

1833

2019

Klimaatrapport 2020

VAN KLIMAATINFORMATIE
TOT KLIMAATDIENSTEN



KONINKLIJK METEOROLOGISCH INSTITUUT VAN BELGIË

1833

2019

Ieder verticaal streepje in de figuur staat voor één jaar, gaande van 1833 t.e.m. 2019. De kleur van elk streepje geeft de jaarlijkse gemiddelde temperatuur in Ukkel weer, met blauw voor relatief koude jaren en rood voor relatief warme jaren.



KMI - Koninklijk Meteorologisch Instituut

Ringlaan 3 | B-1180 Ukkel | Tel.: +32 2 373 05 08 | Fax: +32 2 375 12 59 | www.meteo.be

Verantwoordelijke uitgever: Dr. D. Gellens | ISSN 2033-8562 | Coördinatie: Rozemien De Troch |

Foto's: KMI - Climate Visuals (Creative Commons) - Shutterstock |

Design & realisatie: thecrewcommunication.com | Druk: Snel



Inleiding



Deze samenvatting van het 'KMI-Klimaatrapport 2020: van klimaat-informatie tot klimaatdiensten' bundelt de wetenschappelijke kennis omtrent het waargenomen en toekomstige klimaat in België, en geeft een antwoord op vragen zoals: "Hoe kunnen we de klimaatverandering in België waarnemen? Welke waargenomen trends in Ukkel en België stellen we vast? Op welke manier vormen broeikasgassen in de atmosfeer de oorzaak voor de klimaatverandering? Hoe kunnen klimaatmodellen gebruikt worden om de toekomstige klimaatverandering in te schatten? Hoe zal het klimaat in België in de toekomst evolueren? Op welke manier vormt de wetenschappelijke expertise van het KMI de basis van kwaliteitsvolle en betrouwbare klimaatdienstverlening aan het publiek en de overheid?"

Dit handige overzicht vormt bovendien een essentieel hulpmiddel voor beleidsondersteunende toepassingen in de context van adaptatie- en mitigatiemaatregelen die nodig zijn om een antwoord te bieden aan de klimaatcrisis.

Voor een meer uitgebreide en gedetailleerde beschrijving van de meest recente resultaten van de klimatologische waarnemingen, klimaatmodellering en klimaatonderzoek aan het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) verwijzen we de lezer naar het volledige KMI-Klimaatrapport 2020.

De waargenomen klimaatverandering in Ukkel en België

De analyse van lange klimatologische waarnemingsreeksen in Sint-Joost-ten-Node /Ukkel en in ons land laat toe om verschillende significante evoluties sinds 1981 in het Belgische klimaat te detecteren. Algemeen vertoont de neerslag minder uitgesproken trends dan de temperatuur. Dit kan deels worden verklaard door de zeer grote interjaarlijkse variabiliteit van de neerslag in onze regio's. De belangrijkste klimatologische trends en veranderingen waargenomen in Ukkel en België worden hieronder samengevat (zie figuur 1 en 2).



Illustratie. Het klimatologisch park van het KMI in Ukkel.

TEMPERATUUR



- Een gemiddelde jaarlijkse opwarming van 2,1°C is waargenomen tussen het midden van de 19e eeuw en de laatste drie decennia.
- De 6 warmste jaren deden zich voor na 2005.
- Sinds 1981 : jaarlijks significante opwarming van gemiddeld +0,38°C per decennium.
- Winter : grootste opwarming (+0,45°C per decennium).
- De hoogste zomertemperatuur vertoont een toenemende trend (+0,85°C per decennium).
- Een nieuw absoluut record van 39,7°C werd op 25 juli 2019 bereikt.
- Het jaarlijks aantal dagen met hoge nachttemperaturen (minstens 15°C) neemt toe (+3,9 dagen per decennium sinds 1981).

HITTEGOLVEN



- Sinds 1981 is het aantal hittegolven toegenomen (+0,3 hittegolven per decennium).
- Dit aantal is voornamelijk toegenomen sinds de laatste jaren : sinds 2015 kwam ten minste één hittegolf voor per jaar.
- Ze duren meestal langer (+2 dagen per decennium), en ze zijn intenser (+1°C/dag per decennium)

NEERSLAG



- Een toename in totale jaarlijkse neerslag van 9 % tussen het midden van de 19e eeuw en de laatste drie decennia. Sinds 1981 stellen we een lichte maar niet significante toenemende trend vast.
- Lente : afname sinds 1981 (-9 mm per decennium). Deze trend kan worden verklaard door relatief natte lentes in de loop van de jaren 1980, en vervolgens door meestal droge, en soms zeer droge lentes sinds de jaren 1990.
- Tijdens de zomer en op jaarbasis, is het aantal dagen met hevige neerslag (dag met minstens 20 mm neerslag) toegenomen sinds 1981 (respectievelijk met +0,6 dagen en +0,5 dagen per decennium).
- De hoogste jaarlijkse neerslaghoeveelheden per uur zijn toegenomen sinds 1981 (+3 mm per decennium).

SNEEUW



- Sinds het begin van de 21e eeuw : grote variabiliteit van jaar tot jaar, met de laatste zes jaar relatief weinig sneeuwval.

DROOGTE



- De duur van de droogtes tijdens de lente neemt toe sinds 1981 (+1,5 dagen per decennium).
- De toename van de duur van de droogteperiodes tijdens de lente in combinatie met de afname in totale neerslaghoeveelheid tijdens hetzelfde seizoen, laat ons toe om te besluiten dat de intensiteit van de droogtes tijdens de lente eveneens moet toegenomen zijn ten gevolge van de waargenomen opwarming in ons land sinds het einde van de jaren 1980.

WIND



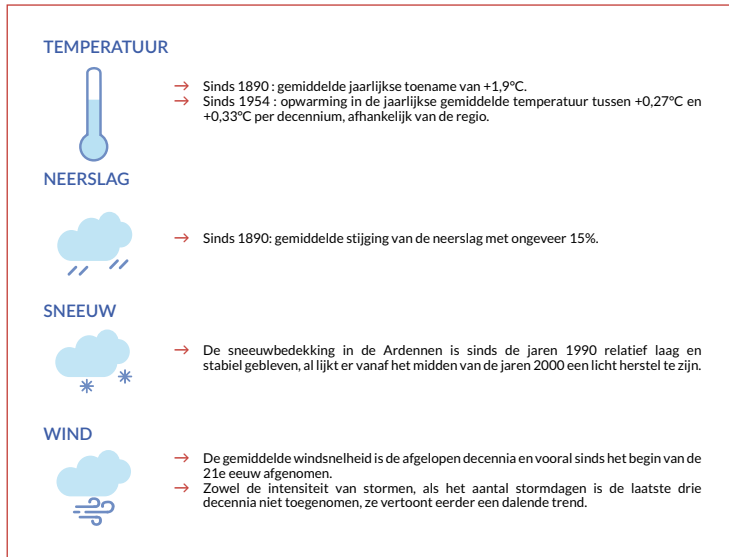
- Afname in de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid van -0,1 m/s per decennium sinds 1981.

ZONNESTRALING



- Sinds 1981 : toenemende trend in jaarlijkse zonneshijnduur (+58 uur per decennium), in zonneshijnduur tijdens de lente (+35 uur per decennium) en tijdens de zomer (+20 uur per decennium).
- Sinds 1981 : toenemende trend in globale zonnestraling gemeten aan het aardoppervlak (+42 kWhm⁻² per decennium). De verbetering van de luchtkwaliteit in onze regio's, dankzij inspanningen om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen te verminderen, lijkt gedeeltelijk verantwoordelijk te zijn voor de toename in de zonne-energie die het aardoppervlak bereikt.

Figuur 1. Waargenomen klimatologische trends in Ukkel.



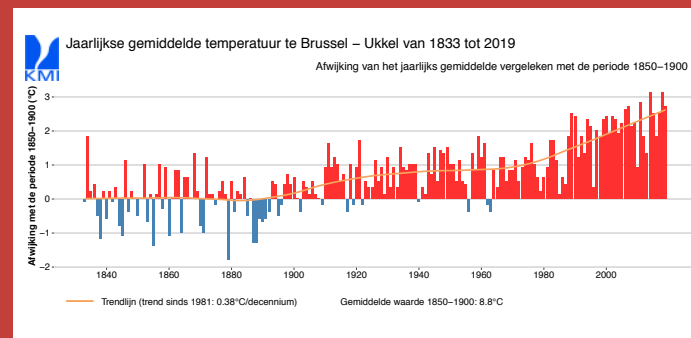
Figuur 2. Waargenomen klimatologische trends in België.



Illustratie. Mensen zoeken verfrissing op in een stadspark tijdens een hittegolf in 2018.

Globale opwarming versus opwarming in Ukkel

Zoals zichtbaar op figuur 3 was het in 2019 in Sint-Joost-ten-Node/Ukkel gemiddeld 2,7°C warmer dan tijdens de periode 1850-1900. Waarom warmt het globaal (+1,1°C) gemiddeld minder op dan in Ukkel (+2,7°C)? De globale opwarming van +1,1°C weerspiegelt de opwarming van zowel de oceanen als het landoppervlak. De oceanen (zowat 70% van het aardoppervlak) vormen een enorme buffer voor de globale opwarming. Van de extra warmte veroorzaakt door de aanwezigheid van broeikasgassen in de atmosfeer wordt meer dan 90% opgeslaan in de oceanen. De oceanen warmen hierdoor ook op, maar door hun enorme massa verloopt de opwarming ervan veel trager dan deze van de luchttemperatuur boven land, zoals in Ukkel bijvoorbeeld (water heeft een grotere warmtecapaciteit dan lucht).

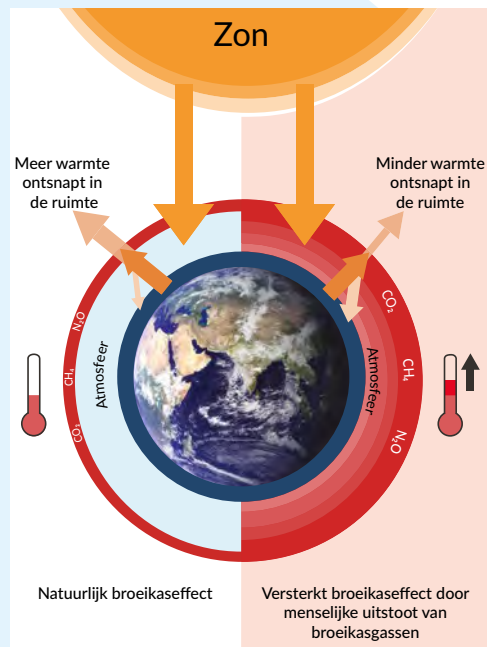


Figuur 3. Evolutie van de jaarlijkse gemiddelde temperatuur te Sint-Joost-ten-Node/Ukkel voor de periode 1833-2019. De jaarlijkse waarden stemmen overeen met de afwijking (in °C) t.o.v. de gemiddelde waarde voor de periode 1850-1900 (8,8°C). De jaarlijks gemiddelde temperatuur voor de periode 1833-2019 is 9,5°C.

De oorzaak van de klimaatopwarming

VERSTERKT BROEIKASEFFECT DOOR MENSELIJKE UITSTOOT VAN BROEIKASGASSEN

→ Broeikasgassen houden een deel van de straling die de aarde uitzendt naar de ruimte tegen, en zorgen hierdoor voor een netto energietoevoer naar de aarde. Dit broeikaseffect is een natuurlijk proces,



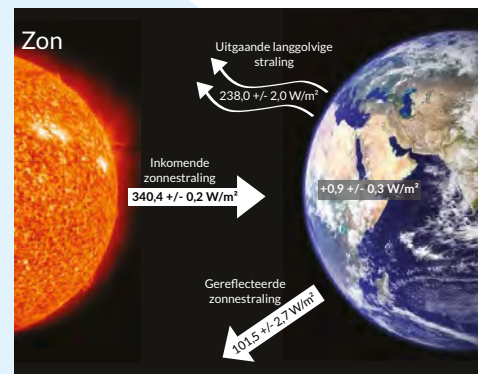
Figuur 4. Verskil tussen het natuurlijk broeikaseffect en het versterkt broeikaseffect door de menselijke uitstoot van broeikasgassen zoals koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O).

in die zin dat bij afwezigheid van broeikasgassen de aarde een globale gemiddelde temperatuur van -18°C zou hebben.

→ Sinds de pre-industriële periode is de uitstoot van broeikasgassen door de mens toegenomen, wat heeft geleid tot atmosferische concentraties van koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) die in de voorbije 800 000 jaar ongekend zijn (zie figuur 4).

VERSTORING IN HET STRALINGS-EVENWICHT OP AARDE

→ Het stralingsevenwicht op aarde, beschreven door de inkomende zonnestraling enerzijds en door de gereflecteerde zonnestraling (+ de uitgaande langgolvlige straling afkomstig van de aarde) anderzijds, bepaalt het klimaat op aarde (zie figuur 5).



Figuur 5. Globale gemiddelden van de drie componenten van de stralingsbalans van de aarde: de inkomende zonnestraling, de gereflecteerde zonnestraling, en de uitgaande langgolvlige straling.

→ De toename in broeikasgasconcentraties heeft een verstoring in dit stralingsevenwicht veroorzaakt, en vormt de voornaamste oorzaak voor de waargenomen toename van de gemiddelde temperatuur op aarde sinds het midden van de 20^{ste} eeuw.

→ Het KMI levert een belangrijke bijdrage en expertise in de meting van dit stralingsevenwicht (of energiebalans) van de aarde door het beheer van satellietinstrumenten voor de meting van de inkomende zonnestraling en door de gegevensverwerking van de uitgezonden straling zoals gemeten door satellietinstrumenten.

EN TERUGKOPPELINGEN...

→ Het klimaatstelsel kent een aantal terugkoppelingen. Wanneer de temperatuur op aarde stijgt, kan een positieve terugkoppeling de initiële opwarming versterken, of kan een negatieve terugkoppeling de initiële opwarming tegenwerken.

→ Een voorbeeld van een belangrijke positieve terugkoppeling is de waterdampsterugkoppeling. Waterdamp is het voornaamste broeikasgas van natuurlijke oorsprong. Bovendien kan een warmere atmosfeer meer waterdamp bevatten, waardoor het versterkt broeikaseffect door waterdamp de initiële opwarming van de lagere luchtlagen zal versterken.

→ De concentratie broeikasgassen gecombineerd met het netto-effect van de terugkoppelingen bepaalt de klimaatgevoeligheid, dit is de temperatuurverandering op aarde door een verdubbeling in de concentraties broeikasgassen.

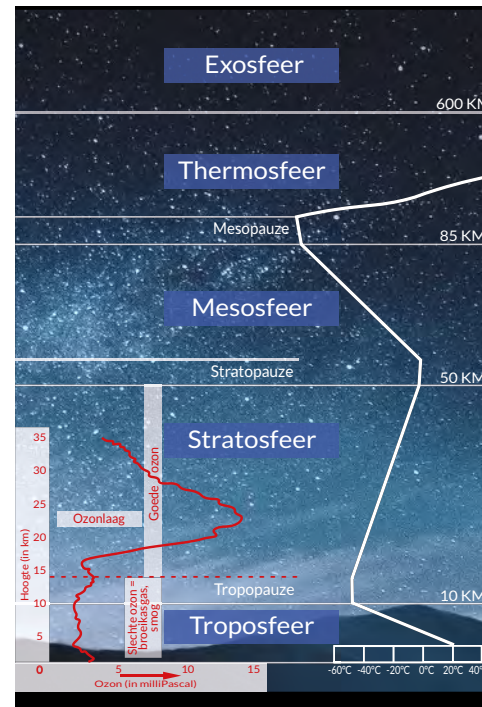
Andere broeikasgassen waargenomen door het KMI

OZON IN UKKEL

- De ozonlaag, die ons beschermt tegen schadelijke uv-straling, is sinds het begin van de waarnemingen in Ukkel dunner geworden. De laagste waarden werden in het midden van de jaren '90 gemeten, sindsdien tekent zich een herstel af. Het zal echter duren tot het midden van deze eeuw alvorens de natuurlijke ozonconcentraties terug bereikt worden.
- Ozon is een broeikasgas en er bestaat een wederzijdse interactie tussen de evolutie van ozon en het klimaat. Door de klimaatverandering wordt het herstel van de ozonlaag versneld, waarbij we binnen enkele decennia zelfs ozonconcentraties zullen opmeten in de stratosfeer die hoger liggen dan voor de uitstoot van ozonafbrekende gassen zoals CFK's (zie figuur 6).
- Ozon aan de grond heeft een schadelijke invloed op de gezondheid van de mens (luchtwegeninfecties). Deze ozonconcentraties zijn toegenomen door stijgende emissies van uitlaatgassen afkomstig van transport en industrie. Voor Ukkel is deze sterke stijging van de ozonconcentraties tijdens de voorbije 20 jaar gelukkig getemperd.

WATERDAMP IN EUROPA

- Waterdamp is moeilijk om te meten, aangezien het sterk varieert in de ruimte en in de tijd. Om de tijdsevolutie te bepalen is het daarom aangewezen om de metingen met verschillende types instrumenten te vergelijken en te combineren.
- KMI-onderzoek wijst uit dat de totale hoeveelheid waterdamp toeneemt over Europa, wat in lijn



Figuur 6. Verticale verdeling van ozon (rode curve) en temperatuur (witte curve) volgens de hoogte in de atmosfeer.

ligt met de waargenomen opwarming voor Europa. Toch zijn er regionale verschillen en lijkt de hoeveelheid waterdamp in het oosten sterker toe te nemen dan in het westen, waar zelfs een afname van de hoeveelheid waterdamp optrad tijdens de periode 1995-2015.

OZON, UV EN AEROSOLEN IN ANTARCTICA

- De totale hoeveelheid ozon aan de Belgische poolbasis in Antarctica vertoont een sterke interjaarlijkse variabiliteit, afhankelijk of het ozongat zich al dan niet boven het station bevindt (zie figuur 7).
- De waarden van de uv-index kunnen bij lage ozonwaarden tot 12 stijgen, een waarde die vergelijkbaar is met tropische regio's en waarbij een onbeschermde huid binnen 10 minuten kan verbranden.
- De metingen van aerosoleigenschappen die sinds 2012 aan de Antarctische poolbasis gebeuren, leveren belangrijke informatie voor de simulatie van wolkenvormingsprocessen in klimaatmodellen.



Figuur 7. Voorbereiding van de lancering van een weerballon voor een radiopeiling aan de Belgische poolbasis in Antarctica.

Weer- en klimaatmodellering

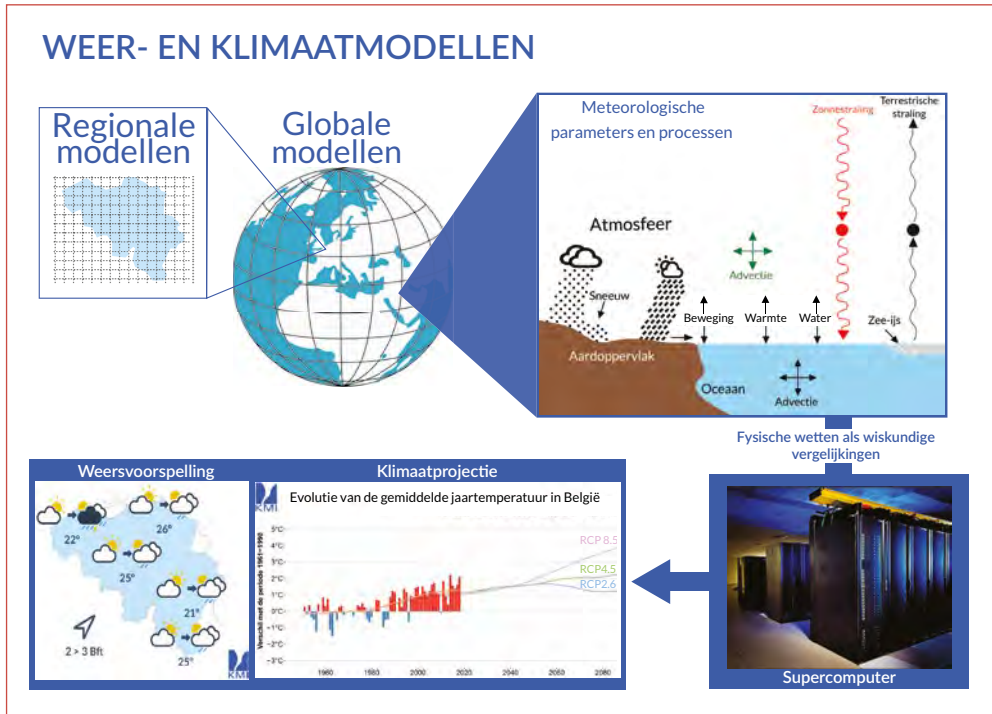


→ Ons klimaatsysteem bestaat uit de hydrosfeer, lithosfeer, atmosfeer, biosfeer en cryosfeer.

→ Voor de atmosferische component berekent het operationele weer- en klimaatmodel van het KMI (ALARO) de mogelijke toekomstige evolutie van meteorologische variabelen.

→ Weer- en klimaatmodellen (zie figuur 9):

- verdelen het aardoppervlak en de atmosfeer in roosterpunten. Hoe kleiner de afstand tussen de roosterpunten, hoe hoger de resolutie van het model;
- gebruiken atmosferische waarnemingen en resultaten van voorgaande modelberekeningen om voor elk roosterpunt de evolutie van de belangrijkste meteorologische parameters (luchtdruk, temperatuur, vochtigheid en windsnelheid) uit te rekenen;
- beschrijven de meteorologische parameters door fysische wetten onder de vorm van complexe wiskundige vergelijkingen;
- voeren berekeningen uit voor verschillende regio's (heel de wereld of alleen België) en voor verschillende tijdschalen (gaande van een aantal dagen, seizoenen, 10-tal jaren, tot 100 jaar);
- en gebruiken zeer krachtige computers of zogenaamde supercomputers, om de berekeningen uit te voeren en de modelresultaten op te slaan.



Figuur 9. Schematisch overzicht van weer- en klimaatmodellen.



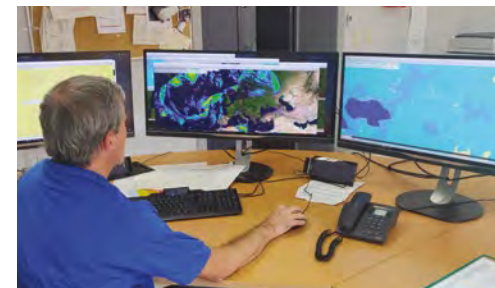
Illustratie. In het weerbureau gebruiken de meteorologen van het KMI atmosferische modellen, zoals het operationele ALARO-model van het KMI. →

→ Het operationele ALARO-model van het KMI is een regionaal model om de evolutie van het weer of klimaat voor België en omgeving te berekenen.

→ Deze regionale modellen hebben een hogere horizontale resolutie. Op die manier kan voor dezelfde rekentijd, voor een specifiek gebied op aarde meer gedetailleerde en precieze weer- of klimatologische informatie verkregen worden (zie figuur 9).

→ Naast het operationele ALARO-model voor weer- en klimaatmodellering, gebruiken KMI-wetenschappers zeer eenvoudige modellen om specifieke mechanismen van de variabiliteit van de atmosfeer te bestuderen en grondig te begrijpen. Deze vereenvoudigde modellen baseren zich op de theorie van dynamische systemen.

→ KMI-onderzoek over seizoensvoorspellingen toont dat statistische correcties nodig zijn om nuttige klimaatdiensten voor Europa te leveren.



Hoe zal het klimaat in België evolueren in de toekomst?

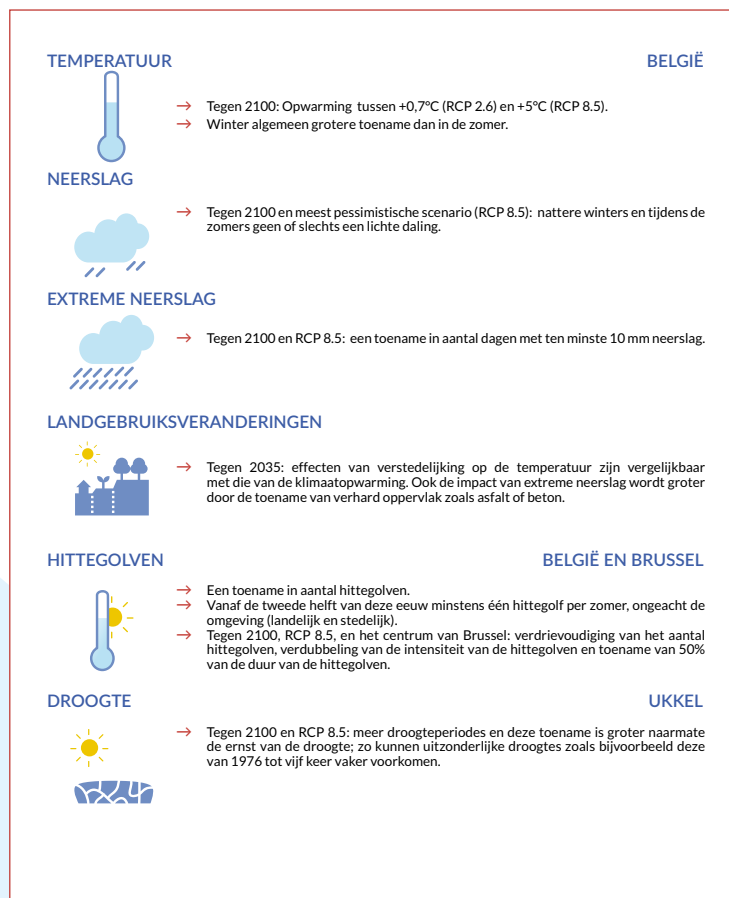
- Sinds 2011 gebruikt het KMI het ALARO-0 model voor regionale klimaatmodellering.
- Het vergelijken van modelresultaten met waarnemingen voor het huidige klimaat (of modelvalidatie) is een eerste en belangrijke stap vooraleer betrouwbare klimaatprojecties uitgerekend kunnen worden.
- De ALARO-0 modelresultaten werden voor (extreme) neerslag en minimum- en maximumtemperatuur uitvoerig vergeleken met de waarnemingen voor de 30-jarige referentieperiode 1981-2010. De resultaten van deze modelvalidatie voor het huidige klimaat toonden dat het ALARO-0 model in staat is om de waargenomen klimatologie correct te modelleren.

Scenario's voor de evolutie van broeikasgasconcentraties

Om het toekomstig klimaat te modelleren definieerde het *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* verschillende scenario's voor de evolutie van de broeikasgasconcentraties of *Representative Concentration Pathways (RCP)*, rekening houdende met mogelijke socio-economische evoluties:

- RCP 8.5 veronderstelt een sterke toename in broeikasgasconcentraties
- RCP 4.5 veronderstelt een toename en graduele stabilisatie
- RCP 2.6 veronderstelt een toename gevolgd door een afname van de concentratie van broeikasgassen tegen het einde van deze eeuw.

De globale uitstoot van broeikasgassen ligt vandaag de dag het dichtste bij het meest pessimistische RCP 8.5-scenario.



Figuur 10. Overzicht van de belangrijkste te verwachten toekomstige veranderingen op basis van de klimaatprojecties van ALARO-0. De veranderingen worden uitgedrukt t.o.v. van een 30-jarige historische periode (1961-1990 voor temperatuur, en 1976-2005 voor de andere parameters).

Gebruik makend van deze evoluties in broeikasgasconcentraties, hebben wetenschappers van het KMI met het ALARO-0 klimaatmodel verschillende klimaatprojecties tot het einde van deze eeuw berekend. Op basis van deze projecties maakten KMI-wetenschappers een kwantitatieve inschatting van de gevoeligheid van het klimaat voor een

verandering in broeikasgasconcentraties, en specifiek voor temperatuur en neerslag, evenals extreme weerfenomenen zoals hittegolven, extreme neerslag en droogte (zie figuur 10). Merk op dat de te verwachten veranderingen in figuur 10 gebaseerd zijn op één model (ALARO-0). Het samenbrengen van de resultaten van verschillende modellen is

essentieel om de onzekerheden in te schatten. De klimaatprojecties van het ALARO-model komen kwalitatief wel sterk overeen met klimaatprojecties voor België zoals berekend door andere regionale klimaatmodellen.

Van klimaatinformatie tot klimaatdiensten

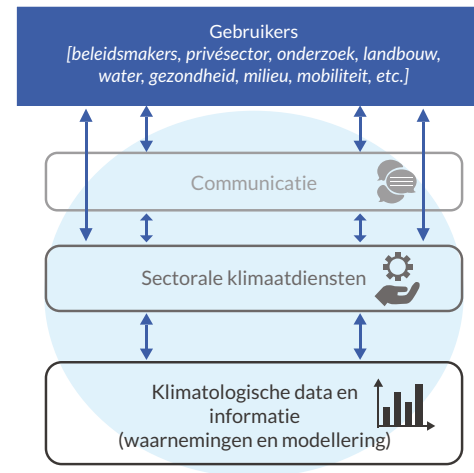
BELANG KLIMAATDIENSTEN

Klimaatdiensten zijn gebaseerd op klimaatinformatie dat individuen en organisaties in de samenleving helpen in hun besluitvorming. Concreet omvat dit het verzamelen, genereren en verstrekken van data voor het verleden, huidig en toekomstig klimaat, evenals de ontwikkeling van producten zoals kaarten, resultaten van risico- en kwetsbaarheid analyses en klimaatprojecties volgens verschillende scenario's voor broeikasgasemissies. Dit alles draagt bij tot een beter begrip van het klimaat en de gevolgen voor natuurlijke en menselijke systemen.

UNIEKE WETENSCHAPPELIJKE EXPERTISE VAN HET KMI

De wetenschappelijke expertise van het KMI is van het hoogste niveau en vormt de basis van onze betrouwbare en kwaliteitsvolle dienstverlening aan het publiek en de overheid. Het KMI speelt een actieve en toonaangevende rol in klimaatonderzoek, klimatologische waarnemingen, en *state-of-the-art* regionale klimaatmodellering (zie figuur 11). Continuïteit en innovatie staan centraal in ons wetenschappelijk onderzoek. Onze wetenschappers zetten zich

dagelijks in voor een beter begrip van de mechanismen van klimaatverandering, een optimaal gebruik en analyse van onze klimatologische gegevens en informatie en een verbetering van ons klimaatmodel.



Figuur 11. Pijlers voor de ontwikkeling en verlening van de KMI-klimaatdiensten.

WE HEBBEN NOOD AAN EEN KLIMAATCENTRUM

In de huidige maatschappelijke context van klimaatverandering is onze expertise en dienstverlening van klimatologische data, informatie en kennis van primordiaal belang om te voldoen aan de maatschappelijke noden. Sinds de laatste jaren heerst echter zowel vanuit maatschappelijke-, onderzoeks-, als beleidscontext een sterk toenemende nood aan consistente klimaatinformatie- en diensten voor België, in het bijzonder omtrent de te verwachten klimaatverandering en diens gevolgen.

Om aan deze noden te voldoen, is het noodzakelijk om op Belgisch niveau een structureel kader voor klimaatonderzoek en -diensten te financieren waarbij de samenwerkingsverbanden met de verschillende gewesten en gemeenschappen, zowel op beleids- als onderzoeksniveau, worden vastgelegd.

Op die manier kan het KMI, als toonaangevende Federale Wetenschappelijke Instelling wat betreft klimaat, een continue wetenschappelijke expertise garanderen en antwoord bieden op de belangrijke noden omtrent klimaatinformatie en klimaatdiensten op nationaal én internationaal niveau.



KONINKLIJK METEOROLOGISCH INSTITUUT VAN BELGIË

