrapportage berekeningen MOZART voor de Droogtestudie Nederland.

DHV (2005), Berekeningen watertekortopgave en maatregelen watertekorten. Achtergrondrapportage berekeningen MOZART voor de Droogtestudie Nederland.

KNMI (2006), KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, KNMI Scientific Report WR 2006-01.

KNMI/RWS-RIZA (2007), in voorbereiding. Maatwerkproject KNMI-klimaatscenario's 2006.

MNP (2007), Landgebruik Trendvariant 2040.

NITG-TNO, G. Oude Essink (2005). Berekening van de toekomstige verzilting in Midden West Nederland ten behoeve van de Droogtestudie Nederland.

Prinsen, G.F., G.A. Verschuur (2002), Agricom gebruikershandleiding. WL|Delft Hydraulics. WL rapport 1605.

Rijkswaterstaat RIZA (1994a), Gebruikershandleiding Agricom 1995.

Rijkswaterstaat RIZA (1994b), Gebruikershandleiding MOZART.

Rijkswaterstaat RIZA (2001), Handleiding PAWN Scheepvaartmodel 1999.

Rijkswaterstaat RIZA (2003a), Technisch Spoor: Eindrapport fase 1, verkenning. 110605/Br3/34/000006/001.

Rijkswaterstaat RIZA (2003b), Droogtestudie Nederland. Achtergrondrapportages bij eindrapport fase 1.

Rijkswaterstaat RIZA (2003c), Droogtestudie Nederland. Rondetafelbijeenkomst Landbouw.

Rijkswaterstaat RIZA (2004a), Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van de droogte in Nederland. Resultaten fase 2a Informatiespoor Droogtestudie Nederland. RIZA-nr 2004.31 ISBN 9036956897.

Rijkswaterstaat RIZA (2004b), Droogtestudie Nederland. Samenvattend rapport fase 2a. Inhoudelijke analyse. Resultaten Droogtestudie Nederland. RIZA-nr 2004.30 ISBN 9036953889.

Rijkswaterstaat RIZA (2005a), Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland. Eindrapport. RIZA-nr 2005.016 ISBN 9036957230.

Rijkswaterstaat RIZA (2005b), MONA: koppelingsconcept MOZART-NAGROM.

Rijkswaterstaat RIZA (2007), Klimaatverandering en de afvoer van Rijn en Maas, RIZA memo WRR/2007-006.

Rijkswaterstaat RIZA (2007), Verzilting op de middellange termijn in de Rijn-Maasmonding - Analyse op basis van de nieuwe inzichten". Marcel Bruggers en Vincent Beijl. In voorbereiding.

Royal Haskoning (2006), Toekomstige droogte in Nederland – verkenning van de nieuwe KNMI klimaatscenario's 2006, interne technische rapportage RIZA.

TNO, Gridbestanden verzilting middenwest Nederland, G.H.P. Oude Essink.

Bijlage 1

Uitgangspunten modelberekeningen

Uitgangspunten modelberekeningen

Tabel 7 Berekende modelruns

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	3g	3h	3w	3x
Matig droog jaar (1996)	5g	5h	5w	5x
Droog jaar (1949)	1g	1h	1w	1x
Zeer droog jaar (1959)	2g	2h	2w	2x
Extreem droog jaar (1976)	4g	4h	4w	4x

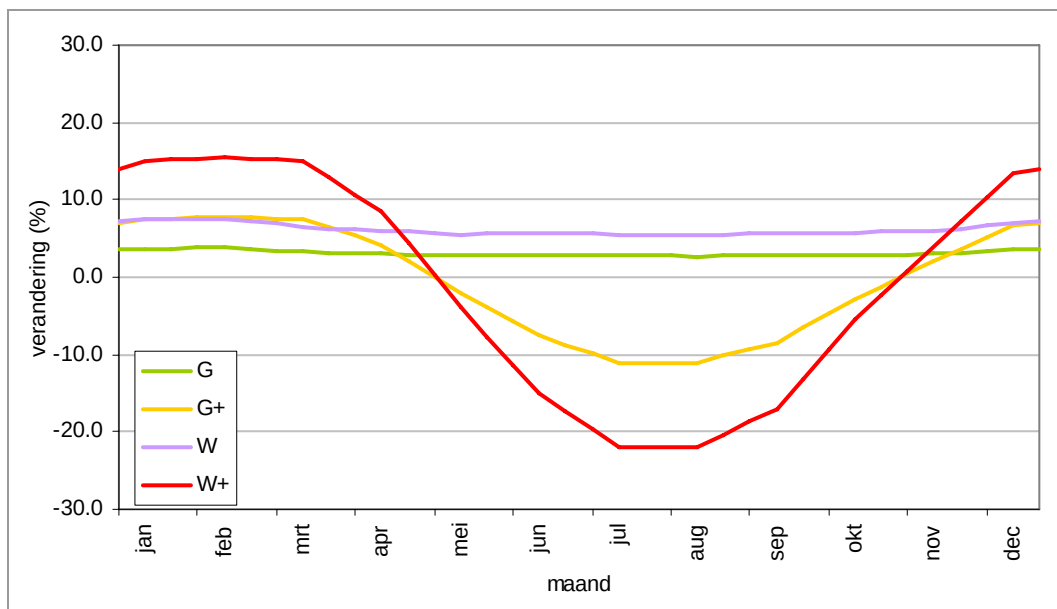
Tabel 8 Uitgangspunten klimaatscenario's 2050

	G	G+	W	W+
Neerslag	volgens G scenario	volgens G+ scenario	volgens W scenario	volgens W+ scenario
Verdamping	volgens G scenario	volgens G+ scenario	volgens W scenario	volgens W+ scenario
Zeespiegel	+0,25 m	+0,25 m	+0,35 m	+0,35 m
Rivieraanvoeren	volgens G scenario	volgens G+ scenario	volgens W scenario	volgens W+ scenario
Landgebruik	2050	2050	2050	2050
Maaiveld	2050	2050	2050	2050
Zoutconcentratie	2050	2050	2050	2050

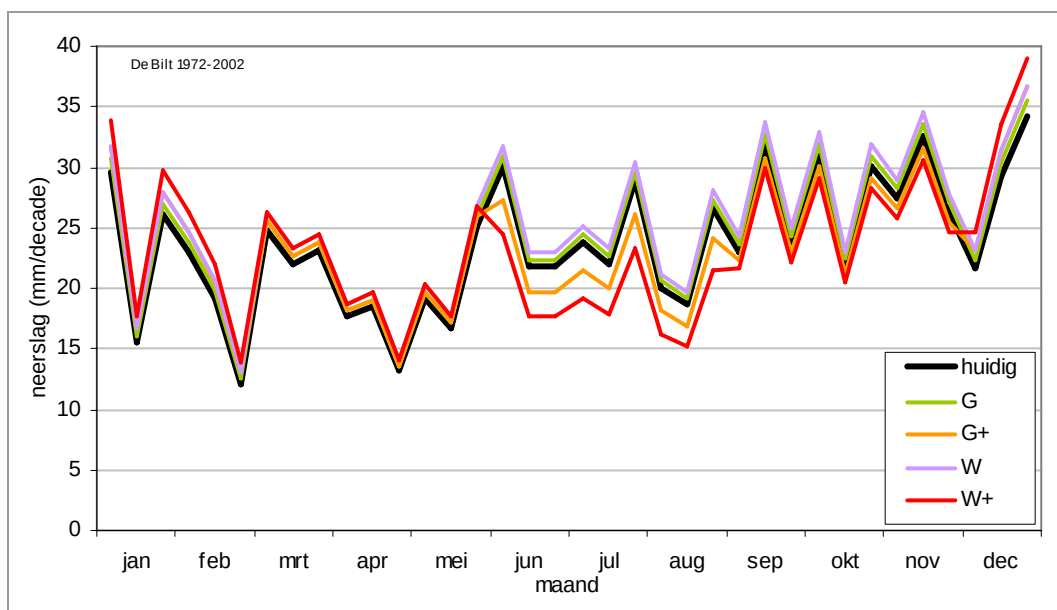
Bijlage 2

Verandering van neerslag en verdamping

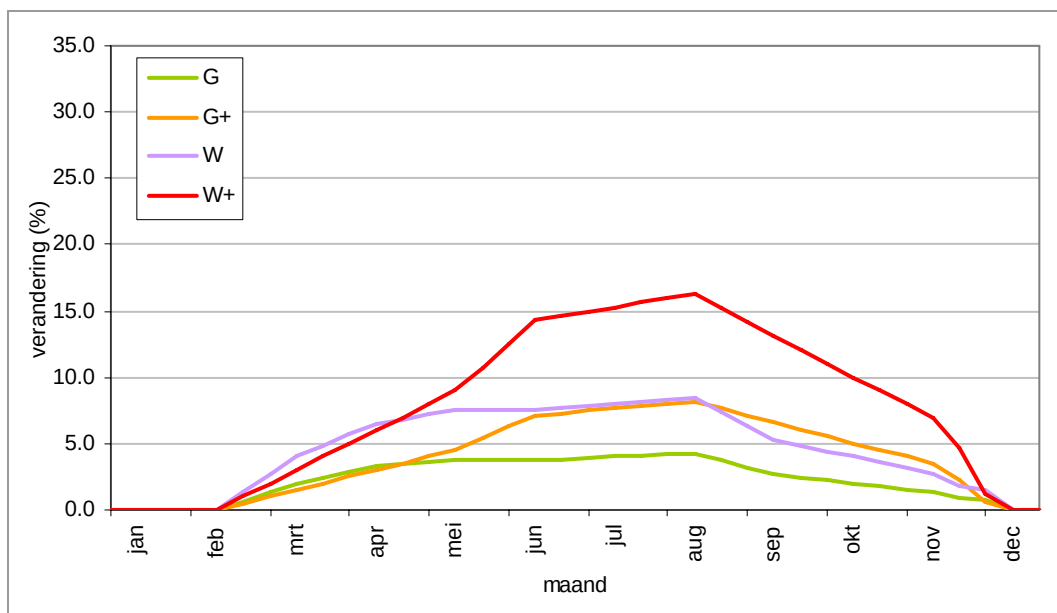
Verandering van neerslag en verdamping



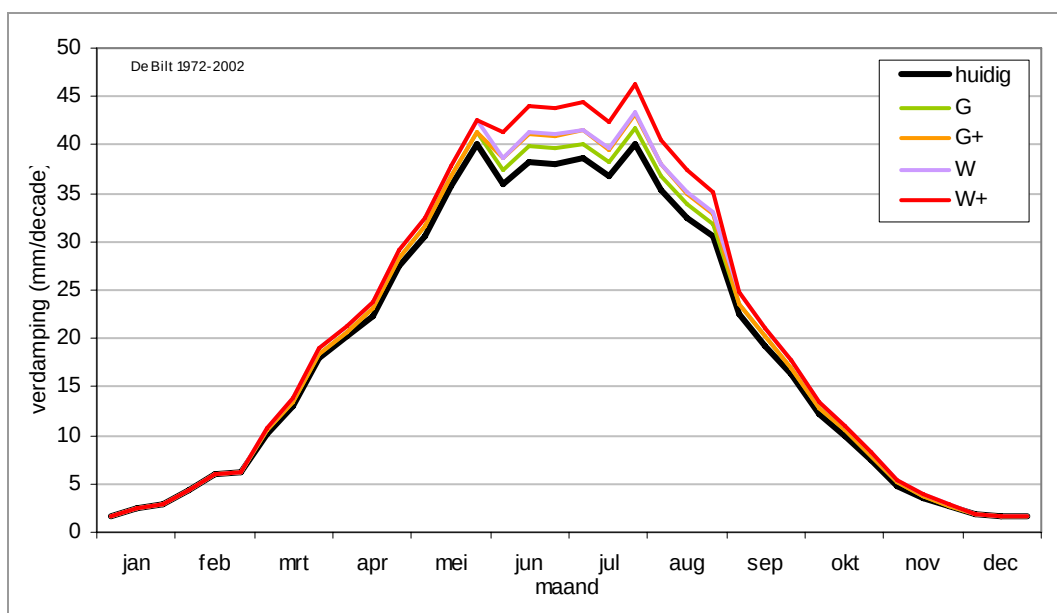
Figuur 21 Verandering in de neerslag per decade voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (%)



Figuur 22 Langjarig gemiddelde neerslag per decade voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (mm/decade)



Figuur 23 Verandering in de verdamping per decade voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (%)



Figuur 24 Langjarig gemiddelde verdamping per decade voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (mm/decade)

Bijlage 3 Landgebruik

Landgebruik

Tabel 9 Landgebruik in de huidige situatie en in 2050

Landgebruik	Huidig	Trendvariant 2050
gras	42%	38%
mais	8%	7%
aardappelen	5%	5%
bieten	3%	3%
granen	6%	5%
overig landbouw	5%	5%
boomkwekerijen	1%	1%
glastuinbouw	0%	1%
boomgaard	1%	1%
bollen	1%	1%
loofbos	5%	4%
naaldbos	5%	5%
open begroeide natuur	1%	1%
kale grond in natuur	4%	3%
water	2%	2%
bebouwing	11%	17%

Bijlage 4

Grondwaterstanden

Grondwaterstanden

Tabel 10 De gemiddelde GHG in de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	1.43	1.47	1.40	1.47
Matig droog jaar (1996)	1.93	2.03	1.91	2.08
Droog jaar (1949)	2.11	2.20	2.08	2.23
Zeer droog jaar (1959)	1.96	1.98	1.93	1.96
Extreem droog jaar (1976)	2.08	2.11	2.05	2.11

Tabel 11 De gemiddelde GVG in de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	1.60	1.62	1.57	1.61
Matig droog jaar (1996)	2.16	2.22	2.13	2.26
Droog jaar (1949)	2.25	2.34	2.23	2.37
Zeer droog jaar (1959)	2.18	2.18	2.16	2.16
Extreem droog jaar (1976)	2.27	2.29	2.25	2.27

Tabel 12 De gemiddelde GLG in de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	2.30	2.39	2.29	2.46
Matig droog jaar (1996)	2.70	2.79	2.68	2.86
Droog jaar (1949)	2.84	2.94	2.83	2.98
Zeer droog jaar (1959)	3.00	3.03	2.99	3.04
Extreem droog jaar (1976)	3.04	3.08	3.03	3.10

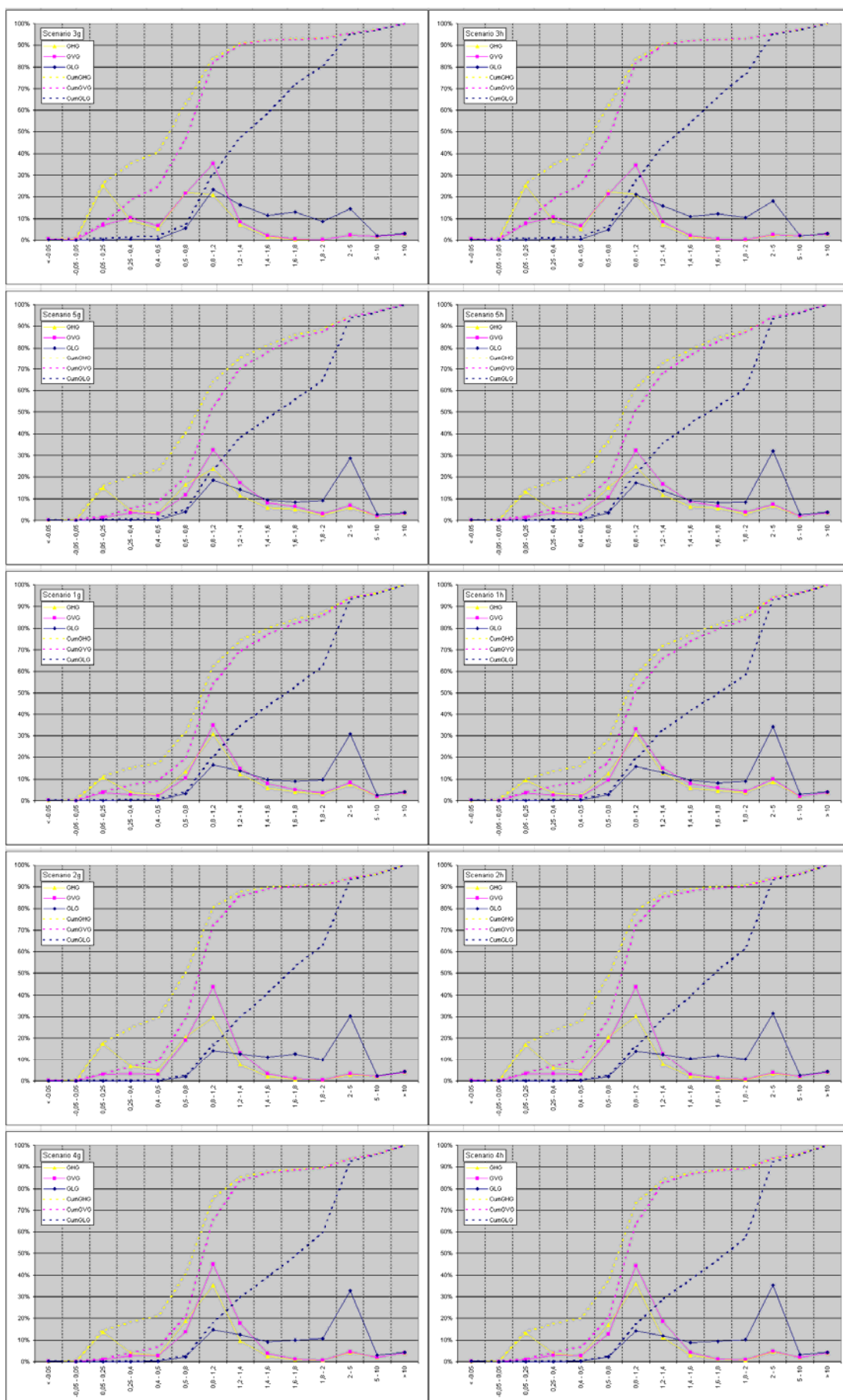
In de figuur op de volgende twee pagina's is een matrix van grafieken gepresenteerd met vijf rijen en vier kolommen. Elke rij heeft betrekking op een droog jaar met op de eerste rij 1967 als gemiddeld droog jaar en op de laatste rij 1976 als extreem droog jaar. Elke kolom heeft betrekking op een klimaatscenario (G, G+, W en W+). In de eerste kolom scenario G en in de laatste kolom scenario W+.

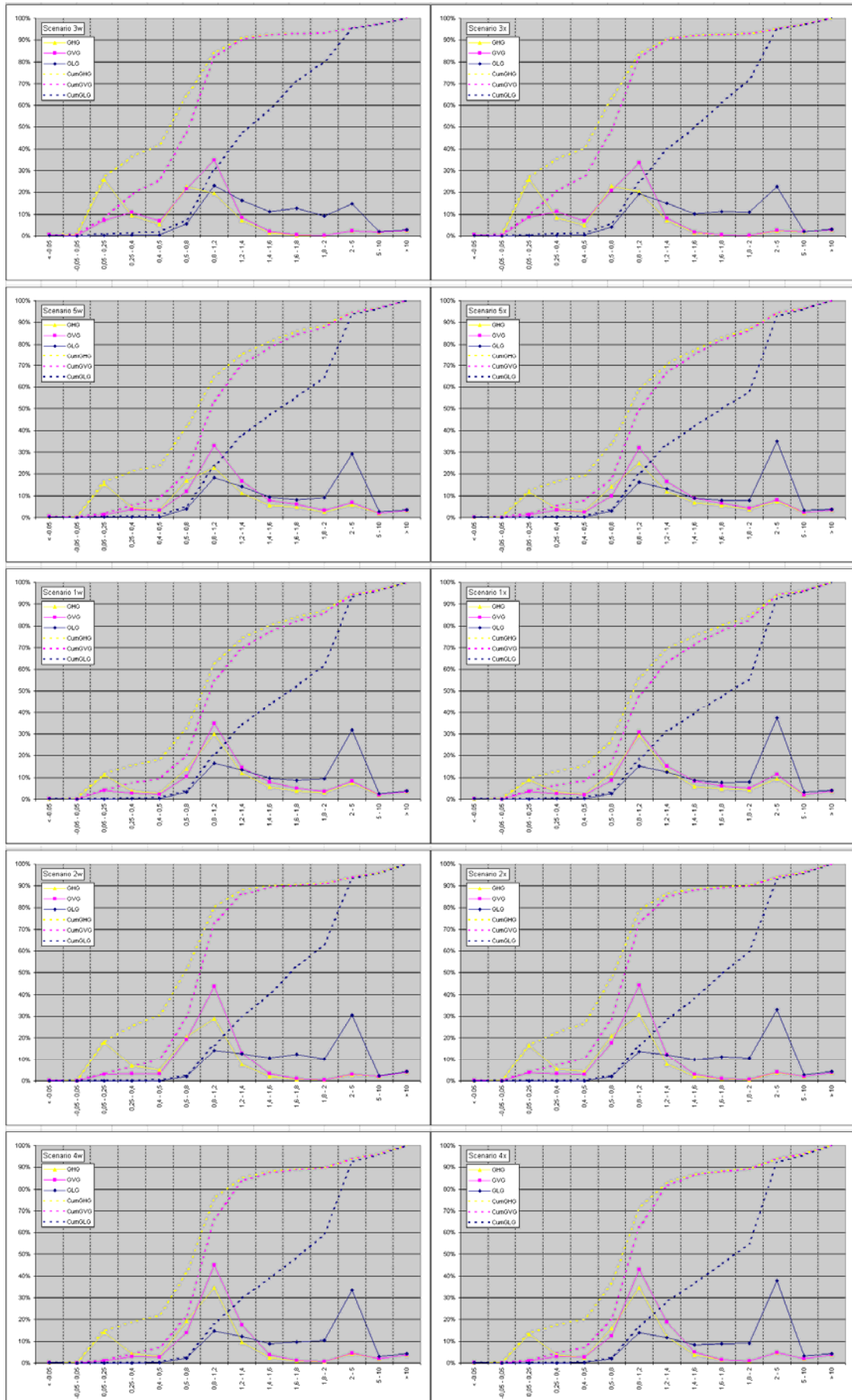
In de grafiek is aangegeven op de horizontale as de klassenindeling van de grondwaterstanden. Op de verticale as is de procentuele schaal. De doorgetrokken lijn het procentuele aandeel per klasse. De gestippelde lijn heeft betrekking op de cumulatieve procentuele verdeling.

Uit de figuur valt het volgende af te leiden. In klimaatscenario G en W+ wordt voor de GHG een geringe toename naar een drogere grondwaterstand verwacht. Het areaal met een GHG ondieper dan 40 cm neemt af van 35% in het gemiddelde droge jaar (1967) naar 17% in het extreme droge jaar (1976).

In klimaatscenario G wordt voor de GLG is een afname verwacht van drogere grondwatertrappen. Het areaal met een GLG ondieper dan 120 cm is in het gemiddeld droge jaar circa 30% en in het extreem droge jaar circa 17%. In klimaatscenario W+ zijn de waarden respectievelijk 25% en 17%.

Hieronder: Detailgrafieken grondwaterstanden





Bijlage 5

Kwel en wegzijging

Kwel en wegzijging

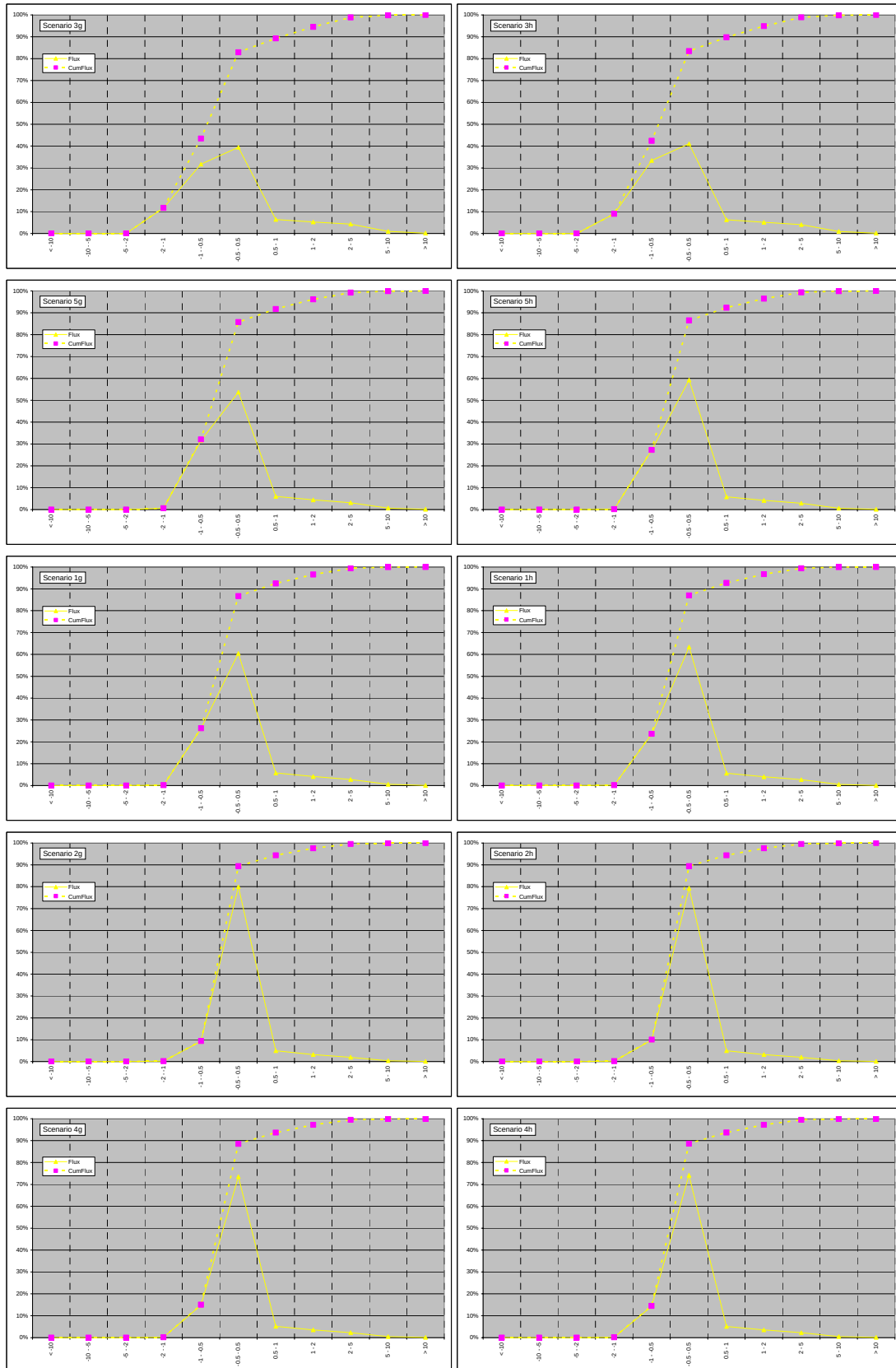
Tabel 13 Gemiddelde kwel (positief) of wegzijging (negatief) in de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

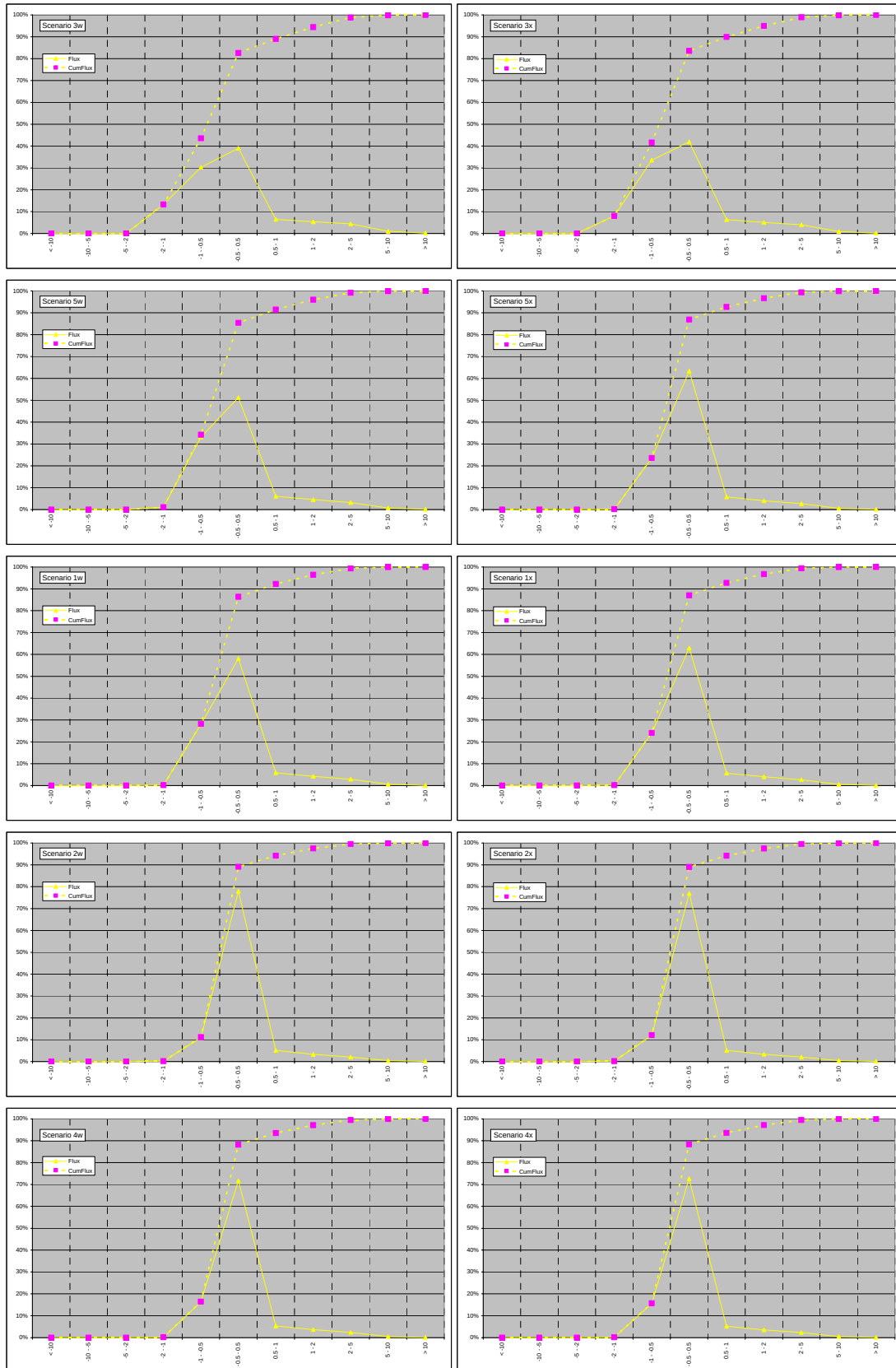
	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
Matig droog jaar (1996)	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
Droog jaar (1949)	-0.01	0.00	-0.01	0.00
Zeer droog jaar (1959)	0.02	0.02	0.02	0.02
Extreem droog jaar (1976)	0.01	0.01	0.01	0.01

In de figuur op de volgende twee pagina's is een matrix van grafieken gepresenteerd met vijf rijen en vier kolomen. Elke rij heeft betrekking op een droogtejaar met op de eerste rij 1967 als gemiddeld droog jaar en op de laatste rij 1976 als extreem droog jaar. Elke kolom heeft betrekking op een klimaatscenario (G, G+, W en W+). In de eerste kolom scenario G en in de laatste kolom scenario W+.

In de grafiek is aangegeven op de horizontale as de klassenindeling van de kwel (negatief) en infiltratie (positief). Op de verticale as is de procentuele schaal. De doorgetrokken lijn het procentuele aandeel per klasse. De gestippelde lijn heeft betrekking op de cumulatieve procentuele verdeling.

Uit de figuur kan worden afgeleid dat het areaal met intermediaire klasse (-0,5 tot 0,5 mm/d) in klimaatscenario G in het gemiddelde droogjaar circa 40% bedraagt en toeneemt in het extreme droogjaar tot circa 73%. In dezelfde orde van grootte ligt deze verdeling in scenario W+ voor de genoemde jaren.



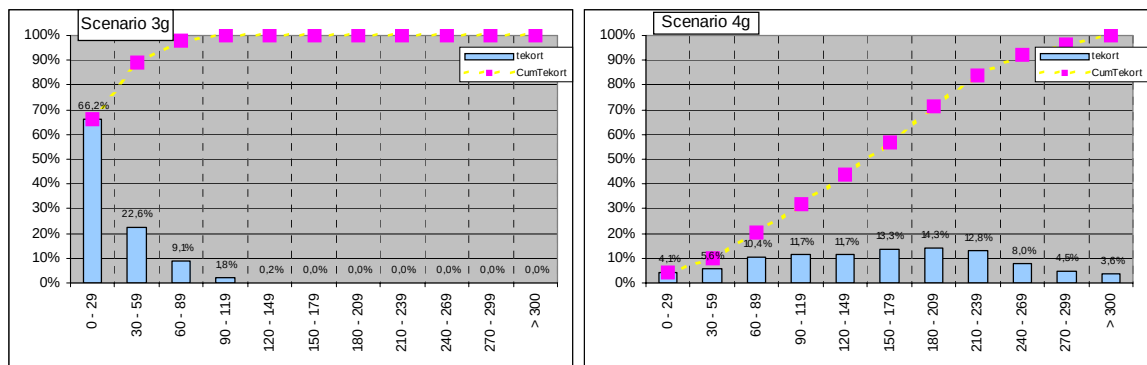


Bijlage 6

Bodemvochttekorten

Bodemvochtttekorten

In figuur 25 is weergegeven het bodemvochtttekort voor het gemiddeld droogjaar (links) en het extreem droogjaar (rechts). Op de horizontale as staan 11 klassen. Op de verticale as is het percentage aangegeven. Het aandeel per klasse is als staafdiagram gepresenteerd. Het cumulatieve tekort aan bodemvocht is weergegeven met de lijn.



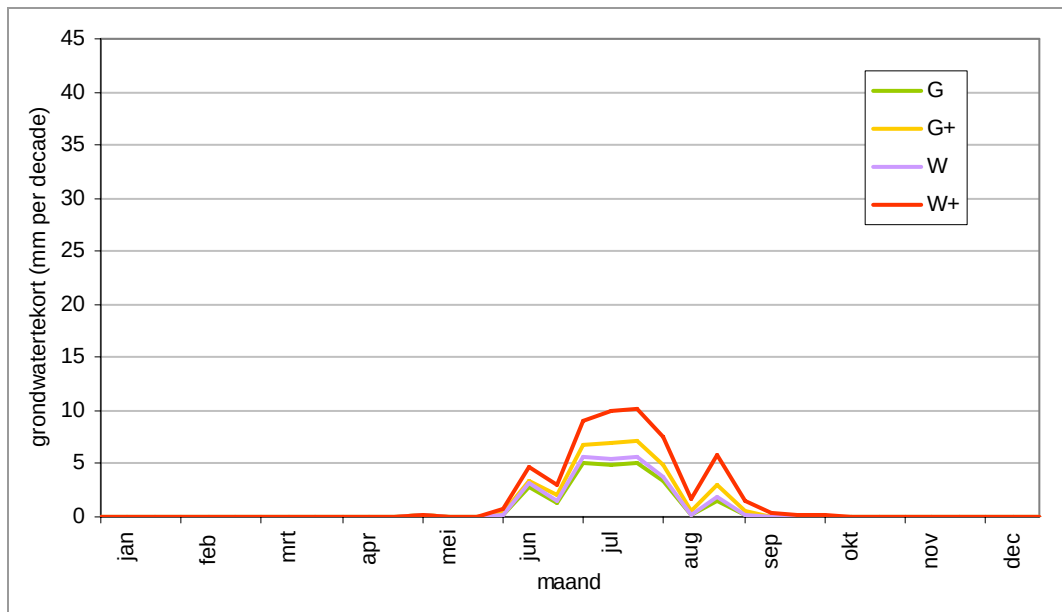
Figuur 25 Bodemvochtttekort voor klimaatscenario 3G (gemiddeld droogjaar) en 4G (extreem droogjaar).

Tabel 14 toont het landelijk gemiddelde bodemvochtttekort in Nederland voor de verschillende droogtejaren en klimaatscenario's.

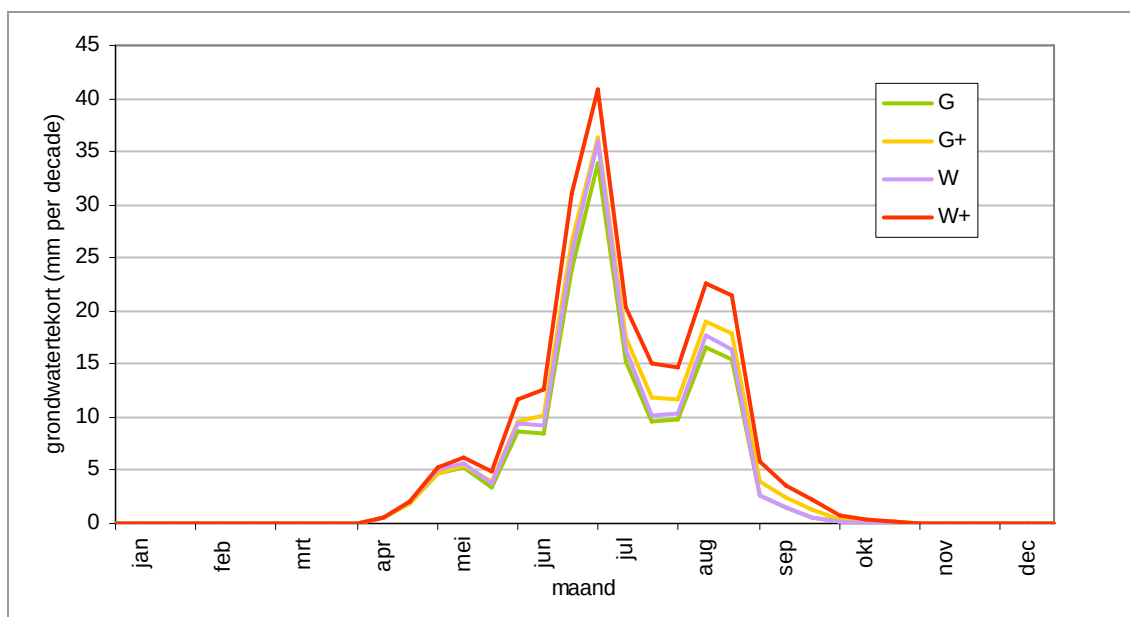
Tabel 14 Bodemvochtttekorten in de KNMI '06 klimaatscenario's 2050 (in mm)

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	24	36	28	55
Matig droog jaar (1996)	68	82	74	105
Droog jaar (1949)	85	108	92	137
Zeer droog jaar (1959)	142	163	152	198
Extreem droog jaar (1976)	162	185	173	222

Naast een landelijk gemiddelde voor het gehele jaar is het verloop van het bodemvochtttekort gedurende het jaar bepaald. Figuur 26 en 27 laten het verloop van het bodemvochtttekort gedurende een gemiddeld droog en een extreem droog jaar zien.



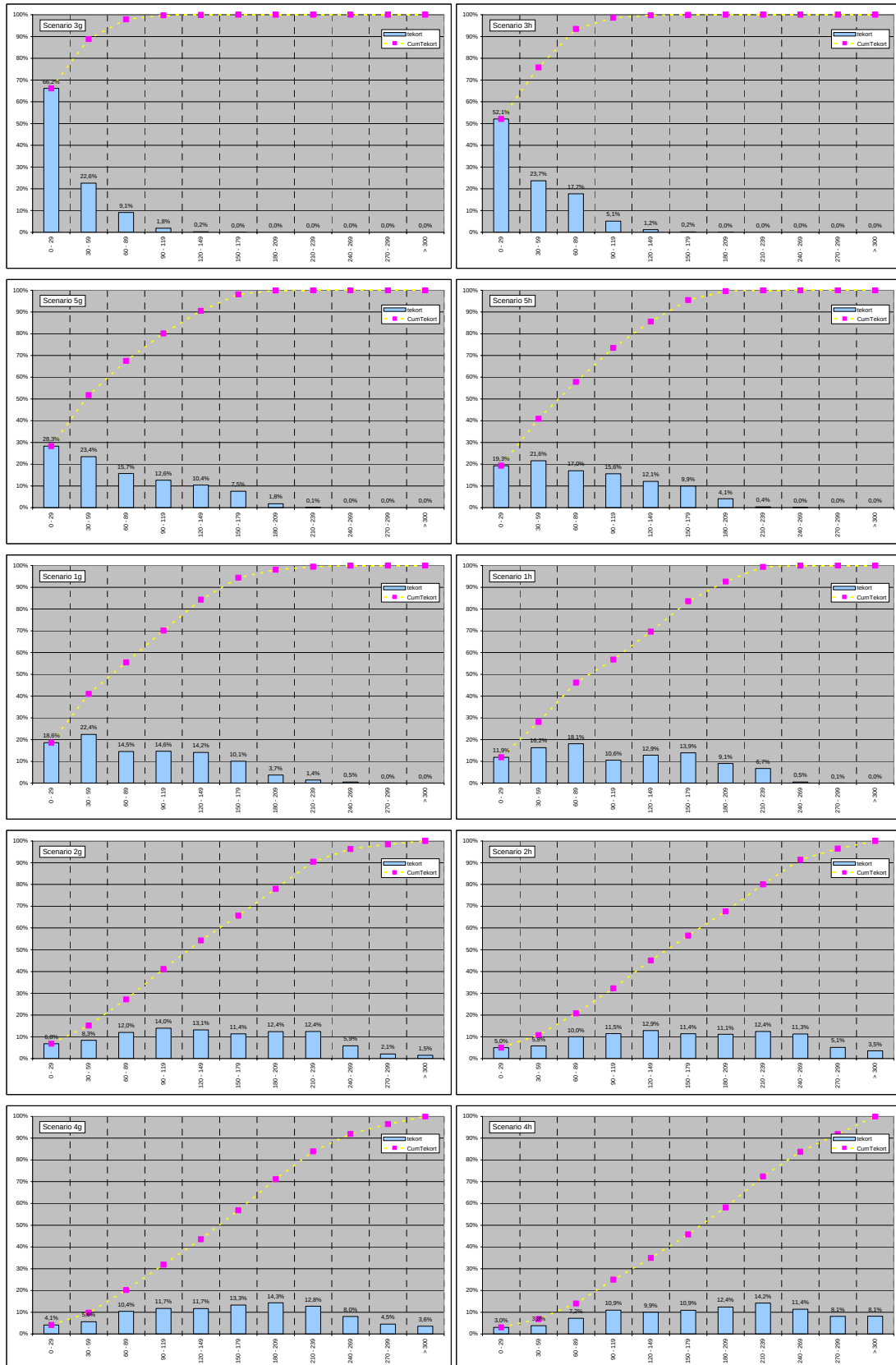
Figuur 26 Bodemvochtttekort gedurende een gemiddeld droog jaar voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

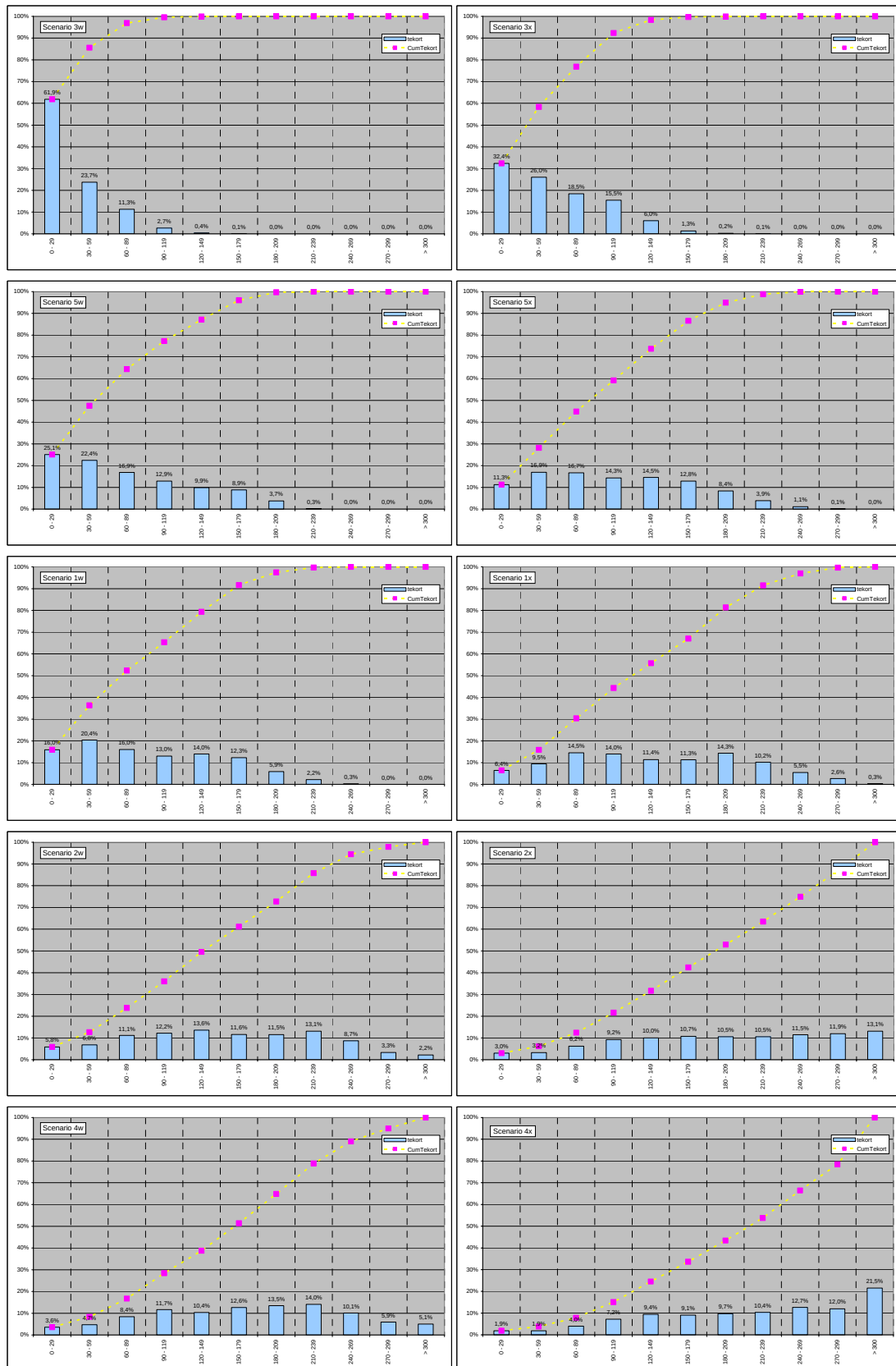


Figuur 27 Bodemvochtttekort gedurende een extreem droog jaar voor de KNMI '06 klimaatscenario's 2050

In een gemiddeld droog jaar beperkt het bodemvochtttekort zich tot de maanden juni, juli en augustus, terwijl in een extreem droog jaar er een bodemvochtttekort is van april tot en met september. In het extreem droge jaar is het bodemvochtttekort een factor 4 tot 6 hoger dan in het gemiddeld droge jaar.

In de figuur op de volgende twee pagina's is een matrix van grafieken gepresenteerd met vijf rijen en vier kolomen. Elke rij heeft betrekking op een droog jaar met op de eerste rij 1967 als gemiddeld droogjaar en op de laatste rij 1976 als extreem droogjaar. Elke kolom heeft betrekking op een klimaatscenario (G, G+, W en W+). In de eerste kolom scenario G en in de laatste kolom scenario W+.





Bijlage 7

Zoutconcentratie in het oppervlaktewater

Zoutconcentratie in het oppervlaktewater

Tabel 15 Gemiddelde zoutconcentratie in het oppervlaktewater

	G	G+	W	W+
Gemiddeld droog jaar (1967)	223	237	225	253
Droog jaar (1996)	265	294	270	327
1949	282	297	287	327
1959	330	333	318	381
Extreem droog jaar (1976)	425	461	449	549

Bijlage 8

Oppervlaktewatertekorten

Oppervlaktewatertekorten

Tabel 16 Oppervlaktewatertekorten in 2050 volgens het G scenario (in mm)

	1967	1996	1949	1959	1976
Regionaal systeem	0.08	0.24	0.57	0.40	0.76
Peilbeheer boezem	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hoofdsysteem	0.04	0.12	0.29	0.20	0.38
Totaal	0.12	0.37	0.86	0.60	1.14

Tabel 17 Oppervlaktewatertekorten in 2050 volgens het G+ scenario (in mm)

	1967	1996	1949	1959	1976
Regionaal systeem	0.24	0.30	2.75	1.87	4.64
Peilbeheer boezem	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
Hoofdsysteem	0.12	0.15	1.38	0.94	2.32
Totaal	0.36	0.45	4.13	2.81	7.29

Tabel 18 Oppervlaktewatertekorten in 2050 volgens het W scenario (in mm)

	1967	1996	1949	1959	1976
Regionaal systeem	0.10	0.38	0.62	0.41	0.77
Peilbeheer boezem	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hoofdsysteem	0.05	0.19	0.31	0.20	0.39
Totaal	0.16	0.57	0.93	0.61	1.16

Tabel 19 Oppervlaktewatertekorten in 2050 volgens het W+ scenario (in mm)

	1967	1996	1949	1959	1976
Regionaal systeem	0.35	0.65	7.80	5.39	9.98
Peilbeheer boezem	0.00	0.00	0.74	0.41	0.91
Hoofdsysteem	0.18	0.33	3.90	2.70	5.00
Totaal	0.53	0.98	12.45	8.50	15.89

Bijlage 9

Herhalingstijden neerslagtekort

Herhalingstijden neerslagtekort

Tabel 20 Gemiddelde herhalingstijd (jaar) voor de overschrijding van het neerslagtekort per regio

	1967	1996	1949	1959	1976
Noordwest	2.4	4.7	10.2	75.5	84.5
Noordoost	1.9	7.8	9.1	77.8	60.5
Middenoost	2.5	4.4	5.9	121.7	44.7
Middenwest	3.5	5.7	18.6	55.5	89.9
Zuidoost	2.4	6.2	11.7	89.7	94.3
Zuidwest	2.0	5.5	8.0	57.4	188.0
Landelijk	2.5	6.7	11.7	70.9	89.4

Bijlage 10

Berekening jaarlijkse verwachtingswaarde

Berekening jaarlijkse verwachtingswaarde

$$JVV = f("1976") \cdot S("1976") + (f("1959") - f("1976")) \cdot \frac{S("1976") + S("1959")}{2} +$$

$$(f("1949") - f("1959")) \cdot \frac{S("1959") + S("1949")}{2} + (f("1969") - f("1949")) \cdot \frac{S("1949") + S("1969")}{2} +$$

$$(1 - f("1969")) \cdot S("1969")$$

waarin:

JVV = Jaarlijkse verwachtingswaarde (ϵ /jaar)

$f("19xx")$ = overschrijdingsfrequentie van het karakteristieke droogtejaar 19xx (1/jaar)

$S("19xx")$ = schade voor het karakteristieke droogtejaar 19xx (ϵ)

Bron: Rijkswaterstaat RIZA Droogtestudie Nederland Technisch Spoor, Eindrapport fase 1

Bijlage 11

Fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte

Fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte

Tabel 21 Regiogemiddelde fysieke opbrengstderving (%) als gevolg van droogte in 2050 volgens het G scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	7	11	14	23	28	9
Noordoost	5	20	19	29	35	10
Middenwest	7	23	21	27	36	11
Middenoost	3	21	22	29	35	10
Zuidwest	5	18	18	25	39	10
Zuidoost	4	20	19	26	38	9
Landelijk	6	21	20	28	37	10

Tabel 22 Regiogemiddelde fysieke opbrengstderving (%) als gevolg van droogte in 2050 volgens het G+ scenario

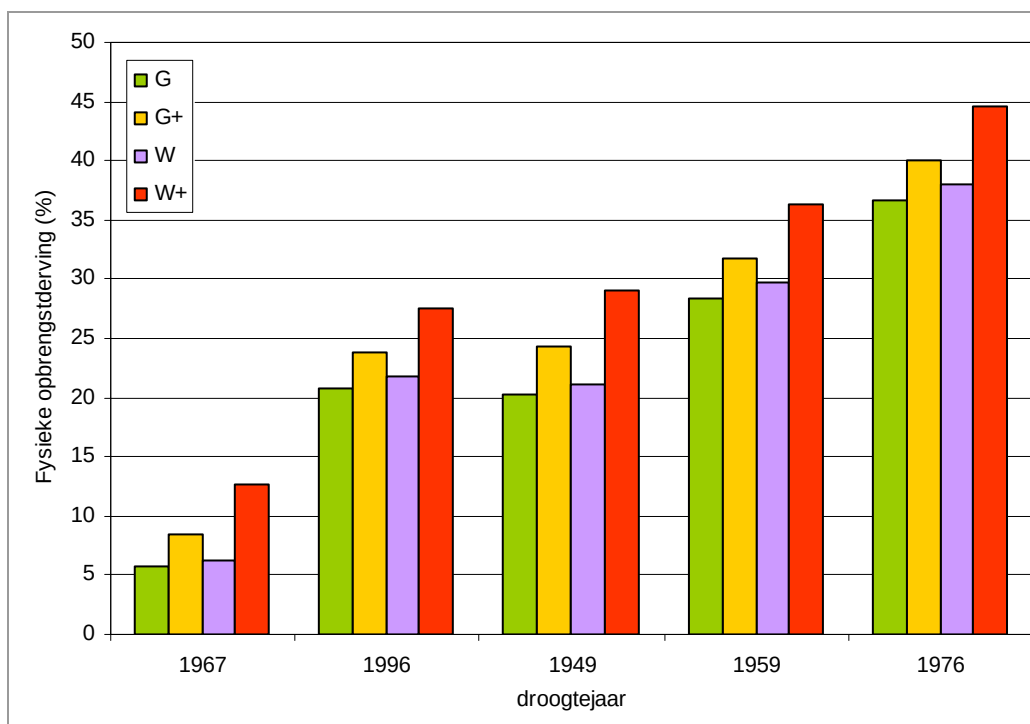
	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	9	13	17	26	31	11
Noordoost	8	23	24	32	38	14
Middenwest	9	24	24	30	39	13
Middenoost	6	26	27	33	39	13
Zuidwest	8	21	20	29	42	13
Zuidoost	6	24	23	29	41	11
Landelijk	9	24	24	32	40	13

Tabel 23 Regiogemiddelde fysieke opbrengstderving (%) als gevolg van droogte in 2050 volgens het W scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	7	12	15	24	30	10
Noordoost	6	21	20	30	36	11
Middenwest	7	24	22	29	37	11
Middenoost	4	22	23	30	36	11
Zuidwest	6	19	19	27	40	11
Zuidoost	4	21	20	27	39	9
Landelijk	6	22	21	30	38	11

Tabel 24 Regiogemiddelde fysieke opbrengstderving (%) als gevolg van droogte in 2050 volgens het W+ scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	13	16	22	30	36	15
Noordoost	13	28	28	37	42	19
Middenwest	13	28	28	35	43	17
Middenoost	10	27	32	38	45	17
Zuidwest	12	26	24	34	46	17
Zuidoost	10	28	28	33	44	16
Landelijk	13	28	29	36	45	17



Figuur 28 Fysieke opbrengstderving voor de vier scenario's

Bijlage 12

Financiële opbrengstderving als gevolg van droogte

Financiële opbrengstderving als gevolg van droogte

Tabel 25 Gewasproductiewaarden in 2050 hoge en lage variant

Gewas	Laag prijspeil 2050 (€/ha)	Hoog prijspeil 2050 (€/ha)
Gras	675	1350
Snijmais	750	1500
Aardappelen	2915	5300
Suikerbieten	1650	3300
Granen	605	1100
Fruit	11880	13200
Boomteelt	44820	49800
Bloembollen	26010	28900
Overig	2550	5100

Tabel 26 Gesommeerde opbrengstderving (M€) voor landbouw per regio als gevolg van droogte in 2050 volgens het G scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	42	58	84	135	164	54
Noordoost	54	168	170	258	304	97
Middenwest	40	107	110	153	194	58
Middenoost	30	130	150	198	229	70
Zuidwest	27	81	85	123	185	49
Zuidoost	61	253	269	399	540	126
Landelijk	253	796	868	1266	1616	435

Tabel 27 Gesommeerde opbrengstderving (M€) voor landbouw per regio als gevolg van droogte in 2050 volgens het G+ scenario

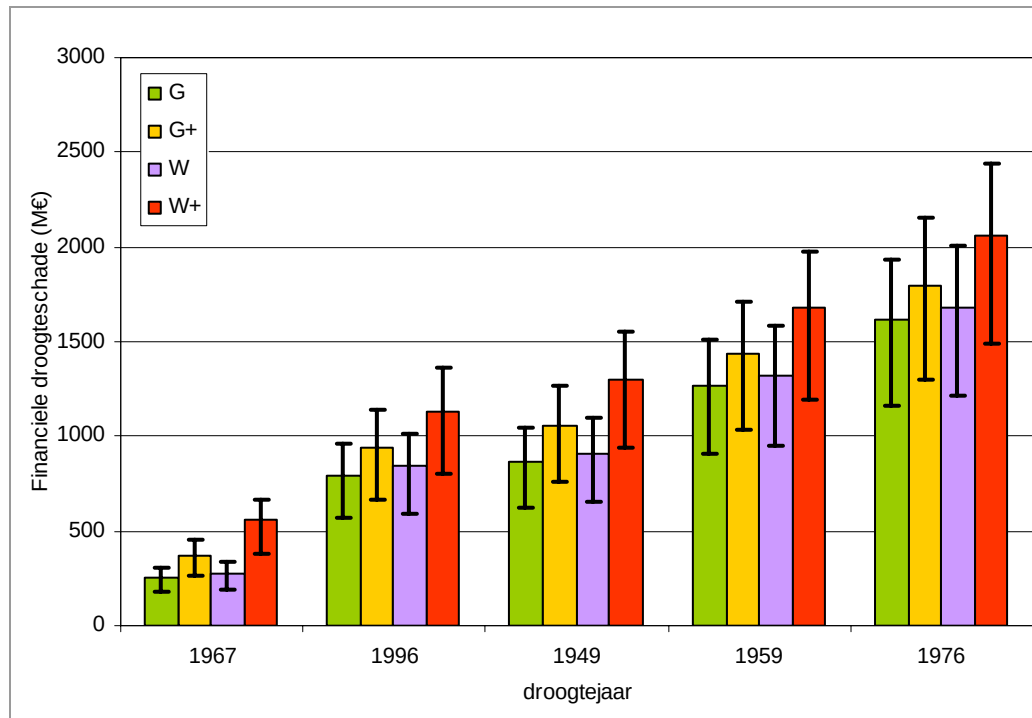
	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	54	73	102	157	184	68
Noordoost	83	194	217	289	335	127
Middenwest	53	120	128	174	217	72
Middenoost	49	160	179	226	260	92
Zuidwest	42	94	98	141	203	64
Zuidoost	93	299	335	447	600	164
Landelijk	373	940	1058	1434	1800	566

Tabel 28 Gesommeerde opbrengstderving (M€) voor landbouw per regio als gevolg van droogte in 2050 volgens het W scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	45	62	90	143	171	58
Noordoost	59	177	179	268	316	104
Middenwest	43	114	116	160	202	62
Middenoost	33	138	156	207	237	75
Zuidwest	31	85	89	129	193	53
Zuidoost	69	266	277	417	559	135
Landelijk	279	841	908	1324	1677	467

Tabel 29 Gesommeerde opbrengstderving (M€) voor landbouw per regio als gevolg van droogte in 2050 volgens het W+ scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	74	95	134	187	224	90
Noordoost	128	239	251	333	381	172
Middenwest	75	140	159	206	251	95
Middenoost	75	176	214	262	297	119
Zuidwest	64	117	120	167	226	87
Zuidoost	146	363	427	524	679	223
Landelijk	563	1130	1304	1678	2058	762



Figuur 29 Financiële opbrengstderving voor de vier scenario's

Bijlage 13

Financiële opbrengstderving als gevolg van zout

Financiële opbrengstderving als gevolg van zout

Tabel 30 Gesommeerde opbrengstderving voor landbouw per regio als gevolg van zout in 2050 volgens het G scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	3	7	8	10	14	5
Noordoost	0	0	1	2	2	0
Middenwest	1	1	1	1	3	1
Middenoost	0	0	0	0	0	0
Zuidwest	3	12	11	11	17	6
Zuidoost	0	0	0	0	1	0
Landelijk	7	20	22	24	36	12

Tabel 31 Gesommeerde opbrengstderving voor landbouw per regio als gevolg van zout in 2050 volgens het G+ scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	4	8	10	10	13	6
Noordoost	0	1	2	2	2	0
Middenwest	1	2	1	2	3	1
Middenoost	0	0	0	0	0	0
Zuidwest	5	15	14	13	19	8
Zuidoost	0	0	0	0	1	0
Landelijk	10	26	27	27	39	14

Tabel 32 Gesommeerde opbrengstderving voor landbouw per regio als gevolg van zout in 2050 volgens het W scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	4	7	8	8	14	5
Noordoost	0	1	1	1	2	0
Middenwest	1	1	1	1	3	1
Middenoost	0	0	0	0	0	0
Zuidwest	3	13	11	11	17	6
Zuidoost	0	0	0	0	1	0
Landelijk	8	22	22	22	37	12

Tabel 33 Gesommeerde opbrengstderving voor landbouw per regio als gevolg van zout in 2050 volgens het W+ scenario

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Noordwest	5	9	12	14	17	7
Noordoost	0	2	3	3	2	1
Middenwest	1	2	1	3	3	2
Middenoost	0	0	0	0	0	0
Zuidwest	6	18	17	15	20	10
Zuidoost	0	1	1	1	1	0
Landelijk	14	30	33	35	45	19

Bijlage 14

Schematisatie scheepvaartmodel

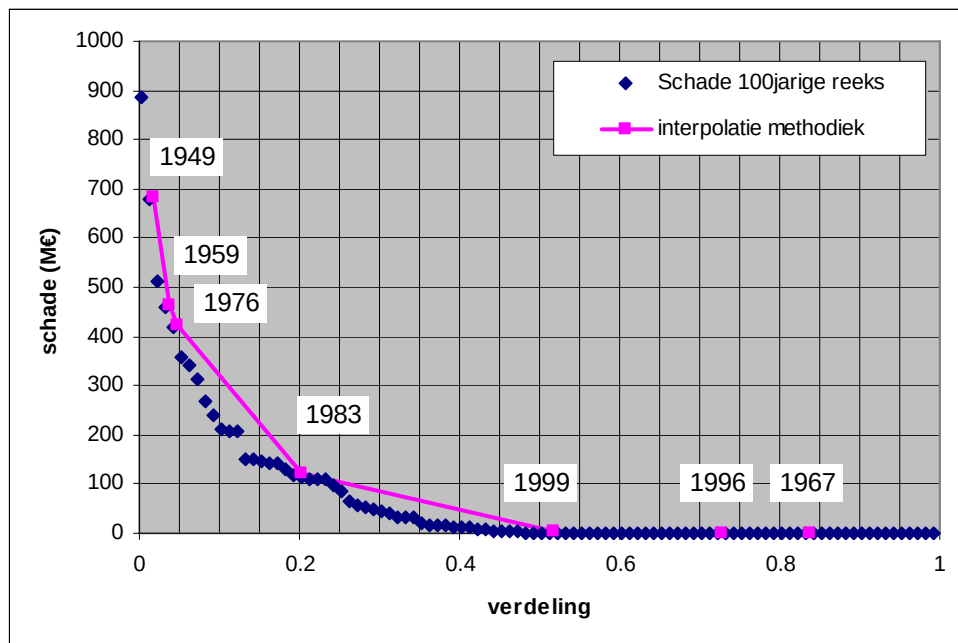
Bijlage 15

Berekeningsmethodiek scheepvaartschades

Berekeningsmethodiek scheepvaartschades

De schades van zowel de 7 specifieke jaren als die van de 100-jarige reeks zijn weergegeven in figuur 31. Uit het figuur blijkt dat de lijn van de interpolatie methodiek steeds boven de 100-jarige schadereeks blijft.

De jaarlijkse verwachtingswaarde op basis van de 100-jarige reeks bedraagt 72 miljoen euro. Op basis van de interpolatie methode bedraagt de jaarlijkse verwachtingswaarde 90 miljoen euro. Dit betekent een overschatting van circa 25 procent.



Figuur 31 Grafische weergave bepaling schade op basis van 100-jarige reeks en de interpolatie methodiek

Bijlage 16

Scheepvaartkosten per klimaatscenario

Scheepvaartkosten per klimaatscenario

In deze studie zijn er berekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie en voor de situatie in 2050 volgens de vier KNMI '06 klimaatscenario's. Voor ieder scenario zijn 7 karakteristieke droogtejaren doorgerekend. Naast de 5 droogtejaren die ook voor de andere berekeningen in deze studie zijn doorgerekend zijn voor scheepvaart tevens de jaren 1983 en 1999 doorgerekend. Dit was nodig om een betere inschatting te maken van de scheepvaartschade in met name de matig droge jaren.

Bij de berekeningen is uitgegaan van de huidige samenstelling van de vloot, het huidige vrachtaanbod en de huidige infrastructuur.

Tabel 34 Kosten per jaar voor de KNMI '06 klimaatscenario's (Miljoen €) met tussen haakjes de procentuele verandering ten opzichte van de huidige situatie. Onderaan is vermeld de jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) en netto contante waarde (NCW)

jaar	huidig	G	G+	W	W+
1949	2784	2741(-1,5%)	2832(1,7%)	2724(-2,2%)	2824(1,4%)
1959	2565	2548(-0,7%)	2672(4,2%)	2493(-2,8%)	2816(9,8%)
1976	2524	2493(-1,2%)	2802(11,0%)	2473(-2,0%)	2921(15,7%)
1983	2221	2205(-0,7%)	2364(6,5%)	2200(-0,9%)	2364(6,5%)
1999	2105	2109(0,2%)	2158(2,5%)	2106(0,1%)	2297(9,1%)
1996	2083	2086(0,1%)	2167(4,0%)	2073(-0,5%)	2385(14,5%)
1967	2065	2068(0,1%)	2089(1,2%)	2073(0,4%)	2200(6,5%)
JVW	90	84(-7,3%)	175(93,4%)	79(-12,7%)	280(209,5%)
NCW*					
standaard	2258	2093	4366	1970	6988
Laag	1337	1247	2599	1173	4158
hoog	3600	3360	7000	3160	11200

*) Naast de jaarlijkse verwachtingswaarde van de investeringsruimte is ook de netto contante waarde (NCW) berekend. Bij de berekening van de netto contante waarde zijn twee variabelen van belang:

- de disconteringsvoet (rente);
- de periode (aantal jaar).

Standaard is uitgegaan van een rentepercentage van 4% en een oneindige levensduur.

Het is gebruikelijk te rekenen met een rentepercentage van 2,5 tot 5,5 %.

Sommige maatregelen hebben een beperkte levensduur (bijvoorbeeld pompen ten behoeve van beregening), andere maatregelen zijn (bijna) permanent (bijvoorbeeld grootschalige ingrepen in de loop van een rivier).

Bij de bepaling van de netto contante waarde zijn daarom vier varianten doorgerekend:

- periode van 30 jaar, rente 2,5%;
- periode van 30 jaar, rente 5,5%;
- oneindige periode, rente 2,5%;
- oneindige periode, rente 5,5%.

Variant b en c zijn maatgevend voor de bepaling van een lage en een hoge netto contante waarde en zijn daarom gebruikt in deze studie. Een toelichting op de berekening van de netto contante waarde is gegeven in bijlage 18.

Bijlage 17

Scheepvaartkosten en economische ontwikkelingen

Scheepvaartkosten en economische ontwikkelingen

In de Droogtestudie Nederland (achtergrondrapportages bij eindrapport fase 1), Rijkswaterstaat RIZA (2003a) zijn de scheepvaartkosten bepaald voor alle drie de economische groeiscenario's en het WB21 klimaatscenario "midden 2050". In voorliggende studie zijn de scheepvaartkosten bij een verandering van economische groei niet met het scheepvaartmodel berekend. Op basis Rijkswaterstaat RIZA (2003a) is een inschatting gemaakt van de maximale stijging van de kosten voor de vier klimaatscenario's (G, G+, W, W+). De gebruikte methode is als volgt:

Methode

A) In de Droogtestudie van 2003 zijn 5 droogtejaren gebruikt: 1976, 1959, 1949, 1965 en 1969. Voor ieder droogtejaar zijn de volgende combinaties van klimaatscenario en economische situatie doorgerekend:

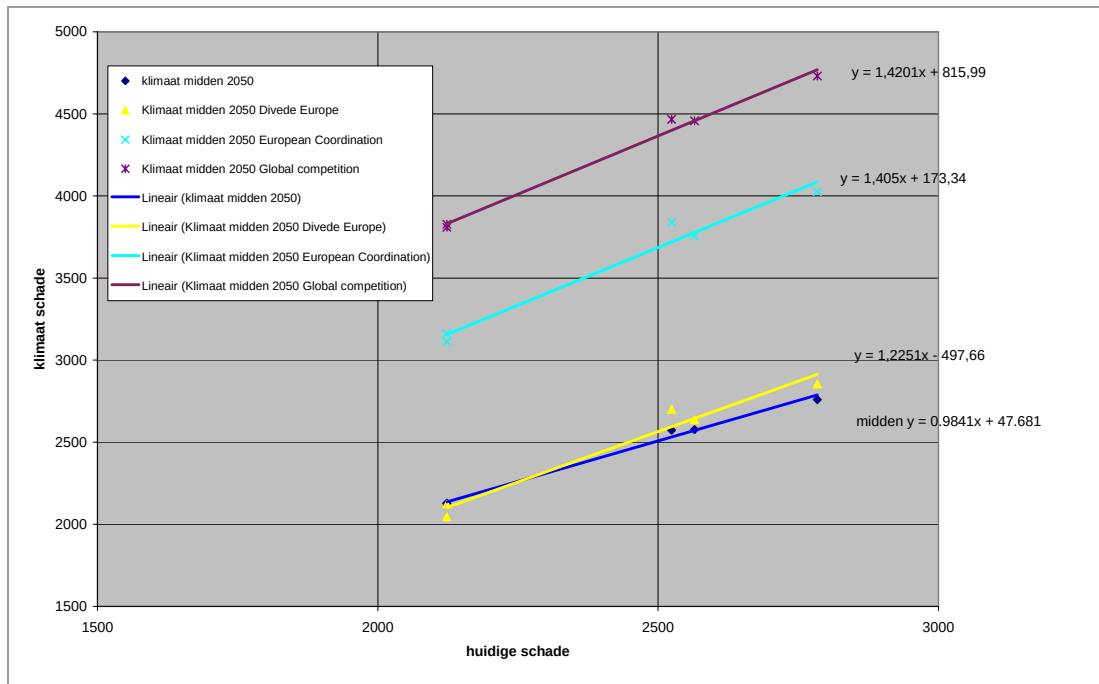
- huidig klimaat met huidige samenstelling;²
- klimaat midden 2050 met huidige samenstelling¹;
- klimaat midden 2050 met groeiscenario Divided Europe;
- klimaat midden 2050 met groeiscenario European Coordination;
- European Coordination met groeiscenario Global competition.

B) In de voorliggende studie zijn 7 droogtejaren gebruikt: 1949, 1959, 1967, 1976, 1983, 1996 en 1999. Voor ieder droogtejaar zijn de volgende combinaties van klimaatscenario en economische situatie doorgerekend:

- Huidig klimaat met huidige samenstelling¹;
- Klimaatscenario G met huidige samenstelling¹;
- Klimaatscenario G+ met huidige samenstelling¹;
- Klimaatscenario W met huidige samenstelling¹;
- Klimaatscenario W+ met huidige samenstelling¹.

² Met "huidige samenstelling" wordt hier bedoeld de huidige economische situatie, uitgaande van de huidige infrastructuur, het huidige vrachtaanbod en de huidige vlootsamenstelling.

C) Voor alle gebruikte berekeningen van stap A is een lineaire regressie bepaald. In de regressie zijn de kosten van het “klimaatscenario met groeiscenario” uitgezet tegen “huidig klimaat met huidige samenstelling”. In figuur 32 is dit weergegeven voor de vier berekeningen met “klimaat midden 2050”.

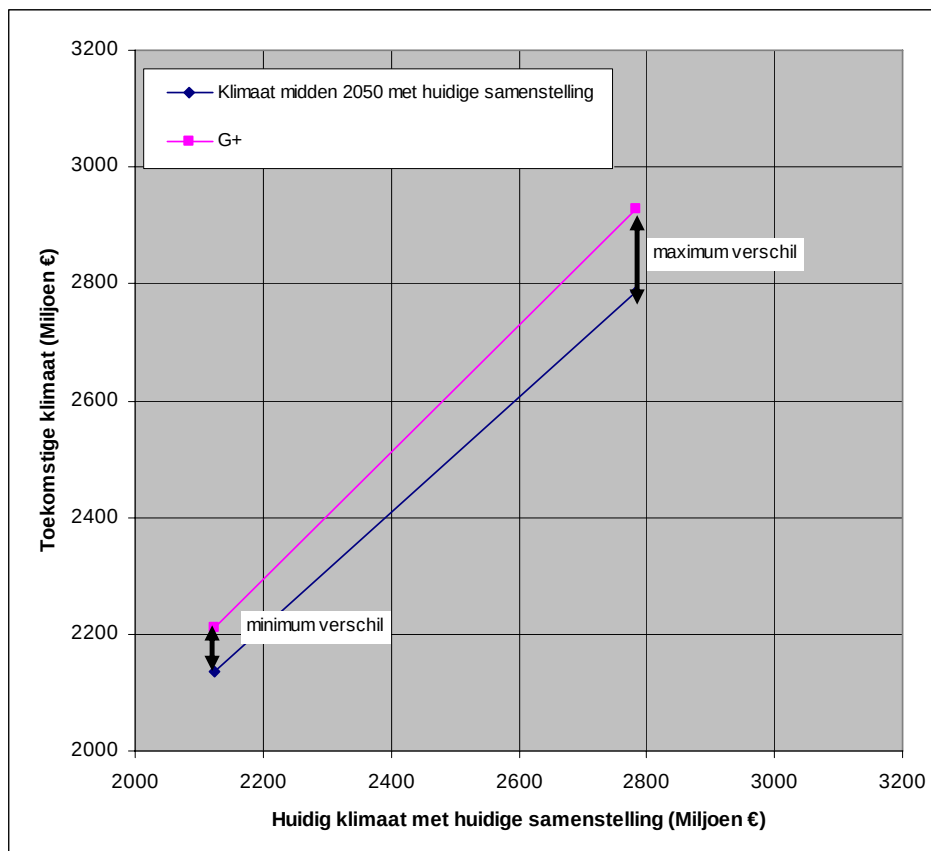


Figuur 32 Lineaire regressie van “klimaat midden 2050” voor vier economische situaties

D) Voor alle klimaatscenario's zijn de kosten bepaald bij minimum huidige kosten (€ 2123 miljoen) en maximum huidige kosten (€ 2784 miljoen) op basis van de gevonden regressie (stap C).

E) Vervolgens is het scenario “klimaat midden 2050 met huidige samenstelling” als basis gebruikt, omdat de economische groeiscenario's destijds alleen ten opzichte van dit klimaatscenario is bepaald.

Het verschil tussen het minimale kosten in het klimaatscenario (G, G+, W en W+) en minimale kosten (2123 M€) in het scenario “klimaat midden 2050” is bepaald. Dit is ook gedaan voor de maximale kosten (2784 M€). Dit is grafisch weergegeven in figuur 33.

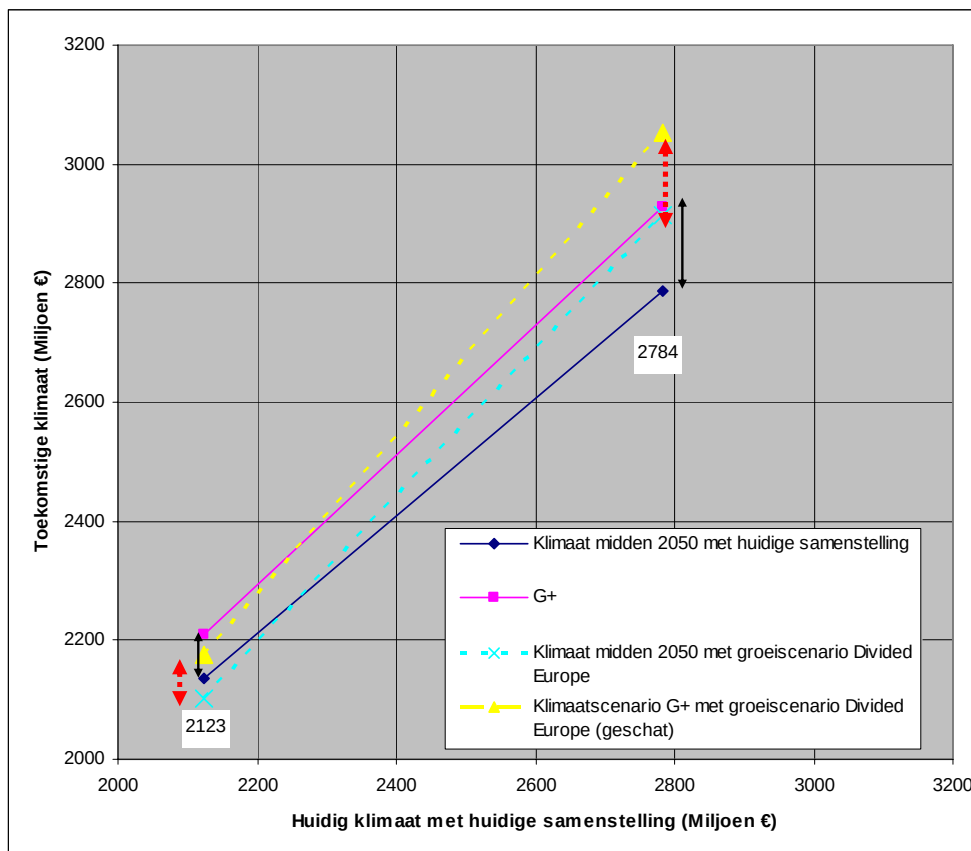


Figuur 33 Lineaire regressie van “klimaat midden 2050 met huidige samenstelling” en voor klimaatscenario G+ met huidige samenstelling

F) Er zijn drie economische groeiscenario's: Divided Europe, European Coordination en Global competition. Steeds zijn de minimale en maximale kosten per economisch groeiscenario voor alle vier de klimaatscenario's (G, G+, W en W+) bepaald. Hiervoor is bij de berekende scheepvaartkosten van het klimaatscenario (stap B) het gevonden verschil uit stap E bij opgeteld.

In de figuur 34 is deze stap voor klimaatscenario G+ als voorbeeld gegeven. Met de doorgetrokken lijn wordt de regressie aangegeven van “klimaat midden 2050 met huidige samenstelling” en “klimaatscenario G+ met huidige samenstelling”. Met de zwarte verticale lijnen is het verschil aangegeven bij het minimum en het maximum (uit stap E).

De stippellijn geeft de regressie weer van het economische groeiscenario. In dit voorbeeld voor “klimaat midden 2050 met groeiscenario Divided Europe” en de ingeschatte regressie voor “Klimaatscenario G+ met groeiscenario Divided Europe”. De rode verticale lijnen hebben dezelfde grootte als de zwarte verticale lijnen. Echter nu is dit verschil opgeteld bij “klimaat midden 2050 met groeiscenario Divided Europe”. De opgetilde lijn is “klimaat scenario G+ met groeiscenario Divided Europe”.



Figuur 34 Grafische weergaven van de ingeschatte scheepvaartkosten voor ‘klimaat scenario G+ met groeiscenario Divided Europe’

G) De toename van de schade is voor elk klimaat scenario bepaald bij het minimum (2123 M€) en maximum (2784 M€)kosten voor “huidig klimaat met huidige samenstelling”.

Door de ingeschatte, berekende scheepvaartkosten bij het minimum en maximum (uit stap F) te delen door het minimum en maximum van “huidig klimaat met huidige samenstelling” wordt de ingeschatte verandering gevonden. Dit zijn twee getallen waarvan het maximum wordt genomen als zijnde het ingeschatte, procentuele verandering van de scheepvaartkosten ten opzichte van de huidige situatie.

Resultaat

Op basis van bovenstaande beschreven methodiek is voor de groeiscenario's de verandering van de ingeschatte, procentuele verandering van de scheepvaartkosten voor de klimaat scenario's bepaald. Voor de klimaat scenario's (G, G+, W en W+) met huidige samenstelling is uitgegaan van grootste berekende waarden (zie bijlage 16).

Tabel 35 De ingeschatte, maximale scheepvaartkosten van de huidige samenstelling en drie toekomstige economische groeiscenario's voor de vier klimaatscenario's

	Huidige samenstelling	Divided Europe	European Coordination	Global competition
G	0.2%	3.1%	48.2%	80.2%
G+	11.0%	9.6%	51.7%	83.7%
W	0.4%	1.8%	47.9%	79.9%
W+	15.7%	11.4%	59.3%	91.4%

Uit de tabel blijkt dat bij de huidige samenstelling de ingeschatte, maximale toename van scheepvaartkosten circa 16% bedraagt (klimaatscenario W+). Ook in de drie economische groeiscenario's heeft klimaatscenario W+ de grootste toename van scheepvaartkosten.

Tabel 36 Jaarlijkse verwachtingswaarde scheepvaartschade klimaatscenario's en economische groeiscenario's. Tussenhaken is aangegeven het procentuele verschil ten opzichte van het huidige klimaat met huidige samenstelling

Groeiscenario / Klimaatscenario	Huidige samenstelling	Divided Europe	European Coordination	Global competition
G	84 (-7%)	86 (-4%)	124 (37%)	150 (67%)
G+	175 (93%)	192 (112%)	266 (194%)	321 (256%)
W	79 (-13%)	80 (-11%)	116 (29%)	141 (57%)
W+	280 (210%)	386 (327%)	549 (508%)	659 (630%)

Bepaling van de jaarlijkse verwachtingswaarde van de scheepvaartschade door:

- Klimaatschade: Voor elk klimaatscenario (G, G+, W en W+) de schades opgehaald voor de 7 doorerekende jaren;
- Schade bij Economische groeiscenario&klimaatscenario: de procentuele verandering van de scheepvaartkosten van een scenario (uit tabel 28, zie stap G) van een klimaatscenario te vermenigvuldigen met de klimaatschade (a) voor alle 7 jaren;
- Economisch groeiscenario&klimaatscenario JVW: op de gebruikelijke manier de JVW waarde bepaald;
- De procentuele verandering in de tabel is ten opzichte van de huidige JVW (90 M€).

Kanttekening

De verandering van de samenstelling voor de vier klimaatscenario's is nu gebaseerd op de situatie "klimaat midden 2050".

In tabel 31 is de verandering van de Rijnafvoer weergegeven van klimaatscenario "klimaat midden 2050" voor het hele jaar, de winterperiode en zomerperiode.

De verandering van de vier klimaatscenario's ten opzichte van "klimaat midden 2050" is in de overige kolommen opgenomen.

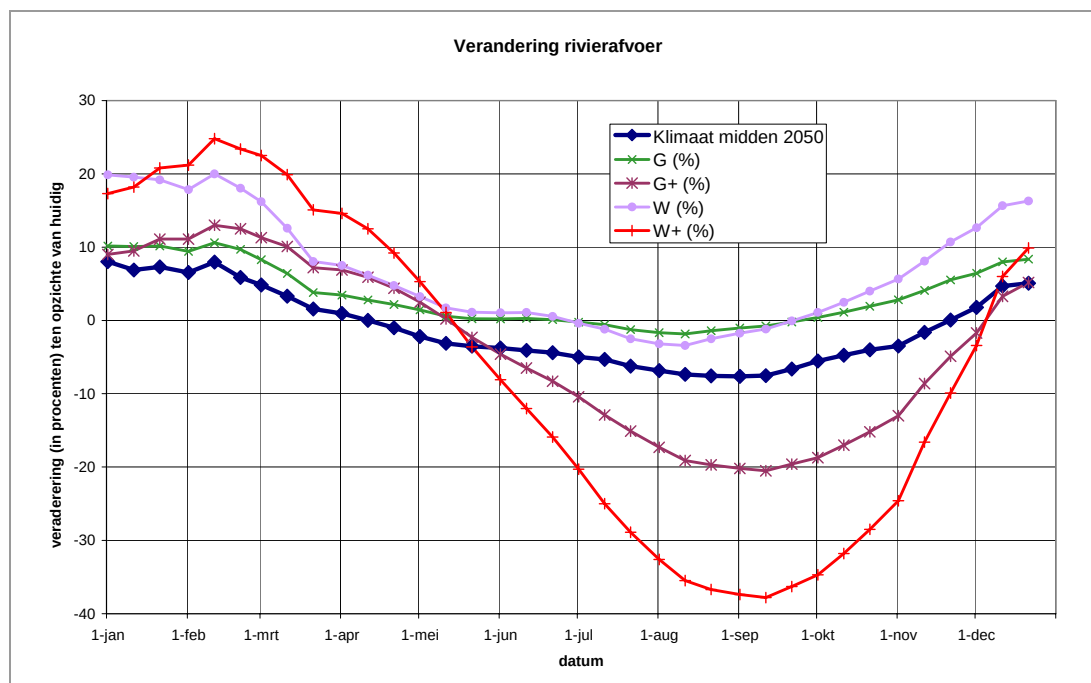
Tabel 37 Verandering van de Rijnaafvoer in de verschillende klimaatscenario's

	Klimaat midden 2050 (%)	Verandering t.o.v. Klimaat Midden 2050			
		G (%)	G+ (%)	W (%)	W+ (%)
jaar	-1,0	4,3	-2,7	7,6	-5,7
winter	2,5	4,0	-1,2	10,2	0,1
zomer	-4,5	4,6	-4,2	5,1	-11,6

Uit de tabel blijkt dat in klimaatscenario G en W de Rijn het hele jaar door meer waterafvoer heeft dan in klimaatscenario "klimaat midden 2050". In klimaatscenario's G+ en W+ is de verandering van de Rijnaafvoer op jaarbasis lager dan die van klimaatscenario "klimaat midden 2050".

Grafisch is de verandering van de toekomstige Rijnaafvoer van "klimaat midden 2050" met die van de vier klimaatscenario's G, G+, W en W+ weergegeven in figuur 35. Voor de scheepvaartkosten geldt dat hoge afvoer leidt tot lage kosten en andersom: lage afvoer leidt tot hoge kosten.

De Rijnwaterafvoer is in klimaatscenario G+ en W+ behoorlijk minder dan in klimaatscenario "Klimaat Midden 2050". Dit leidt ertoe dat de ingeschatte scheepvaartkosten voor de verschillende groeiscenario's onderschat worden. In klimaatscenario G en W bedraagt de Rijnaafvoer in de maanden juli, augustus en september minder dan in de huidige situatie. Dit zal ertoe leiden dat de ingeschatte procentuele verandering van scheepvaartkosten voor de drie verschillende groeiscenario's enigszins overschat worden omdat de Rijnaafvoer door het jaar heen groter is dan die van "klimaat midden 2050".



Figuur 35 Verandering in rivierafvoer voor het WB21 scenario midden en de KNMI '06 klimaatscenario's

Bijlage 18

Berekening netto contante waarde

Berekening netto contante waarde

De netto contante waarde is als volgt berekend:

$$NCW = \left(\frac{1 - (1-r)^n}{r} \right) \cdot JVV$$

Waarbij:

NCW netto contante waarde
JVV jaarlijkse verwachtingswaarde
r discontovoet
n aantal jaar

Bijlage 19

Landbouwschade huidige situatie

Landbouwschade huidige situatie

Tabel 38 Landbouwschade in de huidige situatie

	1967	1996	1949	1959	1976	JVW
Huidige situatie (ongecorrigeerd)	237	787	844	1,207	1,568	417
Huidige situatie (gecorrigeerd)	235	792	860	1,224	1,590	419