

SAMENVATTING

‘In welke mate is de klimaatverandering nu al zichtbaar in Vlaanderen en België?’ en ‘Wat zijn de verwachtingen voor de toekomst?’, dat zijn de belangrijkste onderzoeksvragen waarop dit MIRA Klimaatrapport 2015 een antwoord wil geven. Het rapport start met een toelichting over het mechanisme dat aan de basis ligt van de mondiale klimaatverandering. Vervolgens wordt specifiek voor Vlaanderen en België gezocht naar signalen van klimaatverandering in de bestaande meetreeksen. Daarbij is de aandacht voor het stedelijk hitte-eilandeffect en voor droogte relatief nieuw. De toekomstscenario's zijn gebaseerd op de meest recente scenario's van het IPCC (het *Intergovernmental Panel on Climate Change* van de Verenigde Naties). Bovendien wordt voor het eerst nagegaan welke ruimtelijke verschillen zich mogelijk kunnen aftekenen binnen Vlaanderen en omgeving. Ook de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor de volksgezondheid en het waterbeheer krijgen de nodige aandacht. Vervolgens wordt het belang van zogenaamde *tipping points* in de verf gezet. Dat zijn abrupte veranderingen van het klimaatsysteem die kunnen optreden door de wereldwijde opwarming. Het rapport sluit af met enkele beschouwingen over de manier waarop het beleid kan omgaan met de onzekerheden die inherent zijn aan de problematiek van klimaatverandering.

2

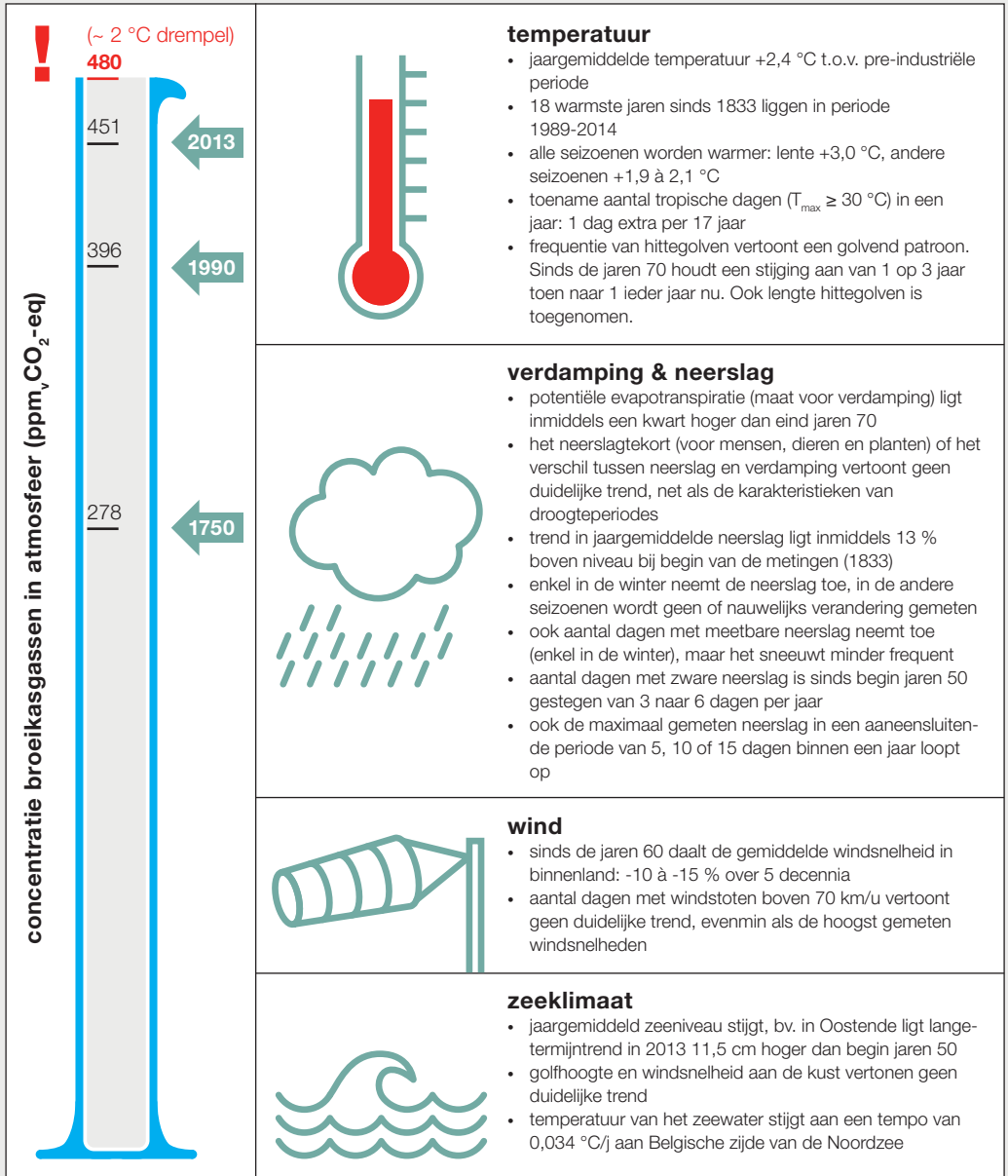
Waargenomen klimaatverandering

Ondanks belangrijke, natuurlijke schommelingen zijn de effecten van klimaatverandering nu al zichtbaar in een aantal indicatoren. Zo ligt de jaargemiddelde temperatuur in Ukkel inmiddels bijna 2,4 °C hoger dan in de pre-industriële periode. De gemiddelde temperatuur is in de vier seizoenen gestegen, waarbij de lente de grootste stijging vertoont. De potentiële evapotranspiratie - een maat voor de verdamping - is samen met de temperatuur toegenomen. Het beeld voor het aantal dagen met (erg) hoge en (erg) lage temperaturen is veel minder duidelijk. Het aantal tropische dagen (maximumtemperatuur ≥ 30 °C) is statistisch aantoonbaar gestegen sinds 1968, maar de stijging van het aantal zomerdagen (maximumtempe-

ratuur ≥ 25 °C) is statistisch dan weer niet significant. Ook de dalende trends voor het aantal vorst- (minimumtemperatuur < 0 °C) en ijsdagen (maximumtemperatuur < 0 °C) zijn statistisch niet significant. Het aantal hittegolven en de lengte ervan vertonen een golvend patroon met een eerste maximum in de jaren 40 en een trendlijn die sinds de jaren 70 duidelijk oploopt.

Van jaar tot jaar vertoont de neerslaghoeveelheid een erg grote variabiliteit. Bovendien zijn er langere periodes geweest met meer neerslag, bijvoorbeeld rond 1920, 1960 en 2000. Over een nog langere periode vertoont de jaarlijkse neerslaghoeveelheid in Ukkel een langzame, maar significant stijgende trend. De trendlijn ligt momenteel bijna 13 % hoger dan bij het

Klimaatrends gedetecteerd in België tot in 2014



begin van de metingen in 1833. Wat de neerslag per seizoen betreft, kwam er enkel een significante toename aan het licht voor de winter. Het aantal dagen met zware neerslag (1951-2013) en de maximale hoeveelheid neerslag in 5, 10 en 15 dagen (1880-2013) is eveneens significant toegenomen.

De waterbeschikbaarheid voor mensen, dieren en planten hangt zowel af van de neerslag als van de verdamping. Als de verdamping groter is dan de neerslag, kan er sprake zijn van een neerslagtekort. Het verschil tussen neerslag en verdamping kan dus fungeren als een benaderende indicator voor droogtestress bij planten. Dat neerslagtekort vertoont geen significante trend. Ook de geanalyseerde kenmerken van droogteperiodes blijken niet significant gewijzigd te zijn.

Tot de jaren 60 bleef de jaargemiddelde windsnelheid relatief stabiel in ons land. Sindsdien is een daling ingezet. Het huidige jaargemiddelde ligt 10 à 15 % lager. In het voorkomen van het aantal dagen met een windstoot boven de 70 km/u valt geen duidelijke trend te bespeuren, in de hoogst gemeten windsnelheden evenmin.

De statistische analyse van de meetwaarden aan de Belgische kust laat zien dat het jaargemiddelde zeeniveau in 2013 significant hoger ligt dan bij het begin van de meetreeks. Zo ligt in 2013 de trendlijn voor Oostende 115 mm hoger dan in 1951. Ook de temperatuur van het zeewater is gestegen. De golfhoogte en de windsnelheid aan de kust vertonen dan weer geen duidelijke trends.

Stedelijk hitte-eiland

De temperatuur ligt in steden doorgaans hoger dan in de omringende landelijke gebieden. Hierdoor worden stedelingen tijdens hittegolven meer blootgesteld aan hittestress. Vooral bij ouderen en kinderen leidt dit tot bijkomende sterfte. De oorzaken van het hitte-eilandeffect zijn o.m. minder vegetatie (en dus minder koeling door verdamping), het invangen van straling tussen gebouwen, de relatief beperkte warmte-uitwisseling tussen stad en atmosfeer, de hoge thermische inertie van stedelijke materialen, en de warmte die vrijkomt bij de verwarming en koeling van gebouwen en in het verkeer.

Het stedelijk hitte-eilandeffect kon voor Antwerpen geïllustreerd worden op basis van metingen in de periode 2012-2014 en op basis van stedelijke klimaatmodellering in de periode 2000-2012. Daarnaast werd de stedelijke hittestress voor heel Vlaanderen en omgeving in beeld gebracht op basis van satellietbeelden. In vergelijking met het platteland ligt in steden vooral de nachtelijke temperatuur hoger. Gemiddeld loopt dit verschil op tot enkele graden, met uitschieters tot 7 à 8 °C en meer. Hittegolven treden daardoor frequenter én intenser op in steden. Er blijkt vooral een sterk verband te bestaan tussen de verhardingsgraad van een stad en de sterkte van het hitte-eilandeffect. De Vlaamse steden met een relatief groot hitte-eilandeffect zijn Antwerpen, Gent, Kortrijk, Mechelen, Roeselare en Brugge. In Antwerpen wordt een beduidend hoger percentage van de bevolking blootgesteld aan hogere temperaturen dan in andere steden.

Toekomstige klimaatverandering

Het IPCC heeft vier mogelijke scenario's voor de mondiale broeikasgasconcentraties tot het jaar 2100 gedefinieerd. Het meest extreme scenario wordt gekenmerkt door het uitblijven van klimaatbeleid en sterk stijgende broeikasgasemissies. Dat scenario zou in 2100 kunnen leiden tot een stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde tussen 3,2 en 5,4 °C ten opzichte van de periode 1850-1900. Het minst extreme scenario gaat uit van belangrijke

reducties in de emissie van broeikasgasen. In dat scenario zou de stijging van de mondiale temperatuur beperkt kunnen blijven tot 0,9 à 2,3 °C. Het totale bereik van deze scenario's omvat met hoge waarschijnlijkheid de werkelijke toekomstige evolutie. Het is echter onmogelijk en ook niet de bedoeling voor elk van de vier scenario's te berekenen hoe groot de kans is dat ze werkelijkheid zal worden. Het is nu al wel duidelijk dat de recente, mondiale emissies van broeikasgassen bijna

naadloos aansluiten bij het traject van het meest extreme scenario.

Voor dit Klimaatrapport 2015 zijn een 200-tal mondiale klimaatmodelsimulaties beschikbaar. Die mondiale simulaties zijn op ruimtelijke en temporele schaal nog te grof om bijvoorbeeld extreme neerslagperiodes en ruimtelijke variaties binnen Vlaanderen in beeld te brengen. Daarom worden ze zowel in de ruimte als in de tijd verder verfijnd. Om specifieke, lokale impactanalyses van klimaatverandering uit te voeren, worden mondiale, regionale en lokale klimaatmodellen gecombineerd met een statistische neerschalingstechniek. Zo zijn, vertrekkende van de mondiale simulaties voor dit rapport, drie klimaatscenario's afgeleid: hoog, midden en laag. De tabel in deze samenvatting geeft een overzicht van de voornaamste resultaten per scenario. De bandbreedte tussen het hoge en het lage klimaatscenario geeft per parameter de mogelijke klimaatverandering die Vlaanderen en België te wachten staat. Ook hier geldt dat de waarschijnlijkheid van de scenario's niet te bepalen valt. De toekomstige klimaatverandering kan zelfs, met een onbekende maar wellicht kleine kans, buiten deze scenario's vallen. Het midden klimaatscenario komt overeen met de mediaan van alle modelsimulaties maar het is niet per definitie het meest waarschijnlijke scenario.

De klimaatscenario's geven voor Vlaanderen en over 100 jaar een stijging van de jaargemiddelde temperatuur van

0,7 tot 7,2 °C. De spreiding tussen het laag en hoog klimaatscenario is in de zomermaanden groter dan in de wintermaanden. De ruimtelijke verschillen binnen België zijn klein. Het aantal extreem warme dagen neemt in het hoog scenario sterk toe, terwijl het aantal extreem koude dagen sterk daalt. In het laag scenario zijn de verschillen met het huidige klimaat voor deze temperatuurextremen heel klein. De toename van het aantal extreem warme dagen is het meest uitgesproken in het centrum van het land terwijl de afname van het aantal extreem koude dagen het grootst is in de Ardennen. De toename van de hittestress zal in stedelijke gebieden groter zijn dan in landelijke gebieden; niet alleen omdat het in steden sowieso al warmer is tijdens hittegolven maar ook door de toekomstige uitbreiding van de steden zelf. Samen met de stijging van de temperatuur wordt een toename van de potentiële evapotranspiratie verwacht.

Twee van de drie klimaatscenario's tonen een toename van de neerslag in de wintermaanden. Die toename kan oplopen tot +38 % over 100 jaar en lijkt niet zozeer toe te schrijven aan een toename van het aantal natte dagen, maar eerder aan een toename van de neerslaghoeveelheid per dag. Dichter bij de kust wordt de toename in winterneerslag ook groter. Eveneens twee van de drie klimaatscenario's geven een afname van de neerslag in de zomermaanden. Die afname kan oplopen tot -52 % over 100 jaar, neemt toe in zuidelijke richting en lijkt vooral toe te schrijven

Overzicht van de mogelijke klimaatverandering voor Vlaanderen en België, volgens het laag, midden en hoog klimaatscenario over 30, 50 en 100 jaar

verandering voor	over aantal jaar	klimaatscenario			bijkomende info
		laag	midden	hoog	
jaargemiddelde temperatuur	30	+0,2 °C	+1,1 °C	+2,2 °C	De kust heeft een temperende werking op de opwarming, maar het effect is klein ten opzichte van de verwachte klimaatverandering.
	50	+0,3 °C	+1,8 °C	+3,6 °C	
	100	+0,7 °C	+3,7 °C	+7,2 °C	
gemiddeld aantal extreem warme dagen per jaar	30	0	+5	+19	Het aantal extreem warme dagen neemt het sterkst toe in het centrum van België.
	50	0	+8	+32	
	100	0	+16	+64	
gemiddeld aantal extreem koude dagen per jaar	30	0	-2	-10	Het aantal extreem koude dagen neemt het sterkst af in de Ardennen.
	50	-1	-4	-17	
	100	-1	-7	-33	
totale winterneerslag	30	-0,4 %	+3 %	+11 %	De winterneerslag neemt sterker toe langs de kust.
	50	-0,6 %	+6 %	+19 %	
	100	-1 %	+12 %	+38 %	
totale zomerneerslag	30	-16 %	-4 %	+5 %	Extreme zomerneerslagintensiteiten kunnen sterk stijgen. Ruimtelijk tekent zich een noord-zuidpatroon af met een grotere verdroging in het zuiden van het land.
	50	-26 %	-7 %	+9 %	
	100	-52 %	-15 %	+18 %	
aantal natte dagen in winter	30	-1 %	+0,5 %	+2 %	
	50	-2 %	+0,8 %	+4 %	
	100	-5 %	+1,5 %	+8 %	
aantal natte dagen in zomer	30	-12 %	-5 %	+1 %	
	50	-21 %	-8 %	+2 %	
	100	-41 %	-15 %	+4 %	
totale potentiële evapotranspiratie in winter	30	+0,5 %	+3 %	+11 %	
	50	+1 %	+6 %	+18 %	
	100	+2 %	+12 %	+35 %	
totale potentiële evapotranspiratie in zomer	30	+0,5 %	+5 %	+14 %	
	50	+1 %	+8 %	+23 %	
	100	+2 %	+17 %	+47 %	
daggemiddelde windsnelheid in winter	30	-8 %	0 %	+3 %	
	50	-14 %	-0,5 %	+6 %	
	100	-28 %	-1 %	+11 %	

Bron: KU Leuven in MIRA Onderzoeksrapport 'Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen' (2015)

aan de sterke afname van het aantal natte dagen. Daarnaast blijkt dat tijdens de zomermaanden de meest uitzonderlijke regenbuien het sterkst in neerslagintensiteit kunnen toenemen.

Voor de gemiddelde windsnelheden, zowel in de winter als in de zomer, en de gemiddelde windrichting worden in België deze eeuw geen significante veranderingen verwacht. Wel zal in de winter de windsnelheid tijdens de sterkste stormen waarschijnlijk met 0 à 30 % toenemen.

8 Voor de Belgische kust wordt in het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2013-2020 rekening gehouden met een gemiddelde verhoging van het zeeniveau van 60 tot 200 cm. Die 200 cm wordt vooral aangewend om 'robuuste' maatregelen aan te tonen, hoewel er wetenschappelijk gezien weinig reden is om een dergelijke stijging op een termijn van 100 jaar aan te nemen.

Mogelijke gevolgen van klimaatverandering, nu en in de toekomst

Klimaatverandering kan een brede waaier aan gevolgen hebben. In dit rapport ligt de nadruk op de gevolgen voor het waterbeheer en voor de volksgezondheid, meer bepaald via hittegolfslachtoffers en via de invloed op de luchtkwaliteit. De specifieke invloed van de nieuwe klimaatscenario's voor Vlaanderen werd nog maar ten dele gekwantificeerd. Dat betekent dat de concrete gevolgen van de nieuwste

klimaatprojecties op specifieke sectoren soms nog niet gekend zijn. Maar de afgelopen jaren zijn - zoals gerapporteerd in de Milieuverkenning 2030 van MIRA en voor de opmaak van de overstromingsrisicobeheerplannen - wel heel wat impactmodelleringen uitgevoerd met de klimaatscenario's. Op basis van de (vrij beperkte) verschillen tussen de vroegere en de nieuwe klimaatscenario's, kunnen dan wel indicaties gegeven worden over de mogelijke gevolgen.

Het aantal problematische overstromingen is sinds 1970 opmerkelijk gestegen, zowel wereldwijd als in België. Klimaatverandering is daarin slechts een van de mogelijke factoren. De toename van de bevolking en de welvaart bepalen immers in grote mate de schade door overstromingen. Mogelijk speelt ook een verbeterde dataverzameling een rol. De totale oppervlakte van de recent overstroomde gebieden bedraagt ongeveer 5 % van Vlaanderen. Modelmatig is bepaald dat - met het huidige klimaat en bodemgebruik - 7,5 % van Vlaanderen met een kleine kans kan overstromen. Voor iets meer dan 2 % is die kans groot. De jaarlijkse, gemiddelde schade door overstromingen wordt voor heel Vlaanderen momenteel geschat op ruim 50 miljoen euro.

De verwachte zeespiegelstijging en de verhoogde stormopzet zullen de kansen op overstromingen aan de kust doen toenemen. Dat geldt ook langs de oevers van rivieren die verbonden zijn met de

Noordzee (bijv. de Schelde). Vooral bij sterke noordwestenwind kan een extreme stormopzet voorkomen in combinatie met hevige neerslag in het binnenland, wat tot nog sterkere toenames van de waterhoogtes en de overstromende debieten kan leiden. Hogere waterstanden kunnen niet alleen leiden tot overstromingen vanuit rivieren, maar kunnen ook de uitwateringsmogelijkheden van polders en wateringen beperken. Bij de analyses van de overstromingen van onbevaarbare waterlopen is gebleken dat bij een gematigd ('midden') klimaatscenario de klimaatverandering als voornaamste gevolg heeft dat de kansen op overstroming met de tijd toenemen, terwijl de sociaal-economische groei de gevolgen van een overstroming nog ernstiger maakt. Verschillende beleidsstrategieën kunnen de toenames van de risico's echter gedeeltelijk of geheel tenietdoen en zelfs leiden tot aanzienlijk lagere risico's dan die in 2010. Dit alles toont het grote belang van de opmaak en de uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid, het Sigma-plan en de overstromingsrisico-beheerplannen.

De overstromingskansen en -risico's werden voor Vlaanderen nog maar recent bepaald waardoor er over evoluties in het verleden niet kan worden gerapporteerd. Uit de analyse van hoogwaterafvoeren blijken wel indicaties dat op regionaal niveau zeer uitzonderlijke hoogwaterafvoeren, en dus ook het ermee samenhangende overstromingsgevaar, de laatste twee decennia wat minder uitzonderlijk zijn geworden. In

welke mate de klimaatverandering of andere factoren (bijv. veranderingen landgebruik, verharding) hiervoor verantwoordelijk zijn, is nog niet duidelijk. Bovendien zijn de beschikbare meetreeksen nog te kort om het onderscheid te maken tussen meerjarige klimaatschommelingen en echte klimaatrends op veel langere termijn. Op lokaal niveau blijken de trends erg te verschillen wat aangeeft dat lokale factoren soms een nog grotere rol spelen en/of dat toevallige fluctuaties de trends maskeren.

Eerdere doorrekeningen van klimaatscenario's wijzen voor alle bestudeerde stroomgebieden in Vlaanderen op een toekomstige daling van de laagwaterafvoeren. Een van de belangrijke conclusies uit de Milieuverkenning 2030 was dan ook dat de kansen op ernstig watertekort in de toekomst gaan stijgen. De nieuwe klimaatscenario's verwachten echter een hogere evapotranspiratie tijdens de zomermaanden, wat zou kunnen leiden tot nog lagere laagwaterdebieten. Uit de analyse van zeven meetstations op grotere, onbevaarbare waterlopen kon echter niet besloten worden dat er momenteel in Vlaanderen al een algemene toename is van de laagwaterproblematiek.

De klimaatscenario's voor de zomerperiode wijzen op een sterke toename van de extreme, kortstondige regenbuien, vooral in het geval van het hoog klimaatscenario. Daardoor zullen rioleringsystemen en andere afwateringssystemen bijkomend

belast worden in de toekomst. Naast het ruimer dimensioneren van riolen, bufferbekkens en andere waterreservoirs is het belangrijk de instroom van regenwater in riolen te beperken door bijvoorbeeld waterdoorlatende verharding en infiltratievoorzieningen. Ook een betere afstemming tussen stedelijk waterbeheer, stadsontwerp, land- en groenbeheer en ruimtelijke planning dringt zich op.

De zomer van 2003 was waarschijnlijk de heetste zomer in Europa sinds het jaar 1500 met bijna 72 000 extra overlijdens tot gevolg. In België werd een oversterfte van ongeveer 2 000 genoteerd. Ook in 1994, 2006 en 2010 werden bijna 1 000 slachtoffers of meer door extreme temperaturen genoteerd in ons land. Dat sensibilisatie en opvolgingssystemen het aantal slachtoffers sterk kunnen terugdringen, bleek in 2013 toen ondanks een lang aanhoudende hitteperiode geen significante stijging van het aantal overlijdens werd vastgesteld.

Naast de emissie van pollutanten hebben ook veranderingen in het klimaat een impact op de luchtkwaliteit. Zo wordt de vorming van ozon beïnvloed door de temperatuur en tijdens hittegolven zijn de ozonconcentraties in het algemeen hoog. De concentratie van fijn stof is afhankelijk van het mengen van de verschillende luchtlagen in de atmosfeer en zal daarom toenemen bij windstille omstandigheden en gedurende periodes waarbij de verticale menging in de atmosfeer klein is. De concentratie van fijn stof in omgevings-

lucht wordt ook beïnvloed door de neerslagfrequentie en -intensiteit. Het transport van andere pollutanten wordt beïnvloed door de heersende windcondities. Door de vergelijking te maken tussen 2007 (bepaling voor huidig klimaat) en 2003 (bepaling voor toekomstig klimaat) is voor Vlaanderen al aangetoond dat bij aanhoudende klimaatverandering grotere emissiereducties nodig zullen zijn om de doelstellingen voor ozonpiekconcentraties en fijn stof te respecteren. Recent werd ook aangetoond dat de verwachte klimaatverandering onder een gematigd mondiaal broeikasgasscenario de daggemiddelde ozonconcentraties tegen 2030 al tot 10 % kan doen stijgen in ons land. De grootste toenames worden verwacht dicht bij de belangrijkste wegen en in het centrum van de steden.

Tipping points

Klimaatscenario's gaan uit van langzame evoluties van onder andere temperatuur en neerslag, die met een zekere vertraging de stijgende broeikasgasconcentraties volgen. Naast die langzame evoluties kan klimaatverandering echter ook leiden tot meer abrupte veranderingen. Verschillende elementen van het klimaatstelsel reageren buiten verhouding sterk op verstoringen. Vaak worden mechanismen in gang gezet zodra bepaalde drempelwaarden (*tipping points*) overschreden worden en zijn er zelfversterkende mechanismen in het spel waarbij een transitie gemaakt

wordt van de ene, min of meer stabiele, toestand naar een andere toestand. Eens een sneeuw- of ijsmassa, bijvoorbeeld, begint te smelten, wordt er minder zonlicht weerkaatst en warmen de donkere oppervlakten meer op, wat resulteert in een nog grotere opwarming en nog meer afsmelten. Dergelijke klimaattransities worden op dit moment slechts in zeer beperkte mate meegenomen in de klimaatscenario's. Dit impliceert dat de risico's van klimaatverandering wellicht nog onderschat worden.

Van de klimaatelementen die relevant zijn voor Europa, zijn het arctisch zee-ijs en de alpiene gletsjers het meest kwetsbaar. De zee-ijsbedekking in het Noordpoolgebied is al gehalveerd sinds 1950 en een verdere afname ligt in de lijn der verwachtingen met o.a. belangrijke ecologische en geopolitieke gevolgen. Het ijsvolume van de alpiene gletsjers bedraagt nu nog minder dan de helft van het volume in 1850. Zelfs een scenario waarin de stijging van de wereldgemiddelde temperatuur onder de 2 °C blijft, zal leiden tot een bijna volledig verlies van de gletsjers in de Alpen met o.a. belangrijke gevolgen voor de waterbeschikbaarheid in de zomer.

Het afsmelten van de Groenlandse en West-Antarctische ijskappen kan leiden tot een aanzienlijke stijging van het zeeniveau. Maar, voor een volledig afsmelten van de Groenlandse ijskap zou de temperatuur gedurende een millennium enkele graden hoger moeten zijn dan de drempelwaarde

(een stijging met 1 à 4 °C ten opzichte van het pre-industriële tijdperk). Omdat het klimaatsysteem een wereldwijd gekoppeld systeem is en omdat de globalisering steeds toeneemt, kunnen ook klimaatveranderingen ver buiten Europa effecten in Vlaanderen hebben.

Omgaan met onzekerheden

De klimaatscenario's omspannen een bereik dat de toekomstige werkelijkheid met grote waarschijnlijkheid omvat. Toch blijft de onzekerheid groot. De exacte kans op het voorkomen van een bepaald klimaatscenario is immers niet gekend. Bovendien zijn er gekende processen en mechanismen waarmee nog niet expliciet rekening kan gehouden worden (bijv. overschrijden *tipping points*). Ook zijn er onzekerheden waarvan het bestaan zelfs nog niet gekend is. De gevolgen van klimaatscenario's laten zich echter wel berekenen. Als de gevolgen van een bepaald scenario groot zijn, is het belangrijk er rekening mee te houden in de beleidsvoering en het beheer. Daarbij moet de mogelijkheid voorzien worden om - met een zo beperkt mogelijke kost - aanpassingen aan te brengen naarmate de klimaatkennis vergroot. Ook moeten beslissingen effectief en kostenefficiënt zijn, onafhankelijk van de precieze evolutie van het klimaat.