

1.2 Het klimaat verandert

1.2.1 Klimaatverandering en het broeikaseffect

Samenvatting

Het klimaat is het gemiddelde weer in een bepaald gebied over een langere periode. Klimaatverandering is van alle tijden, en kan worden veroorzaakt door natuurlijke factoren en door menselijk handelen. Door de toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer, vooral veroorzaakt door menselijk handelen, wordt het natuurlijke broeikaseffect versterkt. Het grootste deel van de toename van de mondiale temperatuurstijging sinds het midden van de 20e eeuw is zeer waarschijnlijk het gevolg van de toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer.

Wat is klimaat?

Het klimaat is het gemiddelde weer in een bepaald gebied over een langere periode. Bij een beschrijving van een klimaat wordt informatie gegeven over o.a. de gemiddelde temperatuur in verschillende seizoenen, de neerslag, uren zonneschijn, etc. Ook een beschrijving van de extremen hoort bij de beschrijving van een klimaat.

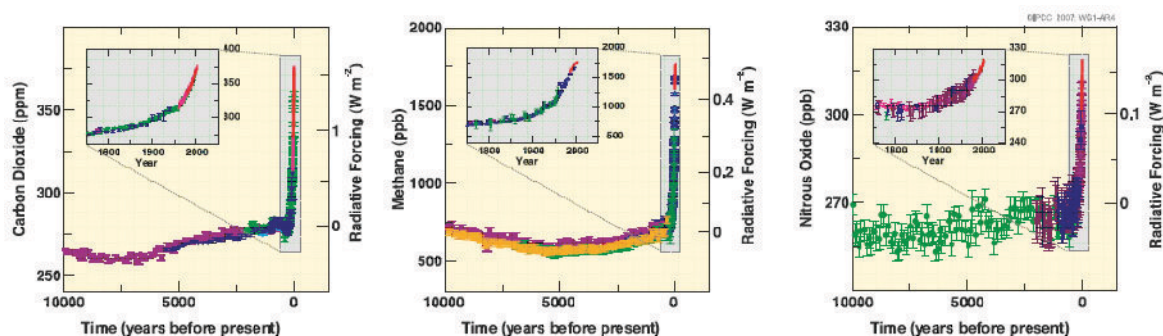
Vaak wordt een periode van 30 jaar gebruikt om de gemiddelden en extremen van een klimaat te bepalen (standaard volgens de World Meteorological Organization). Een periode van 30 jaar bevat een groot deel van de natuurlijke variatie tussen jaren (maar niet alles). Het KNMI maakt elke 10 jaar een overzicht van het klimaat op verschillende plaatsen in Nederland. De laatst beschreven periode is die van 1971-2000 (KNMI, 2002).

Klimaatverandering is van alle tijden

Het klimaat op aarde is dynamisch en is sinds het ontstaan van de aarde continu veranderd. De oorzaken van klimaatverandering kunnen in twee groepen worden ingedeeld:

Natuurlijke oorzaken (bijv. verschillen in zonneactiviteit, ijstijden, vulkaanuitbarstingen). Deze zorgen op korte of langere tijdschalen, en op regionale of mondiale schaal voor tijdelijke veranderingen van temperatuur, neerslag, etc. Ze veroorzaken natuurlijke variatie;

Menselijk handelen (bijv. door veranderingen in landgebruik en door de uitstoot van broeikasgassen). Door veranderingen in landgebruik kan het klimaat, meestal op regionale schaal, veranderen. De grootschalige uitstoot van broeikasgassen zorgt voor mondiale klimaatverandering. Sinds het preïndustriële tijdperk (ong. 1860) is de CO₂ concentratie bijv. van 280 ppm (parts per million) toegenomen tot ongeveer 380 ppm nu.



Figuur 1.1 Verandering van de concentraties CO₂ (links), methaan (CH₄, midden), en N₂O (rechts) in de afgelopen 10.000 jaar (IPCC, 2007).

Wat is het broeikaseffect?

Zonnestraling warmt de aarde op en de aarde straalt weer warmte uit. Hoe sterk de zonnestraling de aarde opwarmt, hangt af van de balans tussen inkomende zonnestraling en uitgestraalde warmte. Deze balans wordt beïnvloed door de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer. Van nature zitten er verschillende broeikasgassen in onze atmosfeer, o.a. CO₂ en waterdamp. Door de natuurlijke hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer is de aarde ongeveer 33 °C warmer dan zonder deze broeikasgassen, gebaseerd op de concentraties rond 1860. Daardoor ligt de gemiddelde temperatuur op aarde rond de 15 °C en niet rond

de -18 °C. Door de toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer wordt het natuurlijke broeikas effect versterkt. Sinds het preïndustriële tijdperk (ong. 1860) is de concentratie van CO₂, CH₄ en N₂O door menselijk toedoen aanzienlijk gestegen (Figuur 1.1; IPCC, 2007).

1.2.2 *Klimaatscenario's*

Samenvatting

Klimaatscenario's zijn consistente en plausibele beelden van een mogelijk toekomstig klimaat. In mei 2006 heeft het KNMI nieuwe klimaatscenario's (KNMI'06) voor Nederland en omgeving gepresenteerd. Deze zijn gebaseerd op dezelfde bronnen als het meest recente rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007). De KNMI'06 klimaatscenario's zijn min of meer de hoekpunten waarbinnen we verwachten dat ons toekomstig klimaat zich zal ontwikkelen tot 2050 en 2100.

Wat zijn klimaatscenario's?

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

Mondiale en regionale klimaatscenario's

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹ produceert ongeveer elke 5 jaar klimaatscenario's voor de hele wereld. Deze zijn gebaseerd op emissiescenario's, dat wil zeggen aannames over de uitstoot van broeikasgassen. Deze emissiescenario's zijn weer gebaseerd op wereldbeelden over hoe de wereldbevolking zich ontwikkelt, maar ook de economie, technologie, etc. (sociaal-economische en technologische scenario's).

De mondiale klimaatscenario's (Figuur 1.2) van het IPCC geven vaak niet voldoende informatie om de effecten van klimaatverandering in een kleiner gebied te bepalen. Het KNMI produceert daarom regionale klimaatscenario's voor Nederland en omgeving. In 2000 is in het kader van 'WaterBeheer 21ste Eeuw' (WB21) een formele set van klimaatscenario's voor Nederland gemaakt (Kors et al, 2000; Können, 2001). Aan deze scenario's wordt vaak gerefereerd als de WB21-klimaatscenario's. In mei 2006 is een nieuwe generatie algemene KNMI-klimaatscenario's gepubliceerd, de KNMI'06 klimaatscenario's.

De KNMI'06 klimaatscenario's

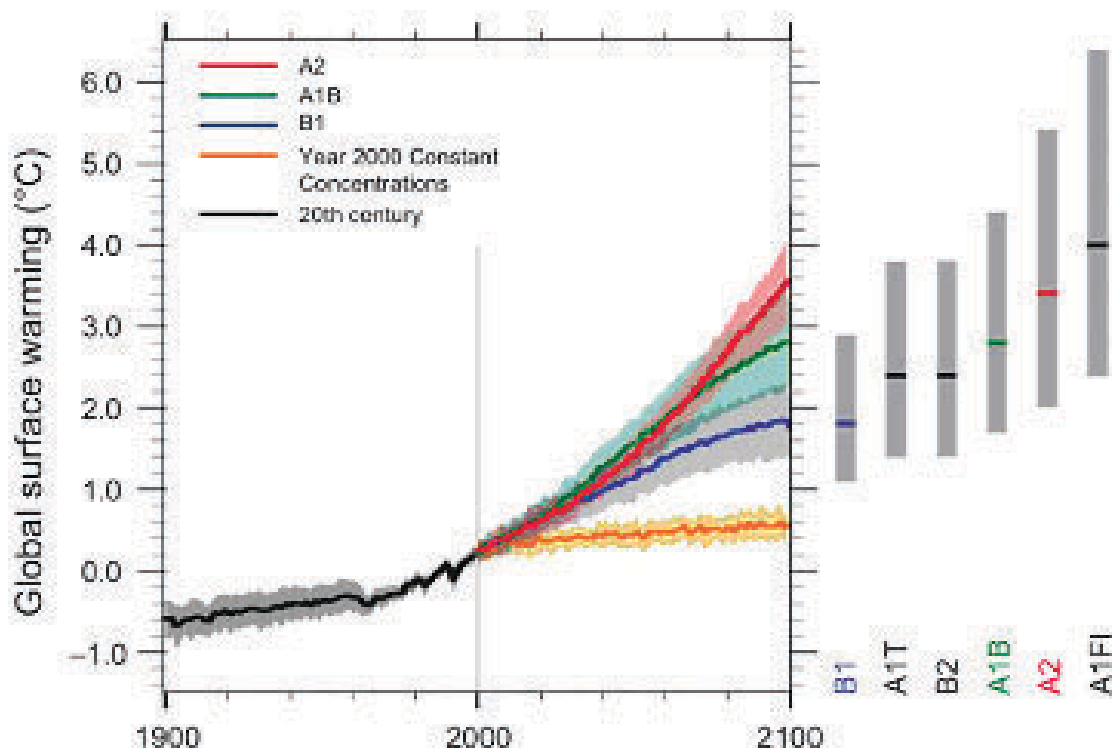
Hoe het klimaat in Nederland verandert is vooral afhankelijk van de wereldwijde temperatuurstijging en van veranderingen in de stromingspatronen van de lucht in onze omgeving (West Europa) en de daarmee samenhangende veranderingen in de wind. De indeling van de scenario's² is daarom op deze twee aspecten gebaseerd (Figuur 1.3).

Kenmerken van alle KNMI'06 klimaatscenario's zijn:

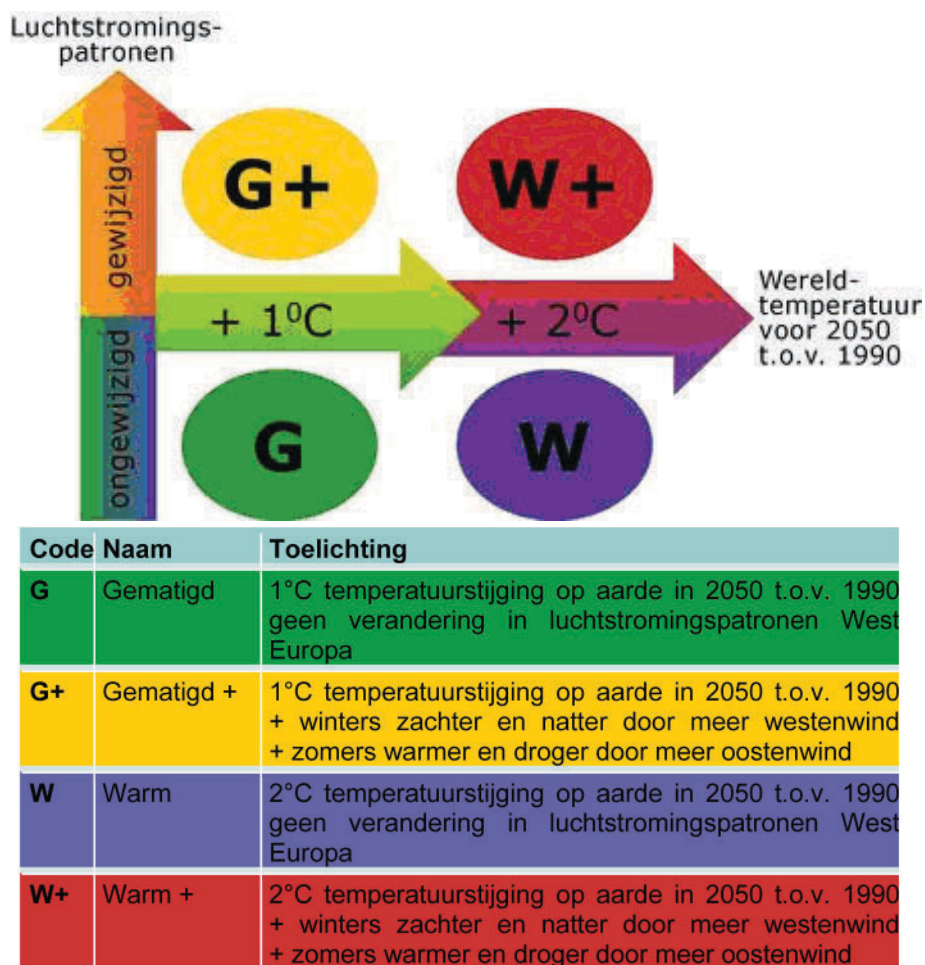
- Opwarming zet door;
- Winters gemiddeld natter;
- Heviger extreme zomerbuien;
- Veranderingen in het windklimaat klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid;
- Zeespiegel blijft stijgen.

¹ Begin 2007 zijn de rapporten van werkgroepen 1 t/m 3 openbaar gemaakt (1: The physical science basis; 2: Impacts, adaptation and vulnerability, 3: Mitigation of climate change), met nieuwe projecties voor het klimaat in de toekomst. In november 2007 is het volledige rapport (Vierde assessment rapport) gepubliceerd (www.ipcc.ch).

² Voor een uitgebreidere beschrijving van deze klimaatscenario's wordt verwezen naar de brochure 'Klimaat in de 21e eeuw: vier scenario's voor Nederland' (KNMI, 2006) het bijbehorende wetenschappelijke achtergrondrapport (van den Hurk et al, 2006) en de website www.knmi.nl/klimaatscenario's/.



Figuur 1.2 De IPCC-klimaatscenario's voor wereldgemiddelde temperatuur (=Global surface warming). De doorgetrokken lijnen geven de gemiddelde stijging van de wereldgemiddelde temperatuur t.o.v. 1980-1999 bij verschillende emissiescenario's. De "schaduw" achter deze lijnen geeft +/- 1x de standaardafwijking. De grijze banden rechts geven de waarschijnlijke range per emissiescenario op basis van meerdere mondiale klimaatmodellen. De oranje lijn geeft de verwachte stijging van de temperatuur als de broeikasgasconcentraties op het niveau van 2000 waarden worden gehouden (IPCC, 2007).



Figuur 1.3 Schematisch overzicht van de vier KNMI'06 klimaatscenario's.

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

1.2.3 Hoe gaan we om met de onzekerheden over de toekomst?

Samenvatting

Doel van dit klimaateffetschetsboek is om een overzicht te geven van de range aan mogelijke klimaatverandering en de effecten daarvan tot 2050 (en evt. 2100). De mogelijke range aan onzekerheden wordt bepaald door onzekerheden over de sociaal-economische ontwikkelingen en over het klimaatsysteem zelf. De KNMI'06 scenario's zijn zodanig gekozen, dat ze een groot deel van de bestaande onzekerheden in beeld brengen: het zijn min of meer de hoekpunten waarbinnen we verwachten dat ons toekomstig klimaat zich zal ontwikkelen tot 2050 en 2100. De KNMI'06 scenario's dienen daarom als basis voor dit klimaateffetschetsboek.

Welke onzekerheden zijn er?

We weten zeker dat er een broeikaseffect is en dat door menselijk toedoen de concentraties van broeikasgassen zijn toegenomen (IPCC, 2007). We weten echter niet hoe sterk ons klimaatsysteem hierop zal reageren.

Vandaar dat de uitkomsten van de modelberekeningen van de toekomstige temperatuurstijging op aarde onderling aanzienlijk verschillen. Dit hangt samen met twee typen onzekerheden:

- Onzekerheid over de toekomstige bevolkingsgroei en de economische, technologische en sociale ontwikkelingen, en de daarmee samenhangende uitstoot van broeikasgassen en stofdeeltjes;
- Onvolledige kennis van de complexe processen in het klimaatsysteem. Zo is de invloed van waterdamp, wolken, sneeuw en ijs op de stralingshuishouding en de temperatuur nog niet goed gekwantificeerd. Sommige processen kunnen nog niet worden gemodelleerd. Bovendien zijn er ook fundamentele grenzen aan de voorspelbaarheid van complexe systemen zoals het klimaatsysteem.

Voor kleinschaliger regio's, zoals West-Europa of Nederland, is de onzekerheid nog groter. Dan speelt de luchtstroming een belangrijke rol. De meeste klimaatmodellen berekenen een verandering in de luchtstromingspatronen boven West-Europa, maar de uitkomsten verschillen sterk in de aard en grootte van die verandering. De KNMI'06 scenario's gaan uit van dezelfde klimaatverandering voor heel Nederland. De gebruikte klimaatmodellen zijn niet gedetailleerd genoeg en Nederland is te klein om een ruimtelijke differentiatie in klimaatverandering binnen Nederland te rechtvaardigen. Bovendien zijn de ruimtelijke patronen in klimaatverandering niet altijd consistent tussen de verschillende klimaatmodellen. De ruimtelijke verschillen op de kaarten in dit rapport worden dus veroorzaakt door verschillen in het huidige klimaat. De ruimtelijke patronen in de kaarten voor 1976-2005 en voor de toekomst zijn daarom in principe hetzelfde.

Over sommige klimaatvariabelen kunnen we met meer zekerheid uitspraken doen dan over andere variabelen. Tijdens het gebruik van informatie over klimaatverandering is het zinvol hier rekening mee te houden. Om een indruk te geven, is hieronder aangegeven wat de relatieve zekerheid is van de uitspraken over de verschillende klimaatvariabelen. De relatieve zekerheid is gebaseerd op:

- Consistentie tussen klimaatmodellen (mondiale en regionale);
- Begrip waarom een bepaalde verandering gaat optreden;
- Goede onderscheiding van de verandering en de natuurlijke variatie.

In het algemeen neemt de onzekerheid toe in de volgende rijtjes van links naar rechts:

Temperatuur > Zeespiegel > Neerslag > Wind

Neerslag winter > Neerslag zomer

Gemiddelden > Eens per 10 jaar extremen

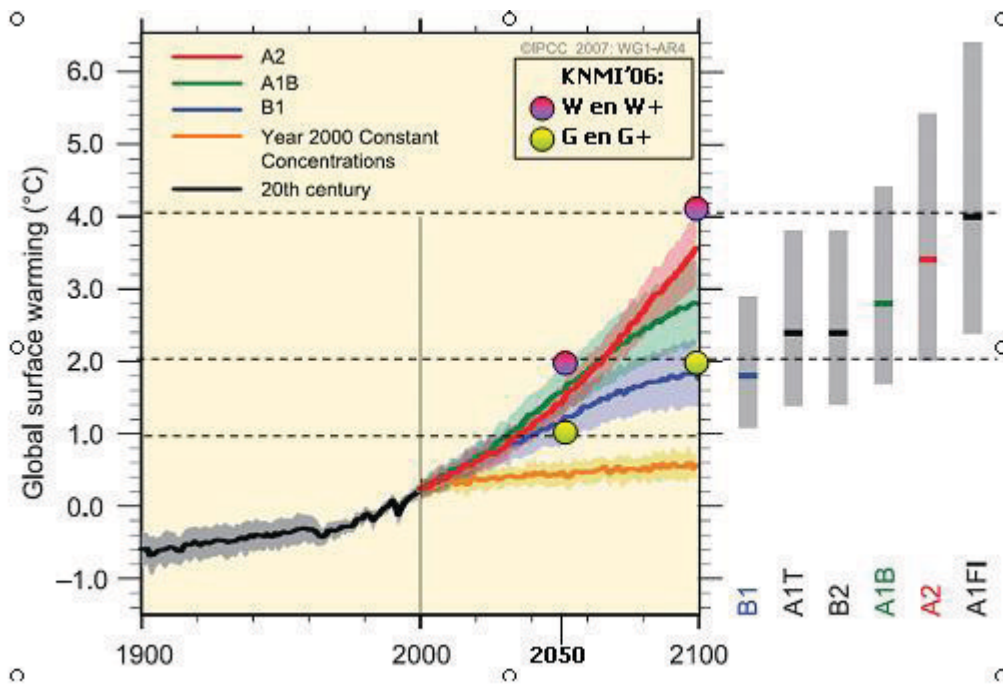
Omgaan met onzekerheden

Een manier om met onzekerheden om te gaan, is gebruik maken van scenario's. De KNMI'06 scenario's zijn zodanig gekozen, dat ze een groot deel van de bestaande onzekerheden in beeld brengen (zie figuren 1.4 en 1.5). Onzekerheden als gevolg van sociaal-economische en technologische ontwikkelingen zijn in kaart gebracht door bij het ontwikkelen van de scenario's verschillende emissiescenario's (A1, A2, B1, B2 in figuur 1.4) mee te nemen. De onzekerheden m.b.t. het klimaatsysteem zijn in kaart gebracht door gebruik te maken van een zo groot mogelijk aantal mondiale en regionale klimaatmodellen (de grijze balken aan de rechterkant in figuur 1.4). De KNMI'06 scenario's zijn stuk voor stuk aannemelijk. Met de huidige kennis is echter niet aan te geven welk scenario het meest waarschijnlijk is.

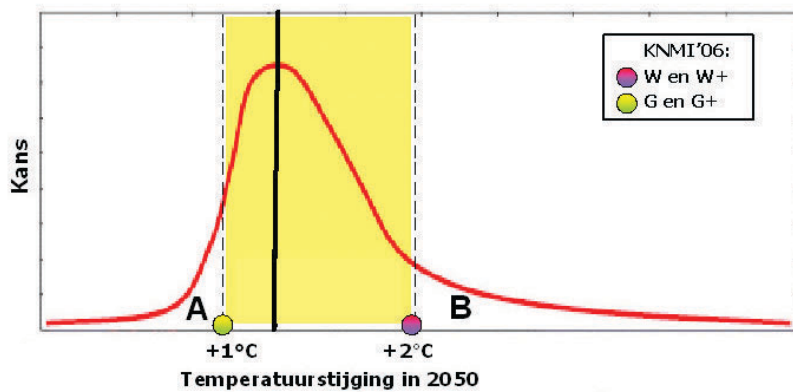
Om een goed beeld van de mogelijke veranderingen en effecten in de toekomst te krijgen is het verstandig om alle vier de KNMI'06 scenario's te gebruiken en deze te vergelijken met de huidige situatie. In dit rapport zullen uit praktische overwegingen telkens kaarten worden gepresenteerd voor de huidige situatie en voor de scenario's W en W+. In tabellen/bijlagen worden wel gegevens voor G en G+ gepresenteerd.

De mondiale temperatuurstijging in de scenario's W en W+ is 2x de mondiale temperatuurstijging in de scenario's G en G+. De mondiale temperatuurstijging in 2100 in de scenario's G en G+ is gelijk aan de mondiale temperatuurstijging in 2050 in de scenario's W en W+ (dit geldt ook voor de andere klimaatvariabelen, behalve voor zeespiegelstijging). De scenario's W en W+ geven de bovengrens aan voor de KNMI'06-scenario's, de scenario's G en G+ de ondergrens.

De W en W+ scenario's geven dus de bovengrens van de klimaatverandering in de KNMI'06 scenario's. De temperatuurstijging in het W en W+ scenario voor 2050 is de temperatuurstijging in het G en G+ scenario. Dit betekent dat beleid dat gericht is op het W en W+ scenario zich in snelheid zal onderscheiden van beleid gericht op het G en G+ scenario. Met andere woorden, als het adaptatie beleid is gebaseerd op de W en W+ scenario, en de klimaatverandering gaat minder snel dan geeft dit meer tijd voor het uitvoeren van het beleid. De noodzaak van aanpassing wordt echter niet minder belangrijk.



Figuur 1.4 De IPCC-klimaatscenario's voor wereldgemiddelde temperatuur (=Global surface warming) met daarin aangegeven de wereldgemiddelde temperatuurstijgingen die gebruikt worden in de regionale KNMI'06 klimaatscenario's (zie ook figuur 1.2 en figuur 1.3). De mondiale temperatuurstijging in de scenario's W en W+ is 2x de mondiale temperatuurstijging in de scenario's G en G+. De mondiale temperatuurstijging in 2100 in de scenario's G en G+ is gelijk aan de mondiale temperatuurstijging in 2050 in de scenario's W en W+.



Figuur 1.5 Schematische weergave van de kansverdeling voor mondiale temperatuurstijging. De vlakken A en B onder de rode lijn geven respectievelijk de laagste en hoogste 10% van de kansverdeling weer. De KNMI'06 klimaatscenario's zijn zo gekozen dat ze ongeveer 80% van de range voor mondiale temperatuurstijging opspannen.