

# Projections of global sea-level change in the next 10,000 years and implications for northern Belgium

Van Breedam Jonas

Dept Geografie, Ice & Climate, VUB, Vrijgeweidestraat 1, B-2800 Mechelen, Belgium  
E-mail: jvbreda@vub.ac.be

De stijging van het zeeniveau vormt een bedreiging voor alle inwoners van de lager gelegen gebieden in de wereld. Ongeveer 10% van de wereldbevolking leeft vandaag op een hoogte van minder dan 10m boven het huidige zeeniveau. De twee steden met de hoogste bevolking in België (op Brussel na), Antwerpen en Gent, bevinden zich op een hoogte van maximaal 15m TAW (Tweede Algemene Waterpassing; Fig. 1). Vlaanderen, een regio met een erg hoge bevolkingsdichtheid en een totaal van 6.5 miljoen inwoners, wordt bijna geheel bedreigd door een zeespiegelstijging van 40m.

Op het einde van deze eeuw wordt een globale stijging van het zeeniveau tussen de 0.30 en 1.00m voorspeld. Deze stijging wordt op de 10.000 jarige tijdschaal veroorzaakt door vier componenten: de expansie van oceaanwater door veranderingen in temperatuur en saliniteit, het smelten van gletsjers en kleine ijskappen en het afsmelten van de twee grote ijskappen op Aarde: de Groenlandse ijskap en de Antarctische ijskap. Deze laatstgenoemde is de grootste ijsmassa met een potentiële bijdrage aan de zeespiegelstijging van 58m, een grootteorde groter dan de 7.5m zeeniveau equivalent opgeslagen in de Groenlandse ijskap.

Het afsmelten van het landijs en de uitzetting van het oceaanwater zal niet in evenwicht zijn aan het einde van de 21<sup>e</sup> eeuw. De temperatuursverandering als gevolg van de antropogene emissie van koolstofdioxide zal voor honderden jaren hoger zijn dan voorheen. Dit komt door de trage absorptie van koolstofdioxide door de oceaan dat duizend jaar tot tientallen millennia kan duren voordat het evenwicht hersteld is. Zes verschillende scenario's zijn geconstrueerd om voorspellingen van het klimaat te maken.

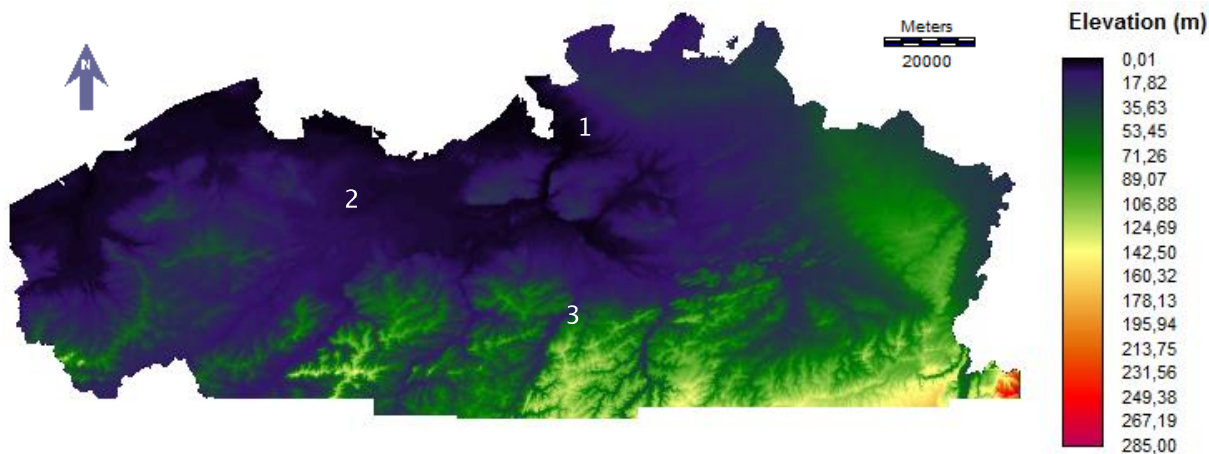


Fig. 1. Digitaal hoogtemodel van noordelijk België. De minimale hoogte gaat van 0m tot 285m TAW. De polders evenwijdig met de kustlijn en de Vlaamse Vallei bevinden zich rond het huidige zeeniveau (zwart). De locaties van de steden Antwerpen (1), Gent (2) en Brussel (3) is aangegeven op de kaart.

Het grootste verschil tussen deze scenario's is de maximale concentratie aan koolstofdioxide die bereikt wordt. Vier scenario's zijn gebaseerd op de Radiative Concentration Pathways (RCP) scenario's samengevat in het laatste IPCC rapport (Assessment Report 5). Na het jaar 2300 AD zijn de scenario's verlengd in overeenkomst met modellen die de koolstofcyclus simuleren voor een hoge emissie van koolstofdioxide. Twee extra scenario's zijn geconstrueerd waarbij het scenario met de hoogste concentratie aan koolstofdioxide een feedback genereert door het smelten van permafrost en de bijbehorende vrijgave van methaan (Fig. 2).

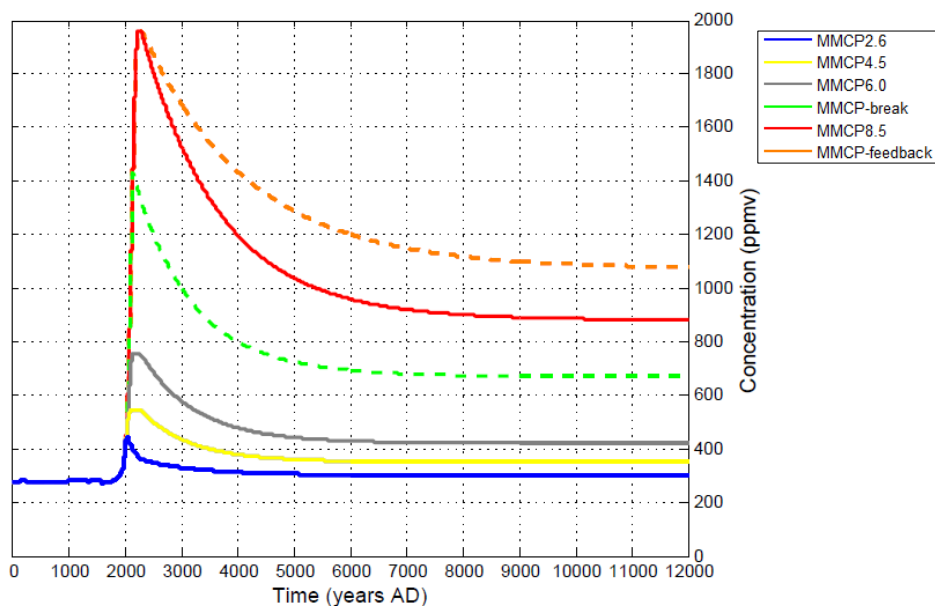


Fig. 2. Atmosferische CO<sub>2</sub> concentraties voor de zes verschillende scenario's. De vier verlengde RCP scenario's: MMCP2.6 (onderste curve); MMCP4.5 (gele curve); MMCP6.0 (grijze curve) en MMCP8.5 (rode curve). Maximale concentraties worden bereikt in het jaar 2053, 2130, 2150 en 2250 voor MMCP2.6 tot MMCP8.5. MMCP-break bereikt een maximale concentratie in 2150 AD met een stop van de emissies hierna (groene gestippelde lijn). MMCP-feedback is een scenario waarin emissies van methaan vrijkomen als feedback op het opwarmende klimaat (bovenste gestippelde lijn).

LOVECLIM, een model bestaande uit 5 verschillende componenten (atmosfeer, oceaan, vegetatie, koolstofcyclus en de ijskappen), is gebruikt voor de voorspellingen van de stijging van het zeeniveau tijdens de komende 10.000 jaar. De component die de twee grote ijskappen vertegenwoordigt bestaat uit een model van de Groenlandse ijskap en een model van de Antarctische ijskap. Beide modellen hebben een volledig dynamische, driedimensionale berekening voor de beweging van het ijs en temperatuur evolutie in het ijs. Daarbij is er ook een component die de massabalans berekent en een component die instaat voor de isostatische relaxatie wanneer het ijs afsmelt. Het Antarctische model verschilt in hoofdzaak van het model van de Groenlandse ijskap door de inclusie van een ijsplaat rond de ijskap. Het bevat in tegenstelling tot Groenland geen toendra opwarming feedback. Dit kan echter belangrijk worden wanneer een groot deel van de Antarctische ijskap smelt en leidt tot een mogelijke onderschatting van de bijdrage van Antarctica aan het zeeniveau. Vier verschillende parameter sets (P71, P11, P21 en P22) zijn gebruikt om de onzekerheid van het model weer te geven.

De globale zeeniveaustijging voor parameter set P22 (hoogste bijdrage van de vier parameter sets) is weergegeven in Fig. 3. De snelle stijging van het zeeniveau in de eerste 2000 jaar is een combinatie van het verdwijnen van de Groenlandse ijskap en de West-Antarctische ijskap. Het laagste scenario (MMCP2.6; onderste curve in Fig. 3, links) bereikt zijn maximale bijdrage rond 8000 AD met een zeeniveaustijging van meer dan 10m, waarna het zeeniveau terug zeer licht begint te dalen door een groeiende Antarctische ijskap. Het zeeniveau voor het hoogste scenario (MMCP-feedback) stijgt continu tijdens de komende 10.000 jaar. De bijdrage van de verschillende componenten in het jaar 12.000 AD toont de grootste variabiliteit voor de Antarctische component (heeft ook de grootste potentiële bijdrage). De bijdrage van gletsjers en kleine ijskappen kan worden verwaarloosd op de 10.000 jarige tijdsschaal. De expansie van zeewater door veranderingen in saliniteit en temperatuur neemt toe bij hogere forcing (scenario's), maar blijft steeds kleiner dan de bijdrage van de Groenlandse ijskap (gelimiteerd tot 7.5m). De Antarctische ijskap zou minder dan twee meter aan het totale zeeniveau bijdragen als we onze uitstoot kunnen limiteren tot het laagste scenario. Dit houdt in dat de piek in koolstofdioxide in de atmosfeer bereikt wordt in de komende 20 jaar en daarna alle emissies stoppen. In het geval we doorgaan met het verbranden van alle fossiele brandstoffen, zou de bijdrage van de Antarctische ijskap tussen de 25 en 30m kunnen bedragen (het huidige volume zou gehalveerd worden).

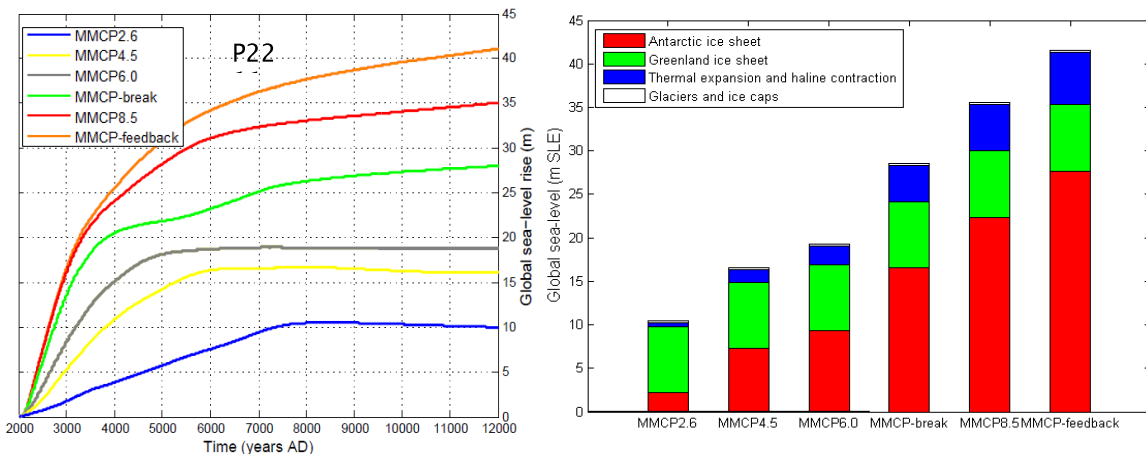


Fig. 3. (Links): Globale stijging van het zeeniveau in functie van de tijd (komende 10.000 jaar) voor de zes verschillende scenario's. (Rechts): Globale zeeniveaustijging als de som van de vier componenten (gletsjers en kleine ijskappen, expansie van oceaanwater, Groenlandse ijskap en de Antarctische ijskap) voor de zes verschillende scenario's. Beide figuren geven de stijging van het zeeniveau voor parameter set P22.

De regionale stijging van het zeeniveau voor het noorden van België wijkt af van de globale zeeniveaustijging door het effect van de zwaartekracht tussen de ijskappen en het oceaanwater op het zeeniveau en door regionale subsidentie. De subsidentie wordt veroorzaakt door sedimentatie van materiaal getransporteerd door de Schelde en door het zakken van de postglaciale forebulge, een overblijfsel van de laatste ijstijd dat nog steeds een invloed heeft op de beweging van de aardkorst. Beide componenten samen leiden tot een geschatte regionale zeeniveaustijging van 2.25m na 10.000 jaar. Het effect van de zwaartekracht tussen de Groenlandse en Antarctische ijskap en het oceaanwater zorgt voor een relatieve zeeniveaudaling voor regio's dicht bij de ijskap en een relatieve zeeniveaustijging voor kustlijnen die ver weg gelegen zijn van Groenland. Omdat de Noordzee in de invloedssfeer ligt van Groenland en ver buiten de invloedssfeer van Antarctica, is de relatieve bijdrage van Groenland kleiner en die van Antarctica groter dan het globale gemiddelde. Dit heeft als gevolg dat de regionale zeeniveaustijging voor de laagste scenario's lager is dan de globale zeeniveaustijging door een kleine bijdrage van Antarctica en een gereduceerde bijdrage van Groenland. De regionale zeeniveaustijging voor de hoogste scenario's is daarentegen versterkt door een grote bijdrage van de Antarctische ijskap (met uitzondering van parameter set P71, waar de Antarctische ijskap relatief stabiel blijft; Fig. 4).

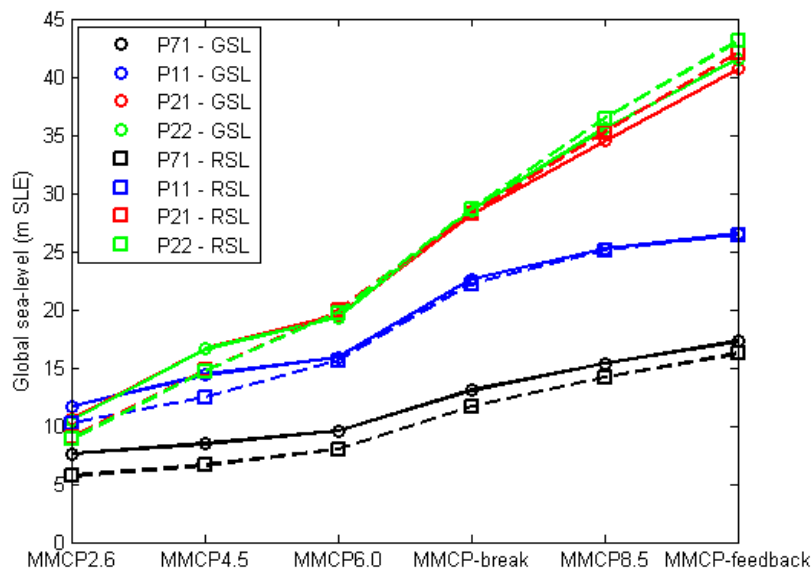


Fig. 4. Regionale stijging van het zeeniveau (RSL) voor het noorden van België vergeleken met de globale stijging van het zeeniveau (GSL) voor de vier verschillende parameters en zes verschillende scenario's.

De regionale stijging van het zeeniveau is gevisualiseerd voor het laagste scenario MMCP2.6 en het hoogste scenario MMCP-feedback in het jaar 12.000 AD (voor parameter set P22) in Fig. 5. Het laagste scenario zorgt voor een stijging van het zeeniveau van 10m en zet de polders en de

Vlaamse Vallei volledig onder water. Het hoogste scenario, met een regionale zeeniveaustijging van 43m zorgt voor een overstrooming van bijna geheel Vlaanderen. Het Limburgs plateau vormt een eenzaam (schier)eiland in de Noordzee.

De stijging van het globale zeeniveau en het zeeniveau in België zal bepaald worden door de emissie van koolstofdioxide en andere broeikasgassen. Indien erin geslaagd wordt om de uitstoot drastisch te verminderen en over enkele decennia te reduceren tot een volledige stopzetting van alle emissies, zal de globale zeeniveaustijging gelimiteerd blijven met 8 tot 12m (de Groenlandse ijskap verdwijnt in alle scenario's voor alle model gevoeligheden). In het geval we alle koolstof opbranden die momenteel ontginbaar is, zou het zeeniveau stijgen met 15 tot meer dan 40m. In dit geval is het ook niet uit te sluiten dat Antarctica volledig zou verdwijnen door de feedback die optreedt wanneer de ijskap zich op het land terugtrekt en het land opwarmt vanwege het lagere albedo. Een scenario dat de kustlijnen over de hele wereld drastisch zou hertekenen.

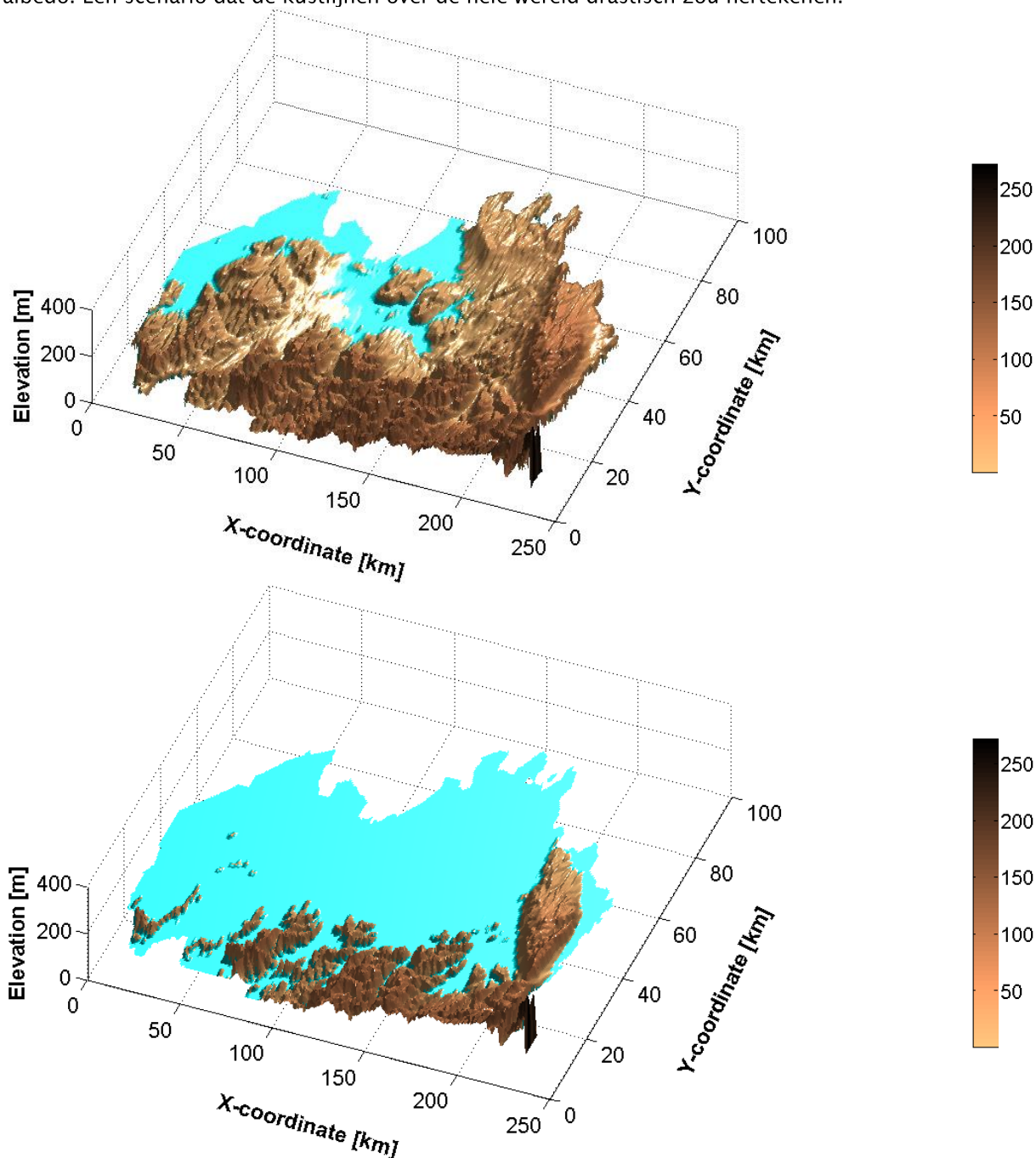


Fig. 5. Regionale stijging van het zeeniveau voor het noorden van België in het jaar 12.000 AD.  
(Boven): Zeeniveaustijging voor het laagste scenario MMCP2.6.  
(Onder): Zeeniveaustijging voor het hoogste scenario MMCP-feedback.