



Vlaanderen  
is milieu



# Klimaatportaal Vlaanderen

Kompas voor een klimaatbestendig en weerbaar  
Vlaanderen



# Klimaatportaal Vlaanderen

Rob Lokers<sup>1</sup>, Ingrid Coninx<sup>1</sup>, Patrick Willems<sup>2</sup>, Hugo de Groot<sup>1</sup>, Igor Staritsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen Environmental Research

<sup>2</sup> Katholieke Universiteit Leuven

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,  
Milieurapport Vlaanderen**

Onderzoeksrapport AOW&MIRA/2018/02

September 2018



## DOCUMENTBESCHRIJVING

### **Titel**

Klimaatportaal Vlaanderen

*Dit rapport verschijnt (ook) in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen. Dit rapport is ook beschikbaar via [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).*

### **Samenstellers**

Rob Lokers<sup>1</sup>, Ingrid Coninx<sup>1</sup>, Patrick Willems<sup>2</sup>, Hugo de Groot<sup>1</sup>, Igor Staritsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wageningen Environmental Research

<sup>2</sup>Katholieke Universiteit Leuven

### **Leden begeleidende stuurgroep**

Contactpersonen opdrachtgever:

Kris Cauwenberghs (VMM, dienst Hoogwaterbeheer)

Johan Brouwers (VMM, MIRA)

### **Contactpersonen uitvoerder**

Rob Lokers (Wageningen Environmental Research)

Ingrid Coninx (Wageningen Environmental Research)

Patrick Willems (KU Leuven)

### **Overige leden stuurgroep**

Thomas Vansteenkiste (VMM, dienst Hoogwaterbeheer)

Soetkin Gardin (VMM, dienst Hoogwaterbeheer)

Marleen Van Steertegem (VMM, MIRA)

Bob Peeters (VMM, MIRA)

Jan Dhaene (VMM, dienst Communicatie)

### **Inhoud**

Dit rapport beschrijft het Klimaatportaal Vlaanderen. Het gaat o.a. in op de aanleiding voor de ontwikkeling en de situering van het portaal in de Vlaamse context. Het behandelt de inhoudelijke totstandkoming en de belangrijkste conclusies.

### **Wijze van refereren**

Lokers R., Coninx I., Willems P., de Groot H., Staritsky I. (2018) Klimaatportaal Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, dienst Hoogwaterbeheer en dienst Milieurapportering, AOW&MIRA/2018/02, Wageningen Environmental Research/KU Leuven.

### **Verantwoordelijke uitgever**

Michiel Van Peteghem, Vlaamse Milieumaatschappij

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Milieumaatschappij.

### **Vragen in verband met dit rapport**

Vlaamse Milieumaatschappij, [info@vmm.be](mailto:info@vmm.be)

### **Depotnummer**

D/2018/6871/011

### **ISBN**

9789491385650

### **NUR**

973/943



## WOORD VOORAF

Vlaanderen maakt zich klaar voor klimaatverandering. Al jaren zijn velen bezig om klimaatadaptatieplannen te maken. Dat vraagt om data en informatie die helpen om de plannen richting te geven. Omdat het steeds veel tijd kost om de nodige data bijeen te zoeken, wordt het Klimaatportaal Vlaanderen gelanceerd. Hiermee wordt de beschikbare en essentiële klimaatinformatie in één portaal bijeengebracht en waar mogelijk ruimtelijk weergegeven.

Het Klimaatportaal Vlaanderen biedt elke gebruiker een beeld op klimaatverandering, effecten en impact op mens en maatschappij. Het portaal geeft daarmee uitvoering aan de Beleidsbrief Omgeving 2017-2018 van Vlaams minister van Omgeving, Landbouw en Natuur Joke Schauvliege.

Er is voor gezorgd dat het portaal zo goed mogelijk op maat van de gebruikers in Vlaanderen ontwikkeld werd. Dit gebeurde via een interactieve en iteratieve aanpak, waarbij een aantal keer met een aantal beoogde gebruikers is samengekomen, de wensen van de gebruikers grondig besproken zijn en de website is getest op bruikbaarheid. Telkens werd de waardevolle input verwerkt in de nieuwe conceptversie van het Klimaatportaal Vlaanderen. Hiermee is een goed bruikbaar instrument ontwikkeld waarmee lokale beleidsmakers, burgers en andere belanghebbenden zich beter kunnen wapenen tegen de gevolgen van klimaatverandering.

Het Klimaatportaal Vlaanderen is klaar om gebruikt te worden. Maar het Klimaatportaal Vlaanderen is nooit volledig af. Het is een begin. De Vlaamse organisaties moeten blijven samenwerken om van het Klimaatportaal Vlaanderen een platform te maken dat blijft aangroeien met nieuwe data. Dit zal helpen om Vlaanderen verder klimaatbestendig te maken. Een opdracht waar we allemaal samen voor staan.



## INHOUDSTAFEL

Samenvatting.....	11
Summary .....	12
Inleiding .....	13
1       UITGANGSPUNTEN EN OPZET VAN HET KLIMAATPORTAAL.....	15
1.1     Uitgangspunten.....	15
1.2     Opzet.....	16
2       STRUCTUUR PORTAAL.....	17
2.1     Inleiding.....	17
2.2     Menu en paginastructuur .....	17
2.2.1   Homepage.....	17
2.2.2   Kaarten & cijfers.....	18
2.2.3   Thema's.....	18
2.2.4   Beleid .....	19
2.2.5   Open Data .....	19
2.3     Datastructuur .....	19
2.3.1   Inleiding.....	19
2.3.2   Thematiek .....	19
2.4     Structuur voor datavisualisatie .....	20
2.5     Ruimtelijke aggregaties.....	21
2.6     Duiding .....	21
3       KLIMAATSCENARIO'S .....	23
3.1     Het hoog-impactklimaatscenario 2100.....	23
4       THEMA KLIMAAT.....	24
4.1     Introductie .....	24
4.2     Data.....	27
4.2.1   Temperatuur .....	27
4.2.2   Neerslag .....	28
4.2.3   Verdamping.....	29
4.2.4   Windsnelheid .....	29
4.2.5   Overzicht klimaattoestand data.....	29
4.3     Conclusies op basis van de data.....	30
5       THEMA HITTE .....	32
5.1     Introductie .....	32
5.2     Data.....	33
5.2.1   Klimaat effecten.....	33
5.2.2   Klimaat impacts.....	34
5.2.3   Overzicht hittedata .....	35
5.3     Conclusies op basis van de data.....	36

6	THEMA OVERSTROMINGEN .....	38
6.1	Introductie .....	38
6.2	Data .....	39
6.2.1	Klimaat effecten .....	39
6.2.2	Klimaat impact .....	40
6.2.3	Overzicht overstromingsdata .....	40
6.3	Conclusies op basis van de data .....	41
7	THEMA ZEEPIEGELSTIJGING .....	43
7.1	Introductie .....	43
7.2	Data .....	44
7.2.1	Klimaat effecten .....	44
7.2.2	Klimaat impact .....	44
7.2.3	Overzicht overstromingsdata .....	45
7.3	Conclusies .....	45
8	THEMA DROOGTE .....	47
8.1	Introductie .....	47
8.2	Data .....	48
8.2.1	Klimaat effecten .....	48
8.2.2	Overzicht droogte data .....	48
8.3	Conclusies op basis van de data .....	49
9	SYNTHESE .....	51
9.1	Introductie .....	51
9.2	Data .....	52
9.2.1	Overzicht synthese data .....	54
9.3	Conclusies op basis van de data .....	55
10	GEBRUIK VAN HET PORTAAL .....	56
10.1	Navigatie .....	56
10.1.1	Menu .....	56
10.1.2	Shortcuts .....	57
10.2	Bediening van de data viewer .....	57
10.2.1	Selectie van indicatoren in kaart, grafiek en kerngetal .....	57
10.2.2	Kaart navigatie en kaartinstellingen .....	59
10.2.3	Focus op een specifieke gemeente en haar kentallen .....	61
10.2.4	Grafieken en kerngetallen .....	61
10.2.5	Duiding bij thema's en indicatoren .....	62
10.3	Integratie data viewer in andere websites .....	64
11	ARCHITECTUUR .....	65
11.1	Concepten .....	65
11.1.1	Onderhoudbaarheid en aanpasbaarheid .....	65
11.2	Globale architectuur .....	67



12	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	69
13	REFERENTIES .....	71
■	LIJST MET RELEVANTE WEBSITES.....	73
BIJLAGEN	.....	74
Bijlage 1	Screening van 6 websites voor klimaatinformatie.....	75
Bijlage 2	Analyse van mogelijke datakruisingen.....	76





## INHOUDSTAFEL FIGUREN

figuur 1: Homepage Klimaatportaal Vlaanderen.....	18
figuur 2: Beeld op de datavisualisatie in het Klimaatportaal .....	20
figuur 3: Thema klimaat in de sectie Kaarten en cijfers .....	27
figuur 4: Thema hitte in de sectie Kaarten en cijfers .....	32
figuur 5: Thema overstromingen in de sectie Kaarten en cijfers .....	38
figuur 6: Thema zeespiegelstijging in de sectie Kaarten en cijfers.....	43
figuur 7: Thema droogte in de sectie Kaarten en cijfers .....	47
figuur 8: Synthesebeeld voor klimaateffect in de sectie Kaarten en cijfers.....	51
figuur 9: Synthesebeeld voor klimaatimpact in de sectie Kaarten en cijfers .....	52
figuur 10: Hoofdmenu en secundair menu .....	56
figuur 11: Tertiër / footermenu .....	57
figuur 12: Thema tabbladen in applicatie Kaarten en cijfers .....	58
figuur 13: Paneel voor selectie van indicatoren in applicatie Kaarten en cijfers .....	59
figuur 14: Zoomknoppen in applicatie Kaarten en cijfers .....	60
figuur 15: Zoekfunctie voor locatie in applicatie Kaarten en cijfers.....	60
figuur 16: Instelling voor transparantie in applicatie Kaarten en cijfers .....	61
figuur 17: Lokale kerngetallen en grafieken voor een gemeente in applicatie Kaarten en cijfers.....	62
figuur 18: Duidingstekst bij thema in applicatie Kaarten en cijfers .....	63
figuur 19: Duidingstekst bij een indicator in applicatie Kaarten en cijfers.....	63
figuur 20: Applicatie architectuur van het Klimaatportaal.....	67



## INHOUDSTAFEL TABELLEN

tabel 1: Overzicht van de klimaatmodelsimulaties (groot ensemble) gebruikt voor het afleiden van de klimaatveranderingssignalen voor Vlaanderen.....	25
tabel 2: Datasets beschikbaar onder thema klimaat.....	29
tabel 3: Datasets beschikbaar onder thema hitte.....	35
tabel 4: Datasets beschikbaar onder thema overstromingen.....	41
tabel 5: Datasets beschikbaar onder thema overstromingen.....	45
tabel 6: Datasets beschikbaar onder thema droogte.....	49
tabel 7: Datasets beschikbaar onder thema synthese.....	54
tabel 8: Long-list van indicatoren samen met de code en sector of type impact.....	80
tabel 9: Tabel met data-kruisingen.....	82
tabel 10: Analyse datakruisingen en voorstel short-list klimaatimpactindicatoren.....	85
tabel 11: Analyse belang klimaattoestandsvariabelen en -effecten.....	90

## SAMENVATTING

Deze rapportage beschrijft de verschillende elementen van het Klimaatportaal Vlaanderen zoals dat in mei 2018 werd opgeleverd. Het Klimaatportaal Vlaanderen is ontwikkeld in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij om op een gebruiksvriendelijke manier klimaatinformatie voor Vlaanderen (geo)grafisch beschikbaar te maken en te bundelen op één weblocatie. Het Klimaatportaal Vlaanderen omvat informatie over de klimaattoestand (historisch/actueel en scenario's tot 2100), de klimaat-effecten (hitte, overstroming, zeespiegelstijging en droogte) en de klimaatimpact (bijvoorbeeld mogelijke getroffensten, economische schade). Op die manier identificeert het portaal ook de meest kwetsbare zones voor klimaatverandering in Vlaanderen, en helpt het allerlei organisaties bij de uitwerking van het (lokale) adaptatiebeleid. Het portaal zal vooral gemeenten en steden helpen bij het ontwikkelen van een lokaal adaptatieplan en ondersteunt ook bij de implementatie en rapportering in het kader van het EU-Burgemeestersconvenant (beleidsbrief Omgeving 2017-2018 ingediend door minister Joke Schauvliege, SD 8. OD 56).

Deze rapportage gaat in op de verschillende onderdelen van het portaal om te duiden welke informatie toegevoegd is, hoe en waarom dat is gebeurd en op welke manier de informatie te raadplegen is. Eerst is beschreven wat de uitgangspunten zijn voor het portaal. Die zijn deels ingegeven door de wensen vanuit gebruikers, deels vanuit de sterke punten die naar voren komen uit een vergelijkende studie van internationale klimaatportalen. Ook wordt de structuur van het portaal beschreven.

Vervolgens wordt per thema, zoals deze in het Klimaatportaal Vlaanderen worden onderscheiden, een korte uitleg van het thema gegeven. Ook wordt beschreven voor zowel de klimaateffecten als de klimaatimpacts, welke data in het Klimaatportaal Vlaanderen opgenomen zijn en waar relevant wat de bron van de data was of hoe deze zijn afgeleid. Per thema wordt ook een afsluitend overzicht gegeven met de belangrijkste conclusies die vanuit de thematische data en de daaraan ten grondslag liggende onderzoeken en data-analyses zijn te trekken.

In een tweetal hoofdstukken wordt een technisch-inhoudelijk overzicht gegeven van het Klimaatportaal Vlaanderen, hoe het portaal is opgezet en hoe het portaal te bedienen is. Er wordt een overzicht gegeven van de technische architectuur van het portaal op hoofdniveau. Daarnaast zijn de meest relevante functionaliteiten van het Klimaatportaal Vlaanderen en met name van de applicatie 'Kaarten en cijfers' uitgewerkt. Dit geeft een goede basis voor het verkennen en bedienen van de verschillende onderdelen van het Klimaatportaal Vlaanderen.

Dit rapport eindigt met de belangrijkste conclusies omtrent het opzetten van het Klimaatportaal Vlaanderen, de uitgevoerde data-analyses en de uiteindelijk beschikbaar gestelde data en informatie.



## SUMMARY

This report describes the development of the Climate Portal for Flanders as it was completed in May 2018. The Climate Portal for Flanders is developed on behalf of the Flemish Environment Agency to make climate information (geo)graphically available to Flanders in a user-friendly way with the main aim to bring together all fragmented climate information into one portal. The Climate Portal for Flanders includes information about climate situation (historical/actual and scenario's up till 2100), climate effects (heat, flooding, sea level rise and drought) and climate impacts (for example affected people or economic damage). This climate information is useful to identify the areas in Flanders that are most vulnerable to climate change. The information can be used by various organisations to elaborate the (local) adaptation policy. The portal is in particular aimed to support local authorities to develop a local adaptation plan. In that way, the Climate Portal for Flanders contributes to the implementation and monitoring as agreed within the scope of the European Covenant of Mayors (Policy Letter on Environment 2017-2018 submitted by Minister Joke Schauvliege, SD 8. OD 56).

The report describes the different components of the portal. It illustrates what information is used in the portal, how and why this information is used as well as how the information can be consulted. The first chapter explains the assumptions that are at the basis of the Climate Portal for Flanders. These assumptions are coming from user needs as well as from the comparative evaluation of existing climate portals abroad. Furthermore, the structure of the portal is explained.

Then, each of the climate themes is introduced by explaining the related climate effects, climate impacts and the data that are used in the portal and, where relevant, what the source of the data was or how these were derived. For each theme, a final overview is also given with the most important conclusions that can be drawn from the thematic data and the underlying research and data analyses.

Two chapters provide a technical substantive overview of the Climate Portal for Flanders, how the portal has been set up and how it can be operated. An overview of the portal's technical architecture at the main level is provided. In addition, the most relevant functionalities of the Climate Portal for Flanders, and in particular of the 'Maps and figures' application, have been developed. This provides a good basis for exploring and operating the various parts of the Climate Portal for Flanders.

This report concludes with the most important conclusions regarding the establishment of the Climate Portal for Flanders, the data analyses carried out and the data and information ultimately made available.



## INLEIDING

### Aanleiding

Het Klimaatportaal Vlaanderen is tot stand gekomen naar aanleiding van enkele voorgaande initiatieven. Ten eerste bracht VMM-MIRA in 2015 het klimaatrapport *'Klimaatrapport 2015: over waargenomen en toekomstige klimaatveranderingen'*<sup>1</sup> uit, in samenwerking met KU Leuven, VITO en KMI. Daarin stond de toestand van de waargenomen en toekomstige klimaatverandering in Vlaanderen gerapporteerd. Die kennis is in cijfers en tekstvorm beschikbaar en er werd gezocht om ook de lokale onderliggende klimaatinfo via een passend kanaal naar de gebruikers te brengen.

Ten tweede was er de ontwikkeling vanuit het toenmalige Departement LNE van de Vlaamse Overheid om steden en gemeenten die het Europese burgemeestersconvenant 'Mayors Adapt' ondertekend hadden, te helpen bij de ontwikkeling van hun klimaatadaptatieplan. Om dat goed te kunnen doen, zou elke Vlaamse stad of gemeente inzicht moeten krijgen in de betekenis van klimaatverandering voor (en binnen) het eigen grondgebied. Departement LNE liet daarom eerst een definitiestudie *'Steden en gemeenten adapteren'* (Coninx et al., 2015) uitvoeren door Wageningen Environmental Research, Climate Adaptation Services en Point Consulting. Zo kon nagegaan worden welke informatiebehoeften de steden en gemeenten hadden en hoe een klimaatportaal ontwikkeld kon worden. Het werd duidelijk dat steden en gemeenten ondersteuning nodig hebben en dat ze vooral op zoek zijn naar informatie om:

- (1) effecten van klimaatverandering voor het gebied te kennen, om zo een lokale klimaatstrategie en actieplan op te stellen;
- (2) argumentaties, kennis en onderbouwing te vinden om de politici te voeden in hun keuzeprocess;
- (3) gesensibiliseerd te worden door collega's en inwoners;
- (4) inzicht te verwerven in de stand van zaken en inzicht voor verder onderzoek.

Vanuit deze twee ontwikkelingen startte de VMM midden 2016 met de coördinatie van deze eerste fase van de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen, uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en KU Leuven. Deze portaalsite voert de beleidsbrief van minister Schauvliege (SD 8. OD 56) uit: *"Het Vlaamse Klimaatportaal wordt verder ontwikkeld. De op GIS-gebaseerde webtoepassing zal op een gebruiksvriendelijke manier heel wat klimaatinformatie (geo)grafisch beschikbaar maken en bundelen op één weblocatie. De tool zal zowel de klimaattoestand (historisch, actueel en scenario's tot 2100), de klimaateffecten (overstromingen, wateroverlast, hitte en droogte) als de klimaatimpact (mogelijke slachtoffers, economische schade) in beeld brengen en kwantificeren via kruising van datalagen. Deze atlas vormt een belangrijke hulp bij het identificeren van de meest kwetsbare zones in Vlaanderen en de uitwerking van het (lokaal) adaptatiebeleid."*

---

<sup>1</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/klimaatrapport-2015-over-waargenomen-en-toekomstige-klimaatveranderingen>

## Situering

De huidige (en eerste) versie van het Klimaatportaal Vlaanderen omvat in hoofdzaak een op GIS-gebaseerde toepassing. De informatie van het Klimaatrapport 2015 is daarin opgenomen en verder verfijnd en geactualiseerd. Om de impact van klimaatverandering inzichtelijk te maken, zijn er een aantal nieuwe analyses uitgevoerd. Al die informatie is beschikbaar via kaarten, infografieken en via ondersteunende teksten. Zo zijn de huidige beschikbare kennis en inzichten m.b.t. de klimaatverandering en de effecten inzake hitte, overstromingen, zeespiegelstijging, droogte ... en de belangrijkste socio-economische impacts samengebracht. De info wordt ontsloten via één portaal-site: <https://klimaat.vmm.be>. Dat maakt het voor lokale overheden veel gemakkelijker om toegang te vinden tot informatie en data voor hun planvorming.

Ook andere landen en regio's hebben een klimaatportaal ontwikkeld.

- Nederland: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- Ierland: <https://www.climateireland.ie/>
- Wallonië: <http://www.awac.be/index.php/thematiques/changement-climatique/adaptation>
- Portugal: <http://portaldoclima.pt/en/>
- California: <http://cal-adapt.org>

De functionaliteiten van die portalen zijn divers, alsook de aard van de informatie en de schaal. Bij de start van deze opdracht is eerst een analyse gemaakt van bestaande portalen om zo de sterkste elementen te combineren voor het Klimaatportaal Vlaanderen (toegevoegd als Bijlage 1 bij dit rapport). Om ervoor te zorgen dat het portaal echt op maat van de gebruikers in Vlaanderen ontwikkeld werd, kozen we een interactieve en iteratieve aanpak. We kwamen twee keer met vertegenwoordigers van de gebruikersgroepen samen op 29.6.2017 en 14.12.2017. Dit waren medewerkers van de provincie Antwerpen, de provincie Limburg, de provincie Oost-Vlaanderen en de provincie Vlaams-Brabant, Aalst, Antwerpen, Gent, Geraardsbergen, Hasselt, Leuven, Schoten, het departement Omgeving - Afd. Energie, Klimaat en Groene Economie en Afd. Vlaams Planbureau voor Omgeving, ILVO en Informatie Vlaanderen. Tijdens die gebruikersgroepsessies werden de wensen van de gebruikers grondig besproken en werd de website getest op bruikbaarheid. Iedere keer werd de waardevolle input verwerkt in de nieuwe conceptversie van het Klimaatportaal Vlaanderen.

We keken ook nadrukkelijk naar verschillende manieren om indicatoren weer te geven. We gingen na welke informatie er in Vlaanderen al beschikbaar is. Bepaalde informatie is alleen op Vlaamse schaal beschikbaar, dus zonder geografische opdeling. Er is wel heel wat informatie beschikbaar die toelaat om specifiek per gemeente de toekomstige klimaattevoeltes en impact in te schatten. Er zijn tevens een aantal blinde vlekken gesignaleerd, waarop data en indicatoren nog ontbreken. Die kunnen in de volgende ontwikkelingsfase van het Klimaatportaal Vlaanderen verder opgenomen worden. Om de indicatoren en data zo goed mogelijk te formuleren en te combineren werd ook een begeleidingsgroep van data-experts gevormd en bij de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen betrokken: vertegenwoordigers van het Europees Milieuagentschap, Departement Omgeving - Afd. Energie Klimaat en Groene Economie + Afd. Planbureau, Waterbouwkundig Labo, KMI, Agentschap Zorg & Gezondheid, INBO, Stad Gent, Stad Antwerpen, VITO, ILVO, Informatie Vlaanderen, MOW - Afdeling Kust, Sciensano.

## En verder

Het Klimaatportaal Vlaanderen is in deze eerste versie klaar om gebruikt te worden. Het is de bedoeling om de samenwerking tussen Vlaamse organisaties verder te versterken zodat meer data toegevoegd worden en beschikbaar komen (bv. rond economische en ecologische impact). Dit helpt Vlaanderen verder klimaatbestendig te maken.



# 1 UITGANGSPUNTEN EN OPZET VAN HET KLIMAATPORTAAL

## 1.1 Uitgangspunten

Het Klimaatportaal Vlaanderen vertrekt vanuit een aantal uitgangspunten die bij het begin van de opdracht zijn meegegeven. Die uitgangspunten worden hier kort beschreven. De meeste uitgangspunten komen voort uit de behoeften-identificatie bij steden en gemeenten, te vinden in de studie “Steden en gemeenten adapteren” (Coninx et al., 2015). Andere uitgangspunten kwamen tot stand omdat de data beschikbaar zijn.

- Diverse gebruikers zullen het Klimaatportaal Vlaanderen raadplegen. Het portaal wordt in eerste instantie ontwikkeld voor ambtenaren van steden en gemeenten. Ook andere gebruikers kunnen het portaal raadplegen, bv. middenveld, bedrijven, onderzoek, media en burgers.
- Eén kanaal: steden en gemeenten willen alle beschikbare informatie over klimaatverandering via één kanaal raadplegen. Momenteel is veel informatie nog gefragmenteerd. Eén kanaal spaart tijd uit en geeft hen een goed overzicht van wat wel en niet beschikbaar is.
- Ruimtelijke informatie: steden en gemeenten hebben voor de eigen planvorming inzicht nodig in de klimaattoestand, klimaateffecten en klimaatimpact op het eigen grondgebied. Er is nood aan kaarten en op GIS-gebaseerde functies in het Klimaatportaal Vlaanderen.
- Autonoom gebruik van het portaal: steden en gemeenten willen het portaal zelfstandig en autonoom gebruiken en niet afhankelijk zijn van anderen. Daarvoor moet het portaal gebruiksvriendelijk en begrijpelijk zijn.
- Meer dan alleen een klimaatatlas: het portaal moet voor verschillende gebruikers dienen en niet iedereen heeft informatie op kaartmateriaal nodig. Het moet ook functies omvatten zoals verwijzen naar opkomende evenementen, naar studies en publicaties, naar andere relevante websites.
- De meest recente klimaatscenario's zijn beschikbaar via MIRA. Die scenario's worden verwerkt in het Klimaatportaal. Hoe Vlaanderen er tegen 2050 of 2100 uit zal zien, wordt ook vertaald in verschillende landgebruiksscenario's. In dit eerste stadium van het Klimaatportaal Vlaanderen zijn die landgebruiksscenario's nog niet mee in rekening genomen en wordt vertrokken vanuit de huidige ruimtelijke inrichting. Het voordeel daarvan is dat de steden en gemeenten duidelijk kunnen zien welke ruimtelijke inrichting en ruimtelijke functies onder druk kunnen staan door klimaatverandering. Op die manier wordt duidelijk welke zaken opgenomen moeten worden in het adaptatieplan.
- Gebruiker centraal: omdat de bruikbaarheid van het portaal zo belangrijk is, werd gekozen voor een ontwikkelaanpak waarbij de gebruiker centraal staat. De wensen zoals geformuleerd in de LNE studie “Steden en gemeenten adapteren” (Coninx et al. 2015) zijn meegenomen. Er is ook een gebruikerstestgroep die enkele keren bij elkaar kwam om mee te denken over het portaal en om het portaal te testen. Hun opmerkingen en suggesties zijn vervolgens meegenomen in de verdere ontwikkeling van het portaal.
- Omdat het portaal ook de gefragmenteerde informatie bijeen wil brengen en omdat we gebruik wilden maken van de beschikbare inzichten over de meest geschikte indicatoren, is er een begeleidingsgroep gevormd van experts op vlak van klimaatverandering en klimaatimpacts. Op die manier werd duidelijk welke data al voor handen is en op welke manier die bij voorkeur zou weergegeven worden.

## 1.2 Opzet

- Een Klimaatportaal met verschillende niveaus: omdat verschillende types gebruikers het portaal zullen raadplegen en omdat die gebruikers een verschillend kennisniveau hebben, is het portaal opgebouwd met verschillende niveaus. Het is voor beginnende gebruikers, al wat meer ingewijde gebruikers en gevorderde gebruikers.
- Het Klimaatportaal Vlaanderen vormt een basis om inzicht te krijgen in de mogelijke impact van klimaatverandering. Daarna kan die informatie gebruikt worden voor adaptatieplanning. Voor het voeren van adaptatieplannen met relevante maatregelen bestaan al ondersteunende websites. Het is de bedoeling om de portaalgebruiker te begeleiden naar die relevante informatie via relevante websitelinks.
- Het portaal helpt ook steden en gemeenten te voldoen aan hun verplichtingen omtrent monitoring in het kader van het burgemeestersconvenant. Het ontsluit indicatoren die gebruikt kunnen worden in de periodieke monitoringsrapportage.





## 2 STRUCTUUR PORTAAL

### 2.1 Inleiding

De structuur van het Klimaatportaal Vlaanderen is zo opgezet dat verschillende groepen gebruikers, met verschillende niveaus van expertise over klimaatverandering gemakkelijk de relevante informatie kunnen vinden. Omdat verschillende types gebruikers het portaal zullen raadplegen en omdat die gebruikers een verschillend kennisniveau hebben, is het portaal opgebouwd met verschillende niveaus:

- Beginnende gebruiker: voor deze gebruiker zijn de pagina's onder de sectie thema's relevant. Ze geven een goede introductie van de situatie rond klimaatverandering, effecten en impacts. De synthese-indicatoren schetsen in de applicatie "Kaarten en cijfers" een goed integraal beeld van waar effecten en impacts in Vlaanderen samenkomen.
- Ingewijde gebruiker: de meer in klimaatverandering ingewijde gebruiker verdiept zich in de applicatie "Kaarten en cijfers" in de verschillende thema's met een aantal hoofdindicatoren met daarbij behorende grafieken en kerngetallen. De pagina over beleid geeft verdere bronnen om maatregelen uit te werken die de klimaatbestendigheid kunnen verhogen.
- Gevorderde gebruiker: de gevorderde gebruiker kan in de applicatie "Kaarten en cijfers" de sectie met extra kaarten bekijken. Voor verdere analyse kan hij via de sectie "Open data" datasets en verdere informatie krijgen via de links naar andere informatiebronnen.
- De structuur van het portaal ondersteunt ook verschillende perspectieven o.v.v. schaalniveau. Data kan via de applicatie "Kaarten en cijfers" van een overzicht op Vlaams niveau tot op wijkniveau bekeken worden in kaarten, kerngetallen en grafieken. Je kan data op gemeenteniveau opvragen en vergelijken met buurgemeenten of gemeenten met gelijke of net verschillende karakteristieken.

### 2.2 Menu en paginastructuur

De structuur van de webpagina's zoals ze via het gebruikersmenu en de overige navigatiemogelijkheden worden aangeboden, leidt de gebruikers gestructureerd door het portaal. Het leidt de gebruiker van basisinformatie, via meer toegespitste (thematische) teksten naar gedetailleerde data, kerngetallen, grafieken en kaarten.

#### 2.2.1 Homepage

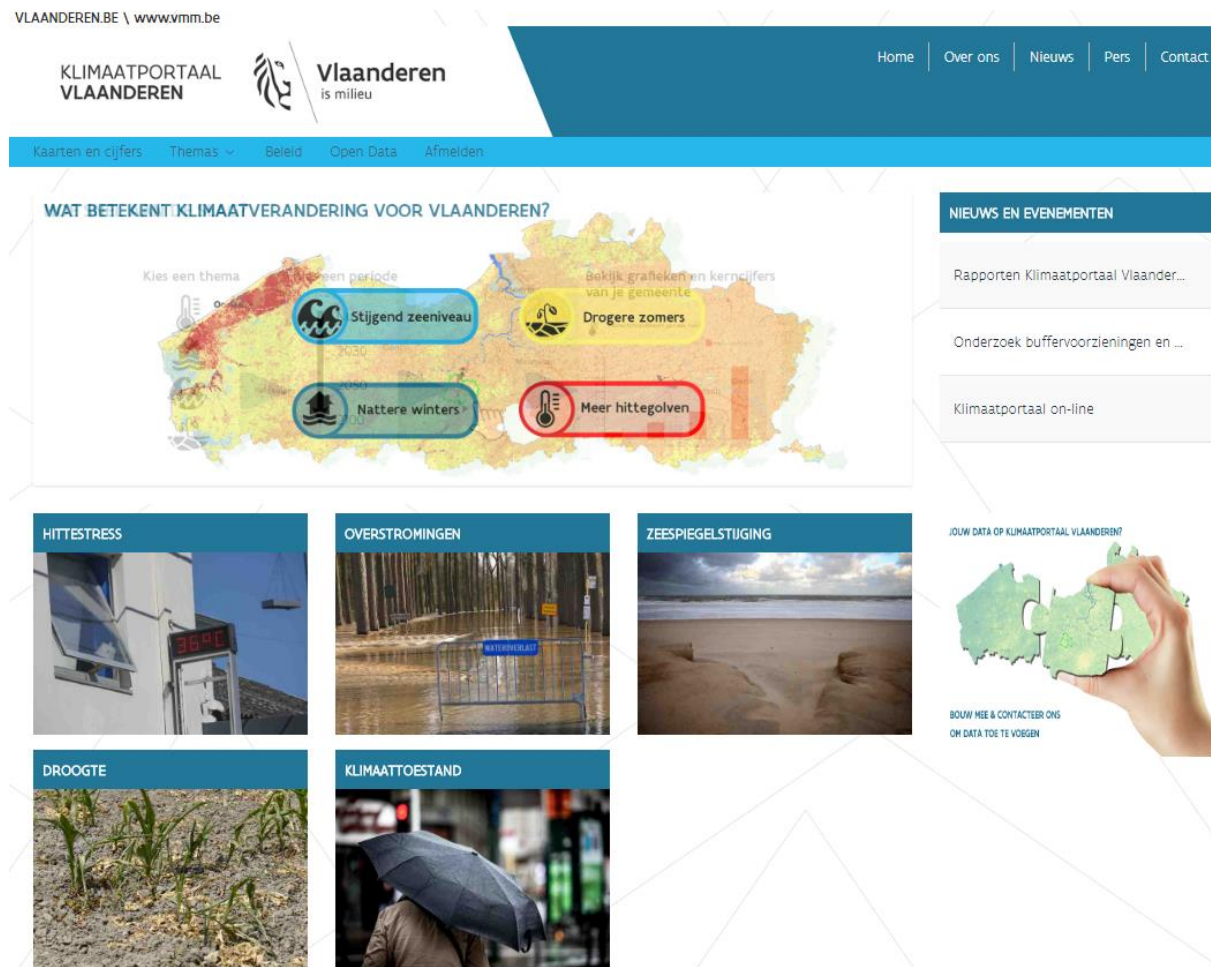
De homepage biedt een gebruiker in een oogopslag een overzicht van de belangrijkste secties van het Klimaatportaal Vlaanderen in de vorm van korte teksten en afbeeldingen. Daarnaast worden de meest recente nieuwsberichten getoond. De volgende onderdelen worden weergegeven:

- *Een carousel* met een animatie van de meest relevante onderdelen van het portaal. Elke afbeelding in de animatie linkt door naar de bijbehorende sectie in het portaal. Deze wordt aangepast aan de actualiteit. De getoonde afbeeldingen en korte teksten geven een goed beeld van de achterliggende informatie of data.
- *Een nieuwssectie* met de meest recente nieuwsberichten en events. Deze sectie toont de meest recente nieuwsberichten. Via de titellink opent een gebruiker het volledige nieuwsbericht. Bovendien bevat de sectie een link naar het volledige archief van alle actuele en historische nieuwsberichten.
- *Een aantal themablokken* die de thematische secties visualiseren (momenteel hitte, overstromingen, zeespiegelstijging, droogte en klimaat). Via deze afbeeldingen komt de



gebruiker terecht op een pagina met een algemene, inleidende beschrijving van het gekozen thema en een link naar het betreffende thema in de dataviewer (Kaarten & cijfers).

figuur 1: Homepage Klimaatportaal Vlaanderen



## 2.2.2 Kaarten & cijfers

De sectie “Kaarten & cijfers” bevat een dataviewer, waarmee alle data beschikbaar in het Klimaatportaal Vlaanderen visueel weergegeven worden. De data worden via deze visualisatietool zowel ruimtelijk (in kaarten) getoond als in grafieken en kerngetallen. Data worden per thema (hitte, overstromingen, zeespiegelstijging, droogte en klimaat) gegeven. Er staan ook een aantal synthese-datasets op die de integrale effecten en impacts van klimaatverandering in Vlaanderen tonen. Inhoud en interne structuur van deze geïntegreerde applicatie wordt verderop in dit document besproken.

## 2.2.3 Thema’s

Deze sectie omvat een aantal beschrijvende teksten en achtergronden rond klimaatverandering. Het fenomeen klimaatverandering komt aan bod, wat nu al merkbaar is en wat de verwachte effecten en gevolgen kunnen zijn op langere termijn. Er zijn ook een aantal pagina’s met thema-specifieke achtergronden voor de thema’s in het Klimaatportaal.

## 2.2.4 Beleid

De sectie “Beleid” geeft een overzicht van het ontwikkelde beleid rond klimaatverandering en zijn effecten en impacts, zoals klimaatadaptatie en mitigatie. In deze sectie wordt vaak verwezen naar andere bronnen en platforms waar relevante informatie over (inter)nationaal beleid te vinden is.

## 2.2.5 Open Data

Via de sectie “Open data” is het merendeel van de data beschikbaar als open data. Afhankelijk van de betreffende data kan dit ofwel een downloadbaar bestand zijn, ofwel een link naar een dataservice (bv. een WMS kaartservice of WFS dataservice in het geval van ruimtelijke data).

# 2.3 Datastructuur

## 2.3.1 Inleiding

Ook waar het gaat om de datastructuur en datavisualisaties komen concepten terug die ondersteuning bieden aan verschillende expertiseniveaus en geografische en thematische perspectieven. De dataviewer toont in verschillende tabbladen: een synthesebeeld en een aantal klimaatgebonden thema’s. In elk tabblad kan je kaarten, grafieken en kerngetallen voor het betreffende thema raadplegen. Ook daar is elke dataset onderverdeeld in verschillende niveaus van relevantie en complexiteit. De data worden voor verschillende ruimtelijke aggregaties getoond.

## 2.3.2 Thematiek

In het Klimaatportaal Vlaanderen kozen we ervoor om data te organiseren rond een aantal thema’s. Bij elk thema wordt de data van een aantal geassocieerde indicatoren gevisualiseerd. Dit zijn indicatoren die de klimaattoestand beschrijven (gemiddelde weerparameters als bv. temperatuur en neerslag over een langere periode), de effecten van een veranderend klimaat (bv. hitte, overstromingen, zeespiegelstijging en droogte) en ten slotte klimaatimpact, de gevolgen van deze effecten op mens, maatschappij, natuur, infrastructuur (bv. getroffen personen, getroffen gebouwen).

- *Synthese*

Binnen het thema “Synthese” geven we een geïntegreerd beeld van de effecten en impact van klimaatverandering in Vlaanderen. De startende gebruiker krijgt zo een overzichtsbild waar in Vlaanderen klimaatverandering meer of minder gevolgen gaat hebben. De meer gevorderde gebruiker krijgt handvaten, bv. voor adaptatieplanning voor bij complexere situaties.

- *Hitte*

Het thema “Hitte” toont hoe hitte en hittestress zich onder klimaatverandering zouden kunnen ontwikkelen. Naast een uitgebreide set van indicatoren o.v.v. de evolutie van hitte zijn ook een aantal gezondheid gerelateerde impactindicatoren opgenomen.

- *Overstromingen*

Onder het thema “Overstromingen” staan de effecten en impact van overstromingen onder klimaatverandering. Het bevat de gecombineerde informatie van overstromingen vanuit (onbevaarbare) rivieren en overstromingen door intense regenval (‘afstroming’).

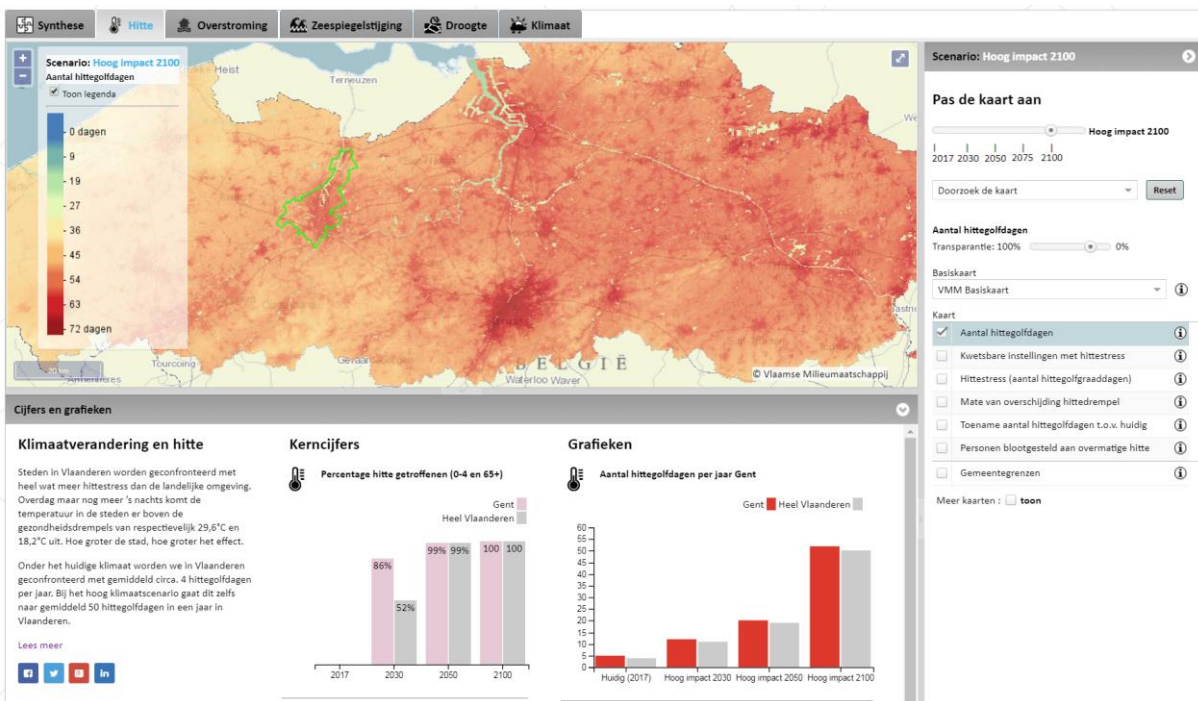


- **Zeespiegelstijging**  
Het thema “Zeespiegelstijging” toont de effecten en impact door zeespiegelstijging ten gevolge van klimaatverandering. Het gaat over de gevolgen voor de Vlaamse kust- en poldergemeenten, onder de huidige status van kustbescherming.
- **Droogte**  
Het thema “Droogte” toont de huidig beschikbare informatie gerelateerd aan de toenemende droogte als gevolg van de combinatie van temperatuurstijging met hogere verdamping en veranderingen in neerslagprofiel over het jaar door klimaatverandering.
- **Klimaat**  
Het thema “Klimaat” toont de directe invloed van klimaatverandering op de verschillende klimaatindicatoren als temperatuur, neerslag, verdamping en windsnelheid.

## 2.4 Structuur voor datavisualisatie

Binnen elk thema worden indicatoren op verschillende manieren weergegeven. Zo kunnen we verschillende dimensies en perspectieven op de data geven en wordt meer inzicht geboden dan wanneer bv. alleen kaarten worden getoond.

figuur 2: Beeld op de datavisualisatie in het Klimaatportaal



De volgende types data visualisatie zijn in de dataviewer geïntegreerd:

- **Kaarten**  
Klimaatverandering heeft een duidelijke ruimtelijke dimensie. Daarom is het belangrijk om in kaarten een ruimtelijk beeld te schetsen en een lokaal beeld te vormen van de problematiek en mogelijke oplossingen voor bv. klimaatadaptatie. De kaarten worden steeds aangeboden in de hoogst beschikbare resolutie.

- *Grafieken*  
Grafieken geven een geaggregeerd beeld van de in de kaarten weergegeven data. In veel gevallen gaat het daarbij om een evolutie in de tijd, waarbij bv. het verloop door het jaar van een indicator voor verschillende scenario's wordt gevisualiseerd.
- *Kerngetallen*  
Kerngetallen tonen relevante informatie die ruimtelijk beschikbaar is als een geaggregeerde waarde, bv. voor een gemeente of voor heel Vlaanderen.

## 2.5 Ruimtelijke aggregaties

Om vanuit complexe ruimtelijke data een goed beeld te verschaffen op verschillende ruimtelijke schalen worden een aantal methodes aangeboden waarmee data geaggregeerd wordt getoond.

- *Clustering in kaarten*  
Om een groot aantal objecten goed te duiden op een hoog schaalniveau, bv. Vlaanderen, maakt een aantal kaarten gebruik van punt-clustering. Daarbij worden gelijksoortige objecten, bv. per gemeente, als een symbool weergegeven met daarbij het aantal gerepresenteerde objecten.
- *Aggregatie in kaarten*  
In een aantal gevallen geven de data op kaart de administratieve eenheden weer, bv. gemeenten of statistische sectoren, waarbij per eenheid een waarde of klasse wordt getoond.
- *Aggregatie in grafieken*  
Grafieken bevatten over het algemeen aggregaties over één of meerdere dimensies. Veel grafieken in het Klimaatportaal Vlaanderen bevatten aggregaties over tijd en ruimte, bv. gemiddelden per maand, per gemeente.
- *Aggregatie in kerngetallen*  
Kerngetallen zijn bedoeld om informatie in een enkele waarde weer te geven en zijn daarom eigenlijk altijd aggregaties. Vrijwel alle kerngetallen in het Klimaatportaal geven de waarde van een indicator voor één of meerdere scenario's, geaggregeerd naar Vlaanderen en gemeente.

## 2.6 Duiding

Geraadpleegde gebruikers en verschillende data-experts gaven aan dat een goede duiding bij data en datavisualisatie heel belangrijk is voor de acceptatie van het Klimaatportaal Vlaanderen en de bruikbaarheid van de beschikbaar gestelde informatie. We geven daarom op verschillende niveaus duiding bij de gevisualiseerde data.

- Direct bij de visualisatie:
  - o via een korte beschrijvende tekst bij het geselecteerde thema (links onder)
  - o via labels bij te selecteren kaartlagen
  - o via de legende – kaart titel, eenheden en beschrijvende labels bij legenda klassen
  - o via titels en bijschriften bij zowel grafieken als kerngetallen
- *Via onderliggende duidingsteksten* opvraagbaar in pop-ups (via i-buttons):
  - o bij kaarten (zowel indicatorkaarten als achtergrondkaarten)
  - o bij grafieken en kerngetallen



- Via links naar aanvullende informatie in de onderliggende duidingsteksten:
  - o Uitgebreide toelichting en achtergrond – Een URL die verwijst naar interne of externe informatie over de betreffende indicator.
  - o Bron – Een URL die verwijst naar de bron en/of bronhouder van de indicator.
  
- Via *achtergrondinformatie* opgenomen in het Klimaatportaal Vlaanderen:
  - o Beschikbare achtergronden gerelateerd aan relevante indicatoren (bv. onder de sectie “Thema’s”).



## 3 KLIMAATSCENARIO'S

### 3.1 Het hoog-impactklimaatscenario 2100

Om het Klimaatportaal Vlaanderen overzichtelijk te houden, tonen we de klimaattoestanden, effecten en socio-economische impact voor het huidig klimaat en voor het hoog-impactklimaatscenario in de toekomst, nl. de periode 2071-2100. Het hoog-impactscenario komt overeen met een *business-as-usual* uitstoot aan broeikasgassen en de bovengrens van 95 % betrouwbaarheidsintervallen afgeleid op basis van de beschikbare klimaatmodelresultaten. Het *business-as-usual* scenario voor uitstoot aan broeikasgassen resulteert volgens de klimaatmodellen in een wereldwijd gemiddelde temperatuurstijging tussen de 3,2 en 5,4 °C, rekening houdend met de onzekerheid in die klimaatmodellen. Het hoog-impactscenario in Vlaanderen is meestal gebaseerd op klimaatperturbaties die vertrekken van de 95-percentielwaarden van alle in Vlaanderen gebruikte klimaatmodellen. Voor sommige klimaateffecten (bv. overstromingen) wordt de hoogste impact lokaal bereikt ook via midden-variant klimaatmodellen, die eerder bij een 50-percentielwaarde aanleunen. Elke getoonde klimaatvariant is steeds de weergave van het gemiddelde klimaat (over 30 jaar) dat dan verwacht wordt en niet extreme weersituatie die dan kan optreden. Voor een inhoudelijke bespreking van het huidige klimaat en de mogelijke, toekomstige klimaatverandering verwijzen we naar hoofdstuk 4 'Thema klimaat'.

Door de resultaten voor het huidig klimaat te vergelijken met deze voor het hoog-impactscenario krijgen we een beeld van de potentiële impact van de toekomstige klimaatverandering (de komende decennia, tot de periode 2071-2100). De werkelijke klimaatverandering zal "met hoge waarschijnlijkheid" liggen tussen het huidig klimaat en wat het hoog-impactklimaatscenario aangeeft. Waar het toekomstig klimaat binnen het gegeven bereik tegen 2071-2100 precies gesitueerd zal zijn, is onbekend. Dit is sterk afhankelijk van de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen, en dus van de wereldwijde inspanningen o.v.v. klimaatmitigatie.

Ook de onzekerheden over de impactresultaten van de klimaatmodellen spelen een rol. De resultaten van het hoog-impactscenario tonen de richting en grootte van de toekomstige veranderingen bij een sterke klimaatverandering. De werkelijke klimaatverandering ligt heel waarschijnlijk tussen het huidig klimaat en deze sterke klimaatverandering. De kans is klein dat klimaatverandering sterker zal zijn dan wat het hoge klimaatscenario weergeeft. Omdat de precieze veranderingen niet gekend zijn, moeten de cijfers bij benadering geïnterpreteerd worden. Voor tussenliggende jaren (tussen huidig klimaat en 2071-2100) worden de veranderingen geïnterpreteerd als lager dan deze getoond tot 2071-2100 (in grootte proportioneel met de periode).



## 4 THEMA KLIMAAT

### 4.1 Introductie

Voor de ontwikkeling van de data over de klimaattoestand gebruikten we dezelfde aanpak en klimaatmodellen als voor het VMM-MIRA Klimaatrapport 2015. Wel werden er een aantal bijkomende analyses gedaan en werd er aanvullend ook gebruik gemaakt van de nieuw beschikbare hoge-resolutie Belgische klimaatmodellen (UrbClim-model van het VITO, lokale Belgische klimaatmodellen CORDEX.be project; CORDEX.be, 2017). Voor de meteorologische variabelen van maand, seizoen-, jaar- en extreme neerslag, gemiddelde, minimale en maximale maandtemperatuur, verdamping en windsnelheid bestudeerden we in het Klimaatrapport 2015 de klimaatveranderingssignalen alleen voor de locatie Ukkel. Voor het Klimaatportaal werden ruimtelijke kaarten voor geheel Vlaanderen opgemaakt. Zo kregen we een beeld van de ruimtelijke variaties van de klimaatverandering in Vlaanderen.

De ruimtelijke variatie in de klimaattoestand voor het Vlaamse grondgebied werd afgeleid op basis van de beschikbare globale en regionale klimaatmodellen, na statistische neerschaling conform de aanpak gevolgd voor het MIRA2015-Klimaatrapport (zie KU Leuven, 2014, voor details bij de gebruikte methode). Deze resultaten werden gevalideerd aan de recent beschikbaar gekomen hoge-resolutieklimaatmodelruns voor België in het CORDEX.be project voor Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO). Deze hoge-resolutiemodellen konden niet rechtstreeks of uitsluitend gebruikt worden om het klimaatveranderingssignaal af te leiden. Het aantal hoge-resolutiemodellen beschikbaar voor Vlaanderen is nog te beperkt in aantal om voldoende nauwkeurig het gemeenschappelijk ruimtelijk patroon af te leiden. We gebruikten wel de hoge-resolutie klimaatmodellen om voor de grootschalige ruimtelijke patronen de consistentie te controleren met de neerschalingresultaten en om de grootschalige ruimtelijke patronen te interpoleren. Met de neerschalingmethode (voor technische details bij de methode, zie Willems & Vrac, 2011; Willems, 2013; Ntegeka et al., 2014) konden we de ruimtelijke variatie binnen Vlaanderen afleiden voor alle beschouwde klimaatveranderingssignalen. Hiervoor werden de modeluitvoerresultaten voor de verschillende klimaatmodelresultaten (overzicht in Tabel 1) voor de controleperiode (recente historische klimaat 1976-2005) vergeleken met deze voor de toekomstperiode 2071-2100. Hetzelfde gebeurde voor de hoge-resolutie Belgische CORDEX.be klimaatmodelsimulaties. Deze laatste bestaan uit de modellen ALARO-0 van het KMI, COSMO-CLM (in twee versies, één van de KU Leuven en één van de UCL) en MAR van de ULg. Deze hoge-resolutiemodellen hebben een ruimtelijke resolutie van grootteorde 4 km. De klimaatmodelresultaten voor alle RCP-broeikasgasscenario's werden hierbij gecombineerd: dus RCP 8.5 (d.i. een business-as-usual scenario in de toekomstige uitstoot en concentraties aan broeikasgassen, RCP 6.0, RCP 4.5 (dit zijn tussenscenario's m.b.t. de toekomstige uitstoot en concentraties aan broeikasgassen) en RCP 2.6 (sterk mitigatiescenario). Het bepalen van het hoog-impactklimaatsscenario (zie verder) wordt daarbij vooral bepaald door het RCP 8.5 broeikasgasscenario.

Zoals aangegeven in de tabel, zijn niet voor alle klimaatmodelsimulaties resultaten voor alle bestudeerde meteorologische variabelen beschikbaar. Voor elke meteorologische variabele bekeken we alle simulaties waarvoor resultaten beschikbaar waren. Het gaat telkens om tijdreeksen met een tijdstap van 1 dag en perioden van 30 jaar (zowel voor de controleperiode als de toekomstperiode). Deze werden statistisch verwerkt om jaar, seizoen, maand en/of daggemiddelden te bepalen. Voor temperatuur werden ook het aantal extreem warme dagen ( $T_{max} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), het aantal tropische dagen ( $T_{max} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ), het aantal vorstdagen ( $T_{min} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en het aantal hittegolven afgeleid. Voor neerslag werden ook het aantal natte en droge dagen afgeleid, naast de empirische terugkeerperioden van extreem hoge dagneerslagintensiteiten. Dit laatste gebeurde volgens de "peak-over-threshold" extreme-waarden-analysemethode (zie Willems, 2013, voor details). Voor elke gridcel van elke





variabele en beschikbare klimaatmodelsimulatie werd in de klimaatmodelresultaten het klimaatveranderingssignaal bepaald. Dit klimaatveranderingssignaal is de absolute verandering voor temperatuur en de relatieve verandering voor neerslag, potentiële evapotranspiratie en windsnelheid. De klimaatveranderingssignalen volgens de verschillende klimaatmodelsimulaties werden daarna, na statistische neerschaling, vertaald naar percentielwaarden. De 50-percentielwaarde werd gebruikt voor het “midden” klimaatscenario, de 95-percentielwaarde voor het “hoge impact” klimaatscenario. Deze procedure wordt herhaald voor elke gridcel boven Vlaanderen, na neerschaling en ruimtelijke interpolatie, voor een ruimtelijke resolutie van 4 km, conform de hoogste ruimtelijke resolutie van de CORDEX.be hoge-resolutie Belgische klimaatmodelsimulaties.

De potentiële evapotranspiratie (ETP) werd niet rechtstreeks als klimaatmodelresultaat afgeleid. De afwijking van de klimaatmodelresultaten is heel groot t.o.v. deze berekend op basis van schattingsmethoden zoals die typisch in België worden toegepast. Zo past de VMM voor hydrologische studies de methoden Penman-Monteith en de Hargreaves toe. In deze studie werd de potentiële evapotranspiratie berekend via de Bultot-methode (Bultot et al, 1983; Gellens-Meulenbergh F. en Gellens, D., 1992), de Belgische versie van de Penman-Monteith methode, en dit voor referentiegewasverdamping. Ze is gebaseerd op de dagtjreedreeksen van de volgende meteorologische uitvoervariabelen van de klimaatmodellen:

- luchtdruk op zeeniveau
- inkomende korte-golf-zonnestraling
- daggemiddelde luchttemperatuur
- dagmaximale luchttemperatuur
- dagminimale luchttemperatuur
- windsnelheid
- luchtvochtigheid

De resultaten voor elke meteorologische variabele is niet voor alle klimaatmodelsimulaties beschikbaar. Daardoor konden we de klimaatveranderingssignalen voor ETP niet voor alle klimaatmodelsimulaties berekenen. Neerslag was voor het merendeel van de klimaatmodelsimulaties wel beschikbaar (zie tabel 5).

tabel 1: Overzicht van de klimaatmodelsimulaties (groot ensemble) gebruikt voor het afleiden van de klimaatveranderingssignalen voor Vlaanderen

Code klimaatmodelsimulatie	Beschikbare resultaten voor:			
	Neerslag	ETP	Windsnelheid	Temperatuur
ACCESS1-0_r1i1p1	✓		✓	
bcc-csm1-1_r1i1p1	✓			
ACCESS1-3_r1i1p1	✓		✓	
bcc-csm1-1-m_r1i1p1	✓			
BNU-ESM_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
CanESM2_r1i1p1	✓			✓
CMCC-CMS_r1i1p1	✓		✓	✓
CNRM-CM5-r1i1p1	✓	✓	✓	✓
CSIRO-Mk3-6-0_r1i1p1	✓			✓
EC-EARTH_r12i1p1				
GFDL-CM3_r1i1p1	✓	✓	✓	
GFDL-ESM2G_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
GFDL-ESM2M_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
HadGEM2-AO_r1i1p1			✓	



HadGEM2-ES_r1i1p1	✓		✓	✓
HadGEM2-CC_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
inmcm4_r1i1p1		✓	✓	
IPSL-CM5A-LR_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
IPSL-CM5B-LR_r1i1p1	✓		✓	✓
MIROC-ESM_r1i1p1	✓	✓		✓
MIROC-ESM-CHEM_r1i1p1	✓	✓		
MPI-ESM-LR_r1i1p1	✓		✓	✓
MPI-ESM-MR_r1i1p1	✓		✓	✓
MRI-CGCM3_r1i1p1	✓	✓	✓	✓
NorESM1-M_r1i1p1	✓			✓

De ruimtelijke variatie in de klimaatveranderingssignalen is voor het afleiden van kerngetallen per gemeente ook uitgemiddeld binnen de gemeentegrenzen.

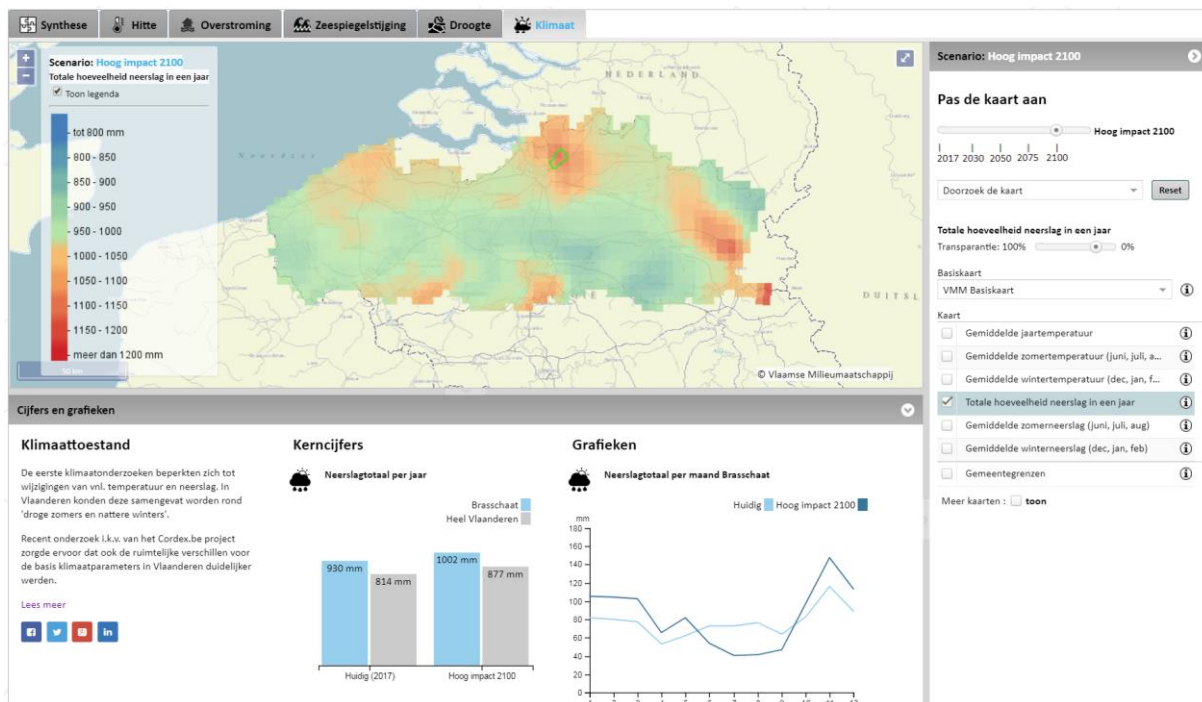
De klimaatveranderingssignalen werden via hogere aanpak afgeleid voor volgende meteorologische variabelen en afgeleide statistieken. Dit geldt voor:

- jaar-, seizoen-, en maandgemiddelde temperatuur (maximale, minimale en gemiddelde temperatuur), neerslag, verdamping (potentiële evapotranspiratie: ETP) en windsnelheid. De seizoenen worden gedefinieerd als de perioden december-januari-februari, maart-april-mei, juni-juli-augustus en september-oktober-november.
- neerslagintensiteit voor bepaalde gemiddelde herhalingstijden (terugkeerperioden) (1, 5 en 20 jaar)
- aantal dagen met erg zware neerslag (20 mm of meer)
- verandering in aantal natte en droge dagen
- verandering in het aantal hittegolven: een hittegolf is hier een periode van minimum vijf opeenvolgende dagen met een maximumtemperatuur van minstens 25 °C, waarbij de maximumtemperatuur minstens drie dagen  $\geq 30$  °C.
- verandering in het aantal extreem warme dagen ( $T_{max} \geq 25$  °C) en aantal tropische dagen ( $T_{max} \geq 30$  °C)
- verandering in het aantal vorstdagen ( $T_{min} < 0$  °C)

Voor temperatuur en de zomermaanden waren de kaarten van uit de MIRA-hittestudie beschikbaar die ook het stedelijk hittestresseffect beschrijven (Lauwaet et al., 2018). Deze temperatuur-gerelateerde kaarten zijn Vlaanderen-dekkend beschikbaar in een nog fijnere resolutie van 100 m, en brengen de lokale invloeden van ruimtegebruik in beeld. Kaartmateriaal uit deze studie wordt getoond onder het thema “Hitte” in het Klimaatportaal Vlaanderen.



figuur 3: Thema klimaat in de sectie Kaarten en cijfers



Voor de volgende variabelen werden ook ruimtelijk variabele kaarten voor Vlaanderen opgemaakt:

- neerslag:
  - o jaar-, seizoen-, en maandgemiddelde neerslag
  - o neerslagintensiteit voor gemiddelde herhalingsstijden (terugkeerperioden) van 1, 5 en 20 jaar
  - o verandering in aantal natte en droge dagen
- temperatuur: jaar-, seizoen-, en maandgemiddelde dagtemperatuur
- potentiële evapotranspiratie: jaar- en seizoengemiddelde PET
- windsnelheid: jaar- en seizoengemiddelde windsnelheid

De volgende paragraaf beschrijft de verschillende klimaatveranderingssignalen die via het Klimaatportaal onder het thema klimaat beschikbaar zijn, zoals ze in het kader van deze studie werden afgeleid.

## 4.2 Data

### 4.2.1 Temperatuur

#### Gemiddelde jaartemperatuur

De gemiddelde jaartemperatuur die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de temperatuur over het gehele jaar.

#### Gemiddelde zomertemperatuur

De gemiddelde temperatuur over de meteorologische zomerperiode (juni, juli en augustus) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de temperatuur over deze periode.

#### Gemiddelde wintertemperatuur

De gemiddelde temperatuur over de meteorologische winterperiode (december, januari en februari) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de temperatuur over deze periode.

#### Gemiddelde maandtemperatuur

De gemiddelde temperatuur die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden voor elke maand.

### 4.2.2 Neerslag

#### Totale hoeveelheid neerslag per jaar

De gemiddelde totale neerslaghoeveelheid die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden, berekend als het meerjarige gemiddelde van de door het hele jaar gevallen neerslag.

#### Extreme neerslag, eens per jaar

De indicator toont de verwachte hevigheid van extreme regenval die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden, zoals deze zich gemiddeld eens per jaar kan voordoen, uitgedrukt in het aantal millimeters neerslag per dag van zo'n bui.

#### Gemiddelde zomerneerslag

De gemiddelde totale neerslaghoeveelheid in de meteorologische zomerperiode (juni, juli en augustus) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarige gemiddelde van de in de periode verwachte totale neerslag.

#### Gemiddelde winterneerslag

De gemiddelde totale neerslaghoeveelheid die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden in de meteorologische winterperiode (december, januari en februari), berekend als het meerjarige gemiddelde van de totale neerslag die in de periode verwacht wordt.

#### Totale maandneerslag

De totale hoeveelheid neerslag in elke maand die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden.

#### Extreme neerslag, eens in de 20 jaar

De indicator toont de verwachte hevigheid van extreme regenval die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak verwacht kan worden, zoals deze zich gemiddeld eens in de twintig jaar kan voordoen, uitgedrukt in het aantal millimeters neerslag per dag van zo'n bui.

#### Aantal droge dagen

De indicator toont het aantal dagen per jaar zonder neerslag (nl. minder dan 0,1 mm/dag) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden.

#### Aantal dagen met neerslag

De indicator toont het verwachte aantal dagen per jaar waarop minstens enige neerslag valt (0.1 millimeter of meer per dag) dat bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden. Deze indicator zegt dus niets over de hoeveelheid neerslag op zo'n dagen, wel over de voorkomingsfrequentie van neerslagdagen.



### 4.2.3 Verdamping

Totale jaarlijkse verdamping (potentiële evapotranspiratie)

De gemiddelde totale verdamping (in millimeter potentiële evapotranspiratie) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarige gemiddelde van de door het gehele jaar verdampte hoeveelheid water.

Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de zomer

De gemiddelde totale hoeveelheid verdamping (in millimeter potentiële evapotranspiratie) in de meteorologische zomerperiode (juni, juli en augustus) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarige gemiddelde van het over de gehele zomer verdampte hoeveelheid water.

Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de winter

De gemiddelde totale hoeveelheidverdamping (in millimeter potentiële evapotranspiratie) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden in de meteorologische winterperiode (december, januari en februari), berekend als het meerjarige gemiddelde van het over de gehele winter verdampte hoeveelheid water.

### 4.2.4 Windsnelheid

Gemiddelde windsnelheid

De gemiddelde windsnelheid die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de windsnelheid over het gehele jaar.

Gemiddelde windsnelheid in de zomer

De gemiddelde windsnelheid in de meteorologische zomerperiode (juni, juli en augustus) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de windsnelheid over deze periode.

Gemiddelde windsnelheid in de winter

De gemiddelde windsnelheid in de meteorologische winterperiode (december, januari en februari) die bij een gegeven klimaatscenario in een tijdvak kan verwacht worden, berekend als het meerjarig gemiddelde van de windsnelheid over deze periode.

### 4.2.5 Overzicht klimaattoestand data

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema klimaat.

tabel 2: Datasets beschikbaar onder thema klimaat

Dataset	Type	Bron
Gemiddelde jaartemperatuur	Klimaat	VMM, deze studie <sup>2</sup>
Gemiddelde zomertemperatuur	Klimaat	VMM, deze studie
Gemiddelde wintertemperatuur	Klimaat	VMM, deze studie
Totale hoeveelheid neerslag per jaar	Klimaat	VMM, deze studie
Totale zomerneerslag	Klimaat	VMM, deze studie
Totale winterneerslag	Klimaat	VMM, deze studie
Extreme neerslag, eens per jaar	Klimaat	VMM, deze studie

<sup>2</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

Extreme neerslag, eens per 20 jaar	Klimaat	VMM, deze studie
Aantal droge dagen	Klimaat	VMM, deze studie
Aantal dagen met neerslag	Klimaat	VMM, deze studie
Totale jaarlijkse verdamping (potentiële evapotranspiratie)	Klimaat	VMM, deze studie
Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de zomer	Klimaat	VMM, deze studie
Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de winter	Klimaat	VMM, deze studie
Gemiddelde windsnelheid	Klimaat	VMM, deze studie
Gemiddelde windsnelheid in de zomer	Klimaat	VMM, deze studie
Gemiddelde windsnelheid in de winter	Klimaat	VMM, deze studie

### 4.3 Conclusies op basis van de data

Afhankelijk van de precieze evolutie van klimaatverandering over de komende decennia kunnen we substantiële veranderingen zien in de ontwikkeling van het klimaat en de meteorologische indicatoren.

- De jaargemiddelde dagtemperatuur kan onder het hoge klimaatscenario richting 2100 toenemen met 6,1 °C. In de zomer is deze toename groter (8,1 °C); in de winter lager (5,4 °C). Ruimtelijk zijn in de zomer de temperaturen hoger in het Vlaamse binnenland en lager langs de kuststrook inclusief het ruimere gebied van Zuid-West-Vlaanderen. Voor het hoog-impactscenario 2100 varieert de daggemiddelde temperatuur in juni-juli-augustus bv. van minimaal 23,9 °C langs de kust (t.o.v. 15,9 °C in het huidig klimaat) tot maximaal 25,3 °C in het centrum van Vlaams Brabant (t.o.v. 17,3 °C in het huidig klimaat). In de winter zijn de verschillen door het warme zeewater omgekeerd: hoogste temperaturen langs de kust, laagste temperaturen in het binnenland. Voor het hoog-impactscenario 2100 varieert de daggemiddelde temperatuur in december-januari-februari bv. van minimaal 7,4 °C in de Voerstreek tot maximaal 9,1 °C langs de kust.
- Het neerslagpatroon over het jaar verandert. De trend is dat zomers droger worden en dat in de winter meer neerslag valt. De jaargemiddelde neerslag kan onder het hoge klimaatscenario richting 2100 toenemen met 40 %. Voor de winter is deze toename 44 %. Voor de zomer gaat het om een afname met 59 %.
- Het aantal droge dagen in een jaar neemt toe. Onder het hoge klimaatscenario richting 2100 kan het aantal dagen met minder dan 0,5 mm toenemen met 37 %.
- Extreme neerslag zal dan ook vaker voorkomen en dergelijke buien worden duidelijk heviger dan in het huidig klimaat. Extreme dagneerslag met een terugkeerperiode van 1 jaar neerslag kan onder het hoge klimaatscenario richting 2100 toenemen met 37 % (gemiddeld voor Vlaanderen). Voor een terugkeerperiode van 5 jaar is dat 59 %. Ruimtelijk zijn de extreme neerslagintensiteiten lager langs de kuststreek en hoger in het binnenland en in buurt van grote steden zoals Antwerpen en Brussel waar het hitte-eilandeffect speelt. Voor een terugkeerperiode van 5 jaar en het hoge-impact-klimaatscenario variëren deze piekneerslagintensiteiten van 24 mm/dag in de kustregio's tot een maximum van 36 mm/dag in de buurt van de grote steden in het binnenland.
- Bovenop de trend dat er meer droge dagen zullen voorkomen, komt nog de toename van de verdamping (evapotranspiratie) in de zomermaanden. Onder het hoge klimaatscenario richting 2100 kan de potentiële evapotranspiratie toenemen met 40 % jaargemiddeld. Ruimtelijk is de verdamping in de zomermaanden het laagst langs de kustregio's en groter in het binnenland en in zuidelijke richting. De totale potentiële evapotranspiratie in de zomermaanden varieert hierbij voor het hoog-impactscenario van minimaal 286 mm/seizoen (juni-juli-augustus) langs



de kustregio's tot maximaal 316 mm in het Vlaamse binnenland. Voor de wintermaanden zijn de ruimtelijke variaties net omgekeerd door de invloed van het warmere zeewater. De totale potentiële evapotranspiratie in de wintermaanden varieert hierbij voor het hoog-impactscenario van maximaal 45 mm/seizoen (december-januari-februari) langs de kustregio's tot minimaal 39,7 in de Voerstreek.

- We verwachten onder klimaatverandering weinig verandering o.v.v. (gemiddelde) de windsnelheid: onder het hoog-impactklimaatscenario richting 2100 kan de jaargemiddelde windsnelheid stijgen met 4 %. Voor de winter is dat 9 % en voor de zomer maar 1 %. Langs de kuststreek zijn de windsnelheden logischerwijs hoger. De jaargemiddelde windsnelheid varieert voor het hoog-impactscenario van iets minder dan 6 m/s langs de kuststreek tot minimaal 4 m/s in het Vlaamse binnenland (met laagste windsnelheden ten zuiden van Brussel).



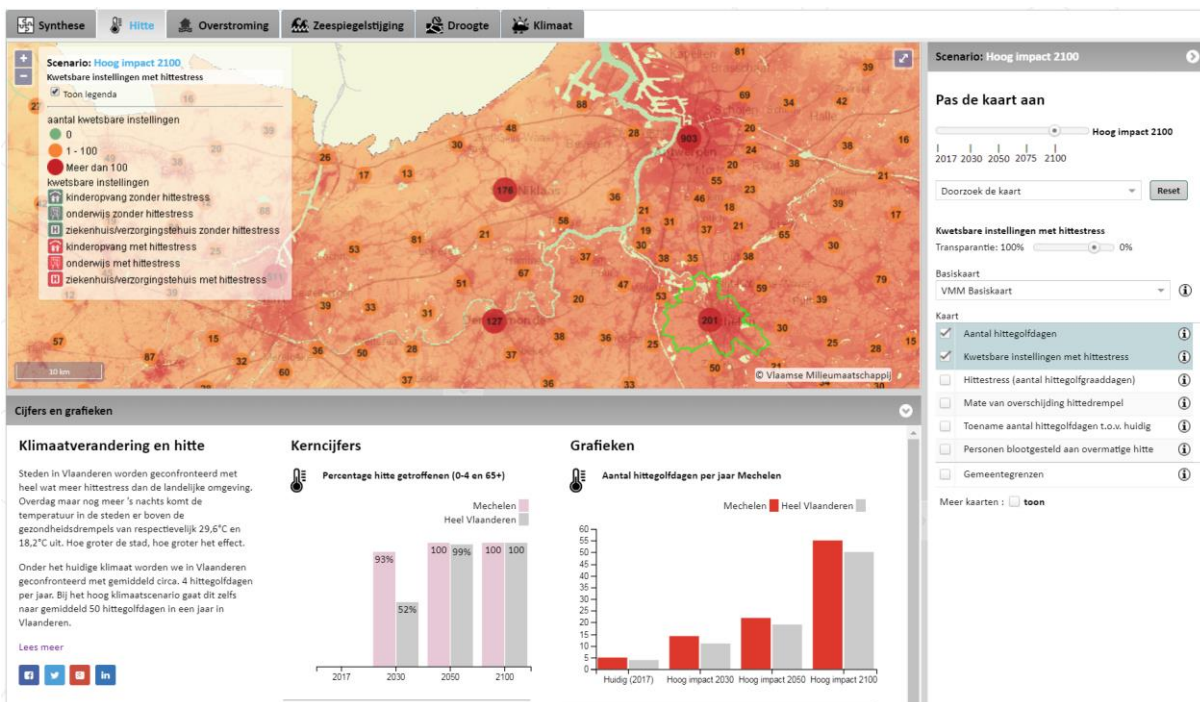
# 5 THEMA HITTE

## 5.1 Introductie

De toename in mondiale broeikasgasconcentraties leidt tot een toename van de temperatuur. Dat kan op bepaalde momenten en op bepaalde plaatsen leiden tot hittestress. Houdt die hittestress een bepaald aantal dagen aan en stijgt die dan boven bepaalde graden uit, dan hebben we te maken met hittegolven. In het Klimaatportaal Vlaanderen is het daarom van belang om inzicht te geven wanneer de temperatuur boven bepaalde normen stijgt, waar die hitteproblematiek kan plaatsvinden en hoelang de hitte aanhoudt.

De gegevens die in het Klimaatportaal Vlaanderen verwerkt zijn, komen uit de recentste hitte-studie die VITO voor MIRA/VMM<sup>3</sup> heeft uitgevoerd. Met het fjnschalige klimaatmodel UrbClim heeft VITO de huidige hitteproblematiek (periode 2000-2016) voor Vlaanderen (en Brussel) in kaart gebracht, en ook scenario's doorgerekend naar 2030, 2050 en 2100. De kaarten hebben een extreem hoge detailgraad: 100 x 100 m. Een modelvalidatie is uitgevoerd op basis van temperatuurmetingen in en rond verschillende Vlaamse steden en Brussel. Die validatie leidde tot de vaststelling dat de betrouwbaarheid en de relevantie van het geproduceerd kaartmateriaal in orde is.

figuur 4: Thema hitte in de sectie Kaarten en cijfers



Het aantal hittegolfdagdagen is een belangrijke indicator voor hittestress. Het geeft de ernst van de hitte aan en houdt daarbij rekening met wat mensen fysiek aankunnen. Hittegolfdagdagen is ook een maatstaf die vergelijkingen tussen gebieden mogelijk maakt. We maken een duidelijk onderscheid tussen klimatologische hittegolven en gezondheidskundige hittegolven. Klimatologische hittegolven volgen de KMI-definitie die stelt dat dit een periode van minstens 5 opeenvolgende dagen is met dagelijkse maxima van tenminste 25 °C, waarvan op minstens 3 dagen 30 °C of meer wordt genoteerd.

<sup>3</sup> Lauwaet D., De Ridder K., Maiheu B., Hooyberghs H. en Lefebvre F. (2018), Uitbreiding en validatie indicator hitte-eilandeffect, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2018/01, VITO.



In die definitie wordt dus vooral rekening gehouden met de dagtemperatuur. Een gezondheidkundige hittegolf vertrekt uit observaties van sterftcijfers en de daarmee samenhangende temperaturen. Voor België schuift de FOD Volksgezondheid als kritische temperatuurdrempels zowel het dagelijkse maximum van 29,6 °C als de nachtelijke minimumtemperatuur van 18,2 °C naar voor. Vooral wanneer gedurende minstens 3 opeenvolgende dagen de nachtelijke minima boven die 18,2 °C blijven hangen, treden er in ons land gezondheidsproblemen op.

De volgende secties beschrijven de verschillende indicatoren (onderverdeeld in de klimaateffecten en de klimaatimpacts) die via het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema hitte beschikbaar zijn.

## 5.2 Data

### 5.2.1 Klimaateffecten

#### Aantal hittegolfdagen

Het meerjarig gemiddelde van het aantal dagen per jaar dat deel uitmaakt van een hittegolf, gebaseerd op de definitie van de FOD Volksgezondheid (Brits et al., 2010): *“een periode van minstens drie opeenvolgende dagen met een gemiddelde minimum temperatuur (gemiddelde over de drie dagen en niet per dag) hoger dan 18,2 °C en een gemiddelde maximum temperatuur hoger dan 29,6 °C”*.

#### Hittestress (aantal hittegolfgraaddagen)

We maken daarbij gebruik van de zogenaamde ‘hittegolfgraaddagen’, een grootheid die gebaseerd is op een definitie van de FOD Volksgezondheid, die zowel de duur als de sterkte van hittegolven in een zomerperiode weergeeft, en die zo een eerste inschatting geeft van de hittestress waaraan bewoners worden blootgesteld. Deze is gebaseerd op de hierboven genoemde definitie van hittegolf volgens FOD Volksgezondheid. Het aantal hittegolfgraaddagen in een jaar is het *totaal van de positieve overschrijdingen van de minimum en maximum temperaturen boven de drempelwaarden van respectievelijk 18.2 °C en 29.6 °C opgeteld over alle hittegolfdagen in dat jaar*. Een volledige definitie van hittegolfgraaddagen staat in De Ridder et al. (2015).

#### Mate van overschrijding van hittestressdrempel

Deze indicator toont de mate waarin de drempelwaarde van 60 hittegolfgraaddagen voor hittestress wordt overschreden, met als eenheid het aantal keer dat deze drempel overschreden kan worden.

#### Toename van het aantal hittegolfgraaddagen

Deze indicator toont voor de toekomstige tijdvakken (2030, 2050, 2100) het verschil tussen het momenteel te verwachten aantal hittegolfgraaddagen per jaar en het aantal te verwachten hittegolfgraaddagen in dat tijdvak in de toekomst.

#### Aantal hittegolven

Het te verwachten aantal hittegolven per jaar dat valt binnen een (klimatologische) hittegolf. Een hittegolf is voor deze indicator (volgens de definitie van het KMI) gedefinieerd als *een periode van minstens 5 opeenvolgende dagen met een maximumtemperatuur groter of gelijk aan 25 °C, waarvan minstens 2 dagen met een maximum temperatuur groter of gelijk aan 30 °C*.



#### Lengte van hittegolven

Het verwachte totaal aantal dagen in een jaar dat valt binnen een hittegolf, volgens de definitie van het KMI.

#### Gewicht van hittegolven

De mate waarin de temperatuur tijdens hittegolven boven de 25 °C uit stijgt. Hierbij worden voor alle dagen binnen een jaar waarbij de temperatuur boven de 25 °C uit stijgt, die overschrijdingen samengeteld tot 1 getal (in °C).

#### Intensiteit van hittegolven

De te verwachten intensiteit van hittegolven. De intensiteit van een hittegolf is daarbij gedefinieerd als de verhouding tussen het gewicht en de lengte van de hittegolf (~ definitie KMI).

#### Aantal tropische dagen

Het te verwachten aantal dagen in een (half kalender)jaar met een maximumtemperatuur groter of gelijk aan 30 °C.

#### Aantal warme dagen

Het te verwachten aantal dagen in een (half kalender)jaar met een maximumtemperatuur groter of gelijk aan 25 °C.

#### Aantal dagen met gemiddelde temperatuur $\geq 25$ °C

Het te verwachten aantal dagen in een (half kalender) jaar met een daggemiddelde temperatuur groter of gelijk aan 25 °C.

#### Gemiddelde zomertemperatuur

De te verwachten gemiddelde temperatuur in de zomerperiode, gerekend over de maanden juni, juli en augustus.

### 5.2.2 Klimaatimpacts

Zoals gesteld kunnen in de toekomst de effecten van hogere temperaturen fors zijn, zeker waar het stedelijke agglomeraties betreft, die relatief veel warmte vasthouden. Het effect van extreme luchttemperaturen uit zich onder andere in hittestress en kan zeker overlast veroorzaken en schadelijke gezondheidseffecten voor de voor extreme hitte gevoelige groepen van de bevolking. Het kan zelfs tot oversterfte leiden.

In het Klimaatportaal Vlaanderen wordt de impact op gezondheid van hittestress getoond. Daarvoor gaan we uit van de evolutie van de indicator hittegolfgraaddagen, omdat deze - zoals eerder vermeld - wetenschappelijk bewezen verband houdt met de gevolgen voor de humane gezondheid. Als drempelwaarde voor het ondervinden van overlast door voor hitte gevoelige bevolkingsgroepen is gekozen voor 60 hittegolfgraaddagen. Dit wordt gezien als een representatieve waarde voor hittestress en is vergelijkbaar met de situatie zoals waargenomen in de Antwerpse binnenstad tijdens de zomer van 2003, tot nog toe de warmste zomer sinds het begin van de metingen door het KMI in 1833. Die zomer werd in België tijdens hittegolven en warme dagen een significante oversterfte van 2 052 slachtoffers geregistreerd<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering/slachtoffers-bij-hittegolven>

### Impact – (gevoelige) personen blootgesteld aan overmatige hitte

Vooral jonge kinderen en ouderen ondervinden snel overlast van hitte. De meest voor hitte gevoelige populatie is daarom gedefinieerd als de bevolking van 0-4 jaar en van 65 jaar en ouder. Op basis van dat gegeven is het aantal getroffen personen berekend op het niveau van statistische sectoren (het fijnste niveau waarvoor Vlaamse bevolkingsstatistieken voorhanden zijn voor deze studie). We gaan uit van de eerder beschreven kritieke waarde van 60 hittegraaddagen. In statistische sectoren waar de gemiddelde waarde voor het aantal hittegolfgaardagen in een jaar deze kritieke grens overschrijdt, worden personen in de populatie “gevoelige mensen” verondersteld overlast te ondervinden. Voor het huidige klimaat en voor de toekomstige tijdvakken onder het hoge klimaatscenario zijn de statistische bevolkingscijfers van 2011 gebruikt, zoals gepubliceerd door de Algemene Directie Statistiek en Economie. Factoren als toekomstige bevolkingsgroei en projecties van de verschuiving van leeftijdverhoudingen in de totale bevolking door de tijd zijn daarbij dus niet meegenomen.

### Impact – kwetsbare instellingen met hittestress

We bepaalden de mogelijk door hitte getroffen kwetsbare objecten aan de hand van dezelfde kritieke grenswaarde van 60 hittegolfgaardagen. Dit zijn de voorzieningen voor jonge kinderen en ouderen in een zone waar het aantal hittegolfgaardagen deze kritieke drempel overschrijdt.

We onderscheiden de volgende typen kwetsbare instellingen binnen deze indicator:

- instellingen voor kinderopvang (bron: Kind en Gezin)
- instellingen voor onderwijs (bron: Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming)
- ziekenhuizen en verzorgingstehuizen (Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid)

Door het grote aantal instellingen op de kaart kiezen we ervoor om clusters van instellingen op de lagere detailniveaus weer te geven. Afhankelijk van de mate waarin op kaart wordt ingezoomd zijn de volgende gegevens zichtbaar:

- totaal aantal kwetsbare instellingen per gemeente
- totaal aantal kwetsbare instellingen per statistische sector die door hittestress worden getroffen
- individuele kwetsbare instellingen, al of niet door hittestress getroffen, op basis van beschikbare ruimtelijke coördinaten

### 5.2.3 Overzicht hittedata

tabel 3 geeft een overzicht van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema “hitte”.

tabel 3: Datasets beschikbaar onder thema hitte

Dataset	Type	Bron
Aantal hittegolfdagen	Effect	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018) <sup>5</sup>
Hittestress (aantal hittegolfgaardagen)	Effect	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Toename van het aantal hittegolfdagen t.o.v. huidig	Effect	VMM, deze studie <sup>6</sup>
Aantal hittegolven	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Lengte hittegolven	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Gewicht hittegolven	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Intensiteit van hittegolven	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)

<sup>5</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/uitbreiding-en-validatie-indicator-hitte-eilandeffect>

<sup>6</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

Aantal tropische dagen	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Aantal warme dagen	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Aantal dagen met gemiddelde temperatuur $\geq 25$ °C	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
Gemiddelde zomertemperatuur (juni, juli, augustus)	Toestand	VMM, MIRA (Lauwaet et al., 2018)
(Gevoelige) personen blootgesteld aan overmatige hitte	Impact	VMM, deze studie
Kwetsbare instellingen met hittestress	Impact	VMM, deze studie
Mate van overschrijding van hittestress drempel	Effect	VMM, deze studie

### 5.3 Conclusies op basis van de data

Op basis van de data die in het Klimaatportaal Vlaanderen worden gegeven en de studies die daarvan aan de basis liggen, kunnen we een aantal conclusies trekken over het fenomeen hitte, de effecten van stijgende temperaturen en de impact hiervan voor Vlaanderen.

- Als reactie op de oplopende broeikasgasconcentraties in de aardse atmosfeer stijgen de temperaturen. De jaargemiddelde dagtemperatuur kan onder het hoge klimaatscenario richting 2100 toenemen met 6,1 °C. In de zomer is deze toename groter (8,1 °C); in de winter lager (5,4 °C). Ruimtelijk liggen in de zomer de temperaturen hoger in het Vlaamse binnenland en lager langs de kuststrook inclusief het ruimere gebied van Zuid-West-Vlaanderen. Voor het hoog-impactscenario 2100 varieert de daggemiddelde temperatuur in juni-juli-augustus bv. van minimaal 23,9 °C langs de kust (t.o.v. 15,9 °C in het huidig klimaat) tot maximaal 25,3 °C in het centrum van Vlaams-Brabant (t.o.v. 17,3 °C in het huidig klimaat).
- Steden in Vlaanderen worden geconfronteerd met heel wat meer hittestress dan de landelijke omgeving errond. Overdag - maar nog meer 's nachts - komt de temperatuur in de steden er boven de gezondheidsdrempels van respectievelijk 29,6 °C en 18,2 °C uit. Hoe groter de stad, hoe groter het effect. Ook afstand tot de zee en bodemsamenstelling spelen een rol. Groen in de stad heeft een belangrijk milderend effect.
- Het aantal hittegolfgreaddagen of HGD – een proxy-indicator voor hittestress die over een hele zomer de overschrijding van voormelde temperatuurdrempels tijdens hittegolven cumuleert – bedraagt in het huidige klimaat (2000-2016) gemiddeld 13 HGD in Vlaanderen. In stedelijk gebied bedraagt dit gemiddeld 21 HGD.
- Tijdens de zomer van 2003 (de warmste zomer sinds de start van de metingen in 1833), werd in de Antwerpse binnenstad overal het niveau van 60 HGD overschreden. Die zomer werd in ons land een oversterfte van 2052 slachtoffers geregistreerd tijdens hittegolven. Die zomer was ook de directe aanleiding voor opmaak van het eerste Belgische 'Ozon- en hittegolffplan', dat van kracht werd vanaf de zomer van 2005.
- In alle klimaatscenario's neemt het aantal HGD overal in Vlaanderen toe t.o.v. het huidige klimaat. Die toename bedraagt minimaal een verdubbeling tegen 2100 (onder een laag impactklimaatscenario). Wanneer het hoog impactklimaatscenario zich doorzet neemt het aantal HGD in Vlaanderen gemiddeld toe van 13 naar 48 rond 2030 (factor 4), naar 91 rond 2050 (factor 7) en naar 327 tegen 2100 (factor 25).
- Wijzigend landgebruik volgens een BAU-scenario tot 2050 zorgt voor een bijkomende stijging van het aantal HGD met 2 à 9 % bovenop het effect van een wijzigend klimaat.
- Onder het huidige klimaat worden we in Vlaanderen geconfronteerd met gemiddeld ongeveer 4 hittegolfdagen (dagen met overschrijding van beide voornoemde drempelwaarden: 29,6 °C overdag en 18,2 °C 's nachts) per jaar. De spreiding gaat van 0 dagen in grote delen van

West-Vlaanderen tot 13 hittegolfdagen in het oosten van Limburg. Onder een laag klimaatscenario verdubbelt dit bijna tot gemiddeld 7 hittegolfdagen in een jaar tegen 2100. Bij het hoog klimaatscenario gaat dit zelfs naar gemiddeld 50 hittegolfdagen in een jaar in Vlaanderen (toename met factor 14), met uitersten die variëren van 8 tot 71.

- De geschetste trend van door klimaatverandering olopende hittestress vertaalt zich vanzelfsprekend in klimaatimpact, bv. o.v.v. leefbaarheid en gezondheid. Momenteel worden alleen tijdens erg warme zomers (zoals 2003 en 2006) mensen in Vlaanderen blootgesteld aan 60 HGD of meer, maar onder een gemiddeld actueel klimaat (2000->2016) worden geen mensen jaarlijks blootgesteld boven die drempel van 60 HGD. Tegen 2030 kan het aandeel hittegevoelige personen (0-4j.; 65+) die gemiddeld ieder jaar aan meer dan 60 HGD worden blootgesteld al snel oplopen tot 52 % in Vlaanderen. Stedelijke agglomeraties worden daarbij, richting 2030, getroffen. Verder zien we een trend waarbij op kortere termijn (2030) het westen van Vlaanderen nog gevrijwaard blijft van gezondheidseffecten door hittestress. In 2050 neemt dit onder een hoog impactscenario verder toe naar 99 % en in 2100 naar 100 %. Onder het hoog-impactscenario zal tegen 2050 (99 %) en zeker tegen 2100 (100 %) heel Vlaanderen negatieve gezondheidseffecten ondervinden ten gevolge van hitte.
- Hittestress zal logischerwijs zijn grootste impact hebben op locaties waar relatief veel kwetsbare individuen zijn. Tegen 2100 krijgen in het hoog-impactscenario alle kwetsbare instellingen zoals bejaardentehuizen, scholen, ziekenhuizen en crèches te maken met hittestress. Ze zijn dan allemaal jaarlijks aan meer dan 60 HGD blootgesteld.



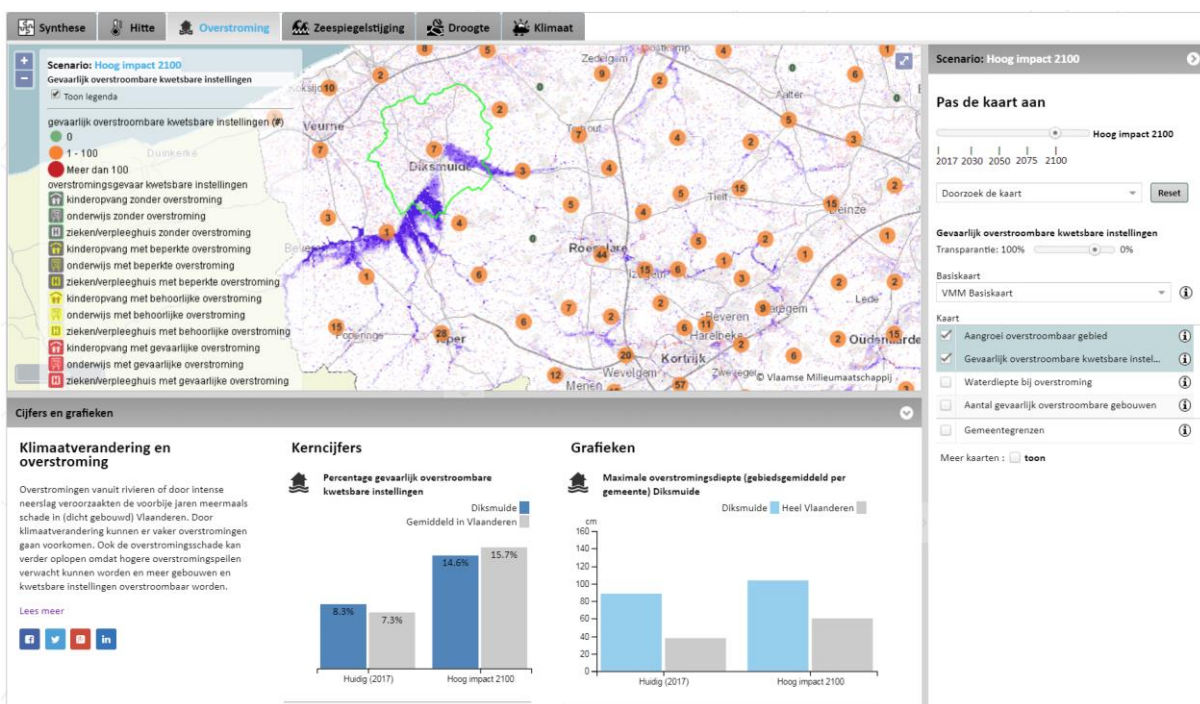
# 6 THEMA OVERSTROMINGEN

## 6.1 Introductie

Overstromingen vanuit rivieren of door intense neerslag veroorzaakt de voorbije jaren meermaals schade in Vlaanderen. Door klimaatverandering kunnen er vaker overstromingen voorkomen. Daarmee kan ook de overstromingsschade verder oplopen omdat hogere overstromingspeilen verwacht worden en daardoor meer gebouwen en kwetsbare instellingen kunnen overstromen.

De overstromingsgevaarkaarten op het Klimaatportaal Vlaanderen zijn samengesteld op basis van “fluviale” overstromingskaarten, die de overstromingen komende uit de waterlopen weergeven, en de “pluviale” overstromingskaarten, die overstromingen ten gevolge van de directe afstroming van neerslag over het maaiveld geven. De fluviale kaarten voor de verschillende voorkomingskansen zijn ook beschikbaar op het geoloket van [waterinfo.be](https://www.waterinfo.be)<sup>7</sup>. De pluviale kaarten voor verschillende voorkomingskansen zijn afzonderlijk beschikbaar op de website van het VLAGG17-project<sup>8</sup>.

figuur 5: Thema overstromingen in de sectie Kaarten en cijfers



Het Klimaatportaal Vlaanderen maakt onderscheid naargelang de ernst van de overstromingen. We schatten in dat niet alle overstromingen een even zware impact zullen hebben. Relatief lichte overstromingen zullen waarschijnlijk alleen een tijdelijke impact hebben, terwijl ernstigere overstroming kan zorgen voor grote economische schade, en zelfs gevaar voor de gezondheid. De lokale waterdiepte bij overstroming is daarbij bepalend. Het Klimaatportaal Vlaanderen stelt dat overstromingen met een overstromingspeil hoger dan 30 cm tot aanzienlijke economische schade kunnen leiden en dat overstromingen met een overstromingspeil hoger dan 70 cm tot mogelijk gevaarlijke overstroming kunnen leiden, met mogelijke gezondheidseffecten en mortaliteit door verdrinking voor kwetsbare bevolkingsgroepen zoals kinderen.

<sup>7</sup> <https://www.waterinfo.be/geoloket>

<sup>8</sup> [www.vlagg.be](http://www.vlagg.be)

Voor het berekenen van de genoemde overstromingsniveaus volgden we de volgende procedure:

- Startpunt voor de uitgevoerde analyse waren de door VMM geleverde bestanden waarin de overstromingsdiepten van overstroming vanuit rivieren en overstroming door wateroverlast (intense neerslag) zijn samengevoegd tot één Vlaanderen dekkend bestand van waterdieptes.
- Omdat in deze bronbestanden gebouwen zijn “uitgesneden” en dus alleen rondom gebouwen de overstromingsdiepte bekend is, worden gebouwen waarvan de centroïde binnen 20 meter van overstroomd gebied liggen bestempeld als overstroomd. Hetzelfde geldt voor de geografische coördinaat van instellingen. Zo linken we gebouwen aan de rondom liggende wel doorgerekende gridcellen. Voor de gehanteerde overstromingsdrempels is dit een goede benadering.
- Vanuit de vastgestelde classificatie zijn vervolgens respectievelijk hoofdgebouwen en instellingen geclassificeerd als niet overstroomd of wel overstroomd binnen een van deze klassen.

De volgende secties beschrijven de verschillende indicatoren (respectievelijk de klimaateffecten en de klimaatimpacts) die via het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema overstroming beschikbaar zijn.

## 6.2 Data

### 6.2.1 Klimaateffecten

#### Waterdiepte in overstroombare gebieden

Deze indicator toont voor een tijdvak de waterdiepte die mogelijk kan optreden bij extreme rivieroverstromingen of door afstroming bij intense regenval. In de uitwerking van de indicator zijn de waterdieptes voor overstromingen vanuit (onbevaarbare) waterlopen en door wateroverlast als gevolg van intense regenval geïntegreerd. De indicator geeft de waterdieptes voor een voorkomingsfrequentie van eens in de 1000 jaar, omdat deze het hoogwater in hun volledigheid weergeven en ook minimaal onderhevig zijn aan zeer lokale invloeden.

#### Aangroei overstroombaar gebied

De indicator toont de aangroei van het gebied dat mogelijk kan overstromen in toekomstige tijdvakken, t.o.v. het huidig overstroombaar gebied. Daarbij worden de gebieden die nu al overstroombaar zijn in het blauw weergegeven en de gebieden die in de toekomst additioneel zouden kunnen overstromen in het rood. De intensiteit van de kleuring is een maat voor de diepte.

#### Extreme neerslag, eens per jaar

De indicator toont de verwachte hevigheid van extreme regenval die bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak hoort zoals deze zich gemiddeld eens per jaar kan voordoen, uitgedrukt in het aantal millimeter neerslag per dag van zo'n bui.

#### Extreme neerslag, eens in de 20 jaar

De indicator toont de verwachte hevigheid van extreme regenval die bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak hoort zoals deze zich gemiddeld eens in de twintig jaar kan voordoen, uitgedrukt in het aantal millimeter neerslag per dag van zo'n bui.



### Aantal dagen met neerslag

De indicator toont het verwachte aantal dagen per jaar dat bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak hoort waarop minstens enige neerslag valt (meer dan 0.1 millimeter per dag). Deze indicator zegt dus niets over de hoeveelheid neerslag, wel over het aantal natte dagen (en dus onrechtstreeks ook over het aantal droge dagen).

## 6.2.2 Klimaatimpact

### Aantal (gevaarlijk) overstroombare gebouwen

Deze indicator toont op het niveau van statistische sector het aantal gebouwen dat in die sector gevaarlijk overstroomt. Een gevaarlijke overstroming is een overstroming met een diepte groter dan 70 cm, waarbij aanzienlijke economische schade en acuut gezondheidsgevaar, bv. kans op verdrinken, verwacht wordt.

Deze indicator toont, op het niveau van statistische sectoren, het aantal gebouwen dat in die sector gevaarlijk overstroomt bij een overstroming vanuit zee. Dit gebeurt door stormvloed zoals deze elk jaar kan voorkomen met één kans op 1000, voor de huidige situatie van de zeewering (situatie anno 2015). Een gevaarlijke overstroming is een overstroming met een waterdiepte groter dan 70 cm, waarbij grote economische schade en acuut gezondheidsgevaar, bv. kans op verdrinking, verwacht wordt.

### Kwetsbare instellingen met kans op (gevaarlijke) overstroming

Deze indicator toont de kwetsbare instellingen die getroffen kunnen worden door een overstroming vanuit waterlopen of door intense regenval. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen de volgende overstromingsklassen:

- geen overstroming (waterdiepte 0 cm)
- beperkte overstroming (waterdiepte 0-30 cm)
- behoorlijke overstroming (waterdiepte 30-70 cm)
- gevaarlijke overstroming (waterdiepte groter dan 70 cm)

We onderscheiden de volgende typen kwetsbare instellingen in deze kaart:

- instellingen voor kinderopvang (bron: Kind en Gezin)
- instellingen voor onderwijs (bron: Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming)
- ziekenhuizen en verzorgingstehuizen (bron: Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid Vorming)

Door het grote aantal instellingen op de kaart worden op de lagere detailniveaus clusters van instellingen weergegeven. Naargelang het inzoomen zijn de volgende gegevens zichtbaar:

- totaal aantal overstroombare instellingen per gemeente
- totaal aantal overstroombare instellingen per statistische sector
- individuele kwetsbare instellingen in de eerder beschreven klassen op basis van beschikbare ruimtelijke coördinaten

## 6.2.3 Overzicht overstromingsdata

In tabel 4 krijg je een overzicht van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema “Overstromingen”.





tabel 4: Datasets beschikbaar onder thema overstromingen

Dataset	Type	Bron
Aangroei overstroombaar gebied	Effect	VMM, deze studie <sup>9</sup>
Waterdiepte bij overstroming	Effect	VMM, <a href="http://www.waterinfo.be">www.waterinfo.be</a> , <a href="http://www.vlagg.be">www.vlagg.be</a> <sup>10 11</sup>
Extreme neerslag, eens per jaar	Klimaat	VMM, deze studie
Extreme neerslag, eens per 20 jaar	Klimaat	VMM, deze studie
Aantal dagen met neerslag	Klimaat	VMM, deze studie
Aantal (gevaarlijk) overstroombare gebouwen	Impact	VMM, deze studie
Kwetsbare instellingen met kans op (gevaarlijke) overstroming	Impact	VMM, deze studie

### 6.3 Conclusies op basis van de data

Op basis van de data en de onderliggende studies uit het Klimaatportaal Vlaanderen kunnen we een aantal conclusies trekken over het fenomeen overstromingen, de effecten van overstromingen vanuit rivieren en door intense regenval en de impact hiervan voor Vlaanderen.

- Klimaatverandering leidt tot veranderingen in het toekomstige neerslagpatroon. We zien zomers droger worden en in de winter valt gemiddeld meer neerslag. Er is ook een duidelijke trend te zien in de ontwikkeling van extreme neerslag. De hoeveelheid neerslag bij een extreme regenbui zoals deze één keer per jaar voorkomt stijgt naar 2100 onder het hoog-impacts scenario met 24 %, die van extreme regenbui zoals deze één keer per 20 jaar voorkomt met 45 %. Deze trends zullen hun invloed hebben op overstromingen, zowel door extreme neerslag als door overstroming vanuit rivieren.
- De overstroombare gebieden stijgen met een 130 000 ha (77 %) en omvatten vooral toenames van ondiepe oppervlakkige afstroming in landelijke gebieden en extra overstroombare wegen. De toename langs rivier valleien is in omvang meestal beperkt, op locaties waar bv. waterlopen onder vernauwingen als (spoor)wegen gaan na.
- De voorkomingsfrequentie van fluviale overstromingen: stijging met een gemiddelde factor 5 tot 15 met de sterkste toenames in de hellende gebieden van West- en Oost-Vlaanderen. Voor locaties die actueel met een frequentie van 1/100 overstroom, betekent dit dat wateroverlast er met een kans van 1/10 kan voorkomen. Locaties die nu al een hoge kans (1/10) overlast hebben, kunnen dit bijna jaarlijks ondervinden.
- De maximale overstromingsdieptes (langs waterlopen) kunnen gemiddeld met een 30-tal cm stijgen in de Zand- en Leemstreek en met een 50-tal cm in het hellend gebied van West- en Oost-Vlaanderen. Lokaal kan de fluviale toename gaan tot 100-120 cm.
- Het aandeel overstroombare hoofdgebouwen kan stijgen van de huidige 25 % van het totaal aantal gebouwen naar 41 %. Dat komt dan neer op iets meer dan 1 miljoen hoofdgebouwen in Vlaanderen die een kans op overstroming hebben. De toename is groter in stedelijke gebieden.
- Het aantal hoofdgebouwen waar gevaarlijke waterdieptes zijn (diepte > 70 cm) kan toenemen van 31 000 hoofdgebouwen actueel tot 92 000 hoofdgebouwen tegen 2100.

<sup>9</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

<sup>10</sup> <https://www.vmm.be/publicaties/orbp-analyse-basisrapport>

<sup>11</sup> <https://www.vmm.be/publicaties/aanmaak-van-een-afstromingsgevoelige-kaart-voor-vlaanderen>

- Het aantal kwetsbare instellingen die actueel op 20 m van overstroombaar gebied liggen (6 000) kan tegen 2100 toenemen tot 8 000 instellingen. In Antwerpen en Gent komt het aantal kwetsbare instellingen tot ruim boven de 100, gevolgd door Aalst, Leuven en Kortrijk.
- Het percentage gevaarlijke overstoombare gebouwen (gebouwen waar de voorspelde overstromingsdiepte groter is dan 70 cm en waar we hoge economische en gezondheidseffecten verwachten, neemt gemiddeld over Vlaanderen toe van 2.6 % onder het huidig klimaat naar 6.9 % onder het hoog-impactscenario in 2100. Steden als Antwerpen, Leuven, Dendermonde, Diest en Tienen laten de hoogste impacts zien naar het bouwpatrimonium (potentieel 15-20 % gebouwen met impact).
- Het percentage gevaarlijke overstoombare kwetsbare instellingen (gebouwen waar de voorspelde overstromingsdiepte groter is dan 70 cm en waardoor we economische en gezondheidseffecten verwachten) neemt gemiddeld over Vlaanderen toe van 7 % onder het huidig klimaat naar 16 % onder het hoog-impactscenario in 2100. Uitschieters zijn daarbij de steden Antwerpen, Leuven en Aalst met rond de 40 % van alle kwetsbare instellingen die gevaarlijk overstroombaar kunnen worden.



# 7 THEMA ZEESPIEGELSTIJGING

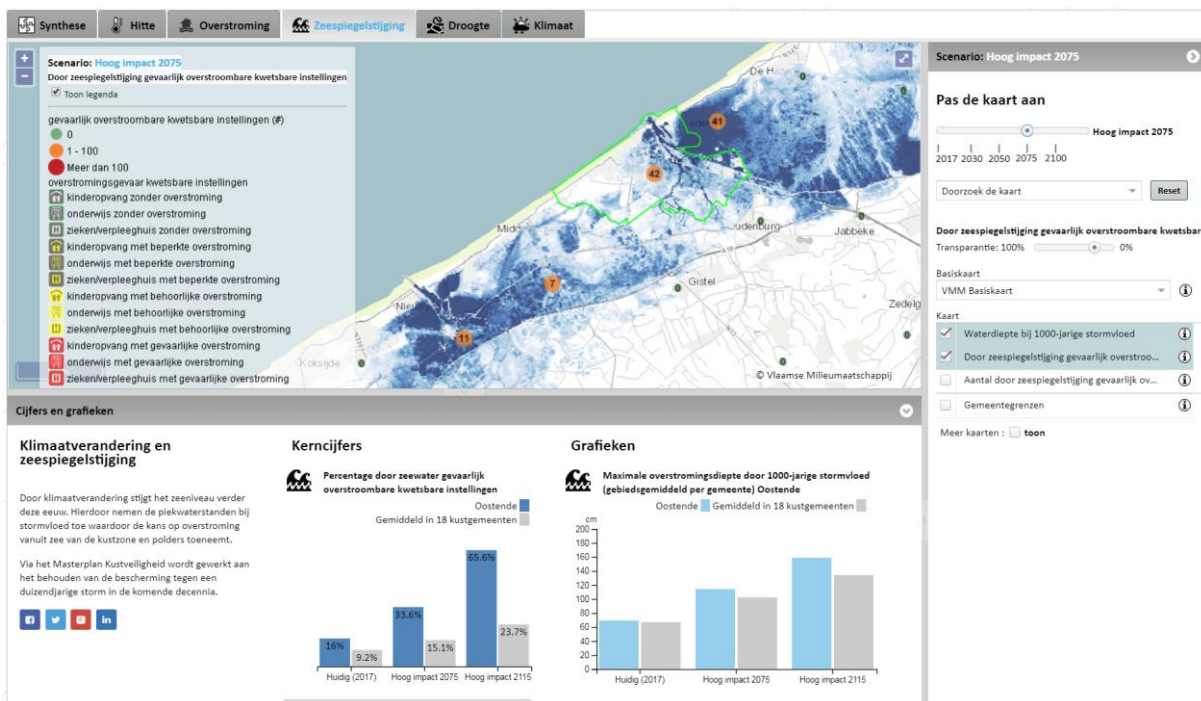
## 7.1 Introductie

Door klimaatverandering stijgt ook het zeespiegelniveau. Dit gebeurt door het afsmelten van ijskappen en gletsjers, volumeverandering van zeewater als gevolg van temperatuursverandering en veranderende opslag van water op het land. Zeespiegelstijging kan ook Vlaanderen treffen. Een stijgend zeeniveau kan leiden tot meer overstromingen, kusterosie en zelfs de inname van laaggelegen gebieden door de zee. Zeewater kan ook ondiepe (zoet)waterlagen aantasten en zo de waterbevoorrading bedreigen en lokale ecosystemen aantasten.

Projecties naar het tijdvak 2100 voor het midden impactscenario wijzen naar een mogelijke zeespiegelstijging in de orde van grootte van 80 cm, alhoewel er ook scenario's bestaan die een grotere stijging voorspellen. Als de zeekering onvoldoende bestand is tegen de hoge waterstanden van een stormvloed, kunnen grootschalige overstromingen plaatsvinden. Klimaatverandering zorgt voor een stijging van de zeespiegel en dus ook voor hogere waterstanden bij stormvloed. De overstromingsrisico's stijgen dus door klimaatverandering.

In het Klimaatportaal Vlaanderen zie je een aantal klimaateffect- en impact-indicatoren die gebaseerd zijn op berekeningen van de potentiële overstroombare oppervlakte bij het optreden van een 1000-jarige stormvloed aan de kust, in de situatie van de zeekering anno 2015.

figuur 6: Thema zeespiegelstijging in de sectie Kaarten en cijfers



Het Klimaatportaal Vlaanderen maakt onderscheid tussen verschillende gradaties van overstroming. Waarschijnlijk hebben niet alle gevallen van overstroming een even zware impact. Relatief lichte overstromingen zullen waarschijnlijk alleen een tijdelijke impact hebben, terwijl ernstigere overstroming kan zorgen voor grote economische schade, en zelfs gevaar voor de gezondheid. De mogelijk optredende lokale waterdiepte bij overstroming is daarbij bepalend. In het Klimaatportaal Vlaanderen kunnen overstromingen met een overstromingspeil hoger dan 30 cm tot aanzienlijke

economische schade leiden en overstromingen met een overstromingspeil hoger dan 70 cm tot mogelijk voor de mens gevaarlijke overstroming leiden. Er is kans op hoge economische schade en mogelijke gezondheidseffecten en mortaliteit door verdrinking als gevolg.

Momenteel voert de Afdeling Kust het Masterplan Kustveiligheid uit. Door de uitvoering van dit masterplan is de kust in 2050 beschermd tegen de impact van een 1000-jarige stormvloed en worden grootschalige overstromingen vermeden. Bij de uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid houdt de Afdeling Kust rekening met een zeespiegelstijging tot 2050 en bij sommige projecten zelfs tot 2100. Hoe de volledige kust na 2050 beschermd kan worden of bij een snellere zeespiegelstijging dan momenteel aangenomen, wordt momenteel bestudeerd binnen het Complex Project Kustvisie.

Bijkomende informatie over het Masterplan Kustveiligheid en beschermingsmaatregelen kan via volgende link gevonden worden: <http://www.afdelingkust.be/nl/masterplan-kustveiligheid>.

Voor het berekenen van de genoemde overstromingsniveaus volgen we de volgende procedure:

- Startpunt voor de uitgevoerde analyse waren de kaarten, aangeleverd door het agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust, afdeling Kust, met de overstromingsdiepten van overstroming vanuit zee bij stormvloed waarvan er elk jaar één kans op 1000 is dat deze zich voordoet.
- De waterdiepte ter hoogte van de centroïde van een hoofdgebouw, ofwel de geografische coördinaat van een instelling bepaalt de lokale waterdiepte.
- Op basis van de beschreven classificatie zijn respectievelijk hoofdgebouwen en instellingen geclassificeerd als niet overstroomd of overstroomd binnen een van deze klassen.

## 7.2 Data

### 7.2.1 Klimaat effecten

#### Waterdiepte in overstroombare gebieden

Deze indicator toont voor een tijdvak de potentiële overstroombare oppervlakte en de daarbij verwachte waterdiepte die kan optreden bij een overstroming vanuit zee door stormvloed. De indicator toont de waterdieptes voor een voorkomingsfrequentie van eens in de 1000 jaar, voor de huidige situatie van de zeevering (2015). De indicator is beschikbaar voor het huidige klimaat in 2015 en de periodes 2075 en 2115.

### 7.2.2 Klimaat impact

#### Aantal (gevaarlijk) overstroombare gebouwen

Deze indicator toont, op het niveau van statistische sectoren, het aantal gebouwen dat binnen die sector gevaarlijk overstroomt bij een overstroming vanuit zee door een stormvloed waarvan er elk jaar één kans op 1000 is dat deze zich voordoet, voor de huidige situatie van de zeevering (2015). Een gevaarlijke overstroming is daarbij gedefinieerd als een overstroming met een waterdiepte groter dan 70 cm, waarbij zowel hoge economische schade als acuut gezondheidsgevaar, bijvoorbeeld kans op verdrinking, verwacht wordt.

#### Kwetsbare instellingen met kans op (gevaarlijke) overstroming

Deze indicator toont de kwetsbare instellingen die getroffen kunnen worden door een overstroming vanuit zee door stormvloed – voor de huidige situatie van de zeevering (2015) – waarvan er elk jaar één kans op 1000 is dat deze zich voordoet. Daarbij maken we een onderscheid tussen de volgende “zwaartes” van overstroming:



- geen overstrooming (waterdiepte 0 cm)
- beperkte overstrooming (waterdiepte 0-30 cm)
- behoorlijke overstrooming (waterdiepte 30-70 cm)
- gevaarlijke overstrooming (waterdiepte groter dan 70 cm)

We onderscheiden de volgende typen kwetsbare instellingen in deze kaart:

- instellingen voor kinderopvang (bron: Kind en Gezin)
- instellingen voor onderwijs (bron: Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming)
- ziekenhuizen en verzorgingstehuizen (Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid)

Door het grote aantal instellingen op de kaart kozen we ervoor om clusters van instellingen op de lagere detailniveaus weer te geven. Naargelang het inzoomen zie je volgende gegevens:

- totaal aantal overstroombare instellingen per gemeente
- totaal aantal overstroombare instellingen per statistische sector
- individuele kwetsbare instellingen in de eerder beschreven klassen op basis van beschikbare ruimtelijke coördinaten

### 7.2.3 Overzicht overstroomingsdata

In tabel 5 krijg je een overzicht van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema “Zeespiegelstijging”.

tabel 5: Datasets beschikbaar onder thema zeespiegelstijging

Dataset	Type	Bron
Waterdiepte in overstroombaar gebied	Effect	Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust, afdeling Kust <sup>12</sup>
Aantal (gevaarlijk) overstroombare gebouwen	Impact	VMM, deze studie <sup>13</sup>
Kwetsbare instellingen met kans op (gevaarlijke) overstrooming	Impact	VMM, deze studie

## 7.3 Conclusies

- Statistische analyse van de eigenlijke meetwaarden aan de Belgische kust toont dat het jaargemiddelde zeeniveau in 2015 significant hoger ligt dan bij het begin van de meetreeks enkele decennia geleden (MIRA, 2018<sup>14</sup>):
  - o In Oostende steeg de trendlijn van het zeeniveau met 112 mm tussen 1951 en 2015.
  - o In Nieuwpoort steeg de trendlijn van het zeeniveau met 84 mm tussen 1967 en 2015.
  - o In Zeebrugge steeg de trendlijn van het zeeniveau met 54 mm tussen 1979 en 2015.
- Projecties naar het tijdvak 2100 voor het hoog-impactscenario wijzen naar een mogelijke zeespiegelstijging in de grootteorde van 80 cm, alhoewel er ook scenario's bestaan die een grotere stijging voorspellen. We verwachten een zeespiegelstijging van 30 cm tegen 2050. Vervolgens verwachten we 50 cm (of 7.5 m TAW voor de 1000-jarige storm) en 100 cm hogere zeespiegels (of 8.0 m TAW) tegen respectievelijk 2075 en 2115. De getoonde overstroomingskaarten binnen het Klimaatportaal Vlaanderen komen overeen met de TAW-peilen van 7 m TAW (actueel), 7.5 m TAW (2075) en 8.0 m TAW (2115).

<sup>12</sup> <http://www.afdelingkust.be/sites/default/files/atoms/files/Masterplan%20Kustveiligheid.pdf>

<sup>13</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

<sup>14</sup> <https://www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/zeeklimaat/zeeniveau>

- Bij een 1000-jarige storm worden in totaal 18 kust- en poldergemeenten in grote of minder grote mate getroffen door overstroming vanuit zee.
- Het aantal hoofdgebouwen waar door overstroming vanuit zee bij stormvloed gevaarlijke waterdieptes optreden (diepte > 70 cm) kan in de 18 getroffen gemeenten toenemen van 17 000 hoofdgebouwen actueel tot 46 000 hoofdgebouwen tegen 2115.
- Het percentage gevaarlijk overstroombare gebouwen door overstroming vanuit zee (gebouwen waar de voorspelde overstromingsdiepte groter is dan 70 cm en waar zowel economische als gezondheidseffecten verwacht worden) neemt in de 18 getroffen kust- en poldergemeenten toe van 9 % onder het huidig klimaat naar 25 % onder het midden impactscenario in 2115. Er zijn grote verschillen tussen de getroffen kust- en poldergemeenten, waarbij uitschieters als Nieuwpoort (van 38 % naar 69 %), Oostende (van 18 % naar 73 %) en vooral ook Bredene (van nu al 93 % tot 100 %) opvallen.
- Het aantal kwetsbare instellingen waarbij gevaarlijke overstromingen kunnen optreden (zo'n 80 onder het huidig klimaat) kan in de 18 getroffen gemeenten tegen 2115 toenemen tot zo'n 200 instellingen.
- Het percentage gevaarlijk overstroombare kwetsbare instellingen (gebouwen waar de voorspelde overstromingsdiepte groter is dan 70 cm, waardoor zowel economische als gezondheidsimpacts verwacht worden) neemt over de 18 getroffen kust- en poldergemeenten toe van 9 % onder het huidig klimaat naar 24 % onder het midden impactscenario in 2115. Vooral in Oostende worden numeriek gezien een groot aantal instellingen getroffen, met een verviervoudiging van 20 naar ongeveer 80 instellingen die gevaarlijk kunnen overstromen.



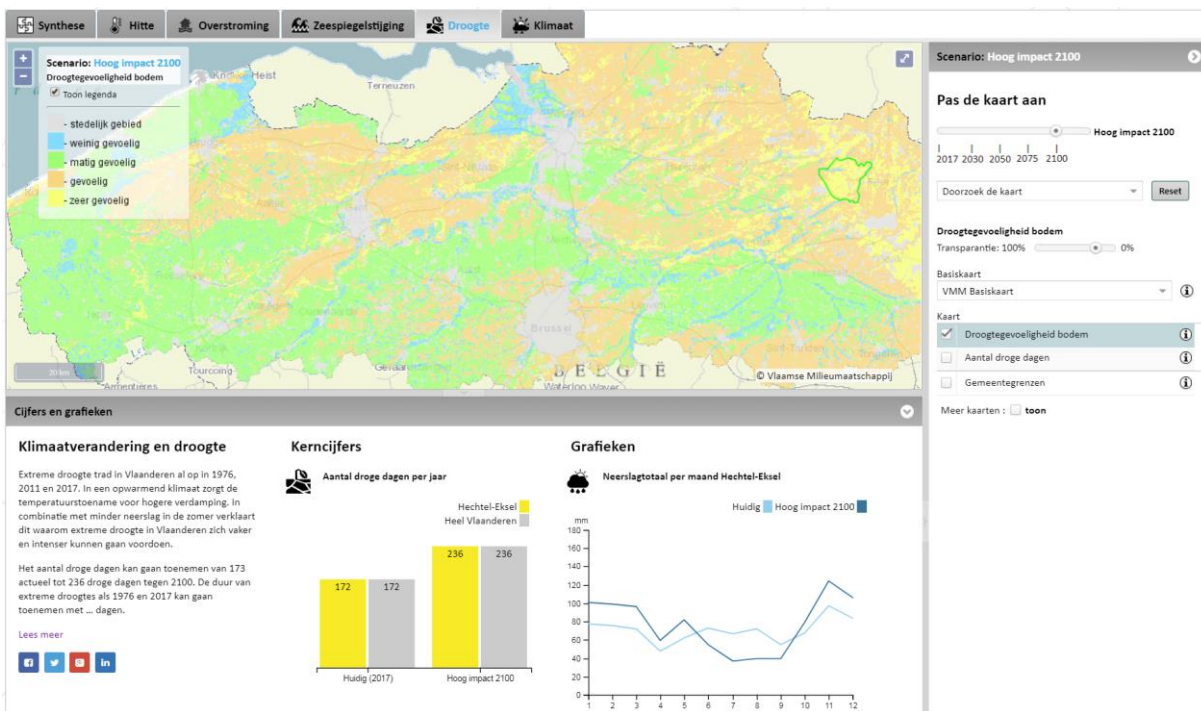
# 8 THEMA DROOGTE

## 8.1 Introductie

Extreme droogte trad in Vlaanderen al op in 1976, 2011, 2017 en 2018. In een opwarmend klimaat zorgt de temperatuurstoename voor hogere verdamping. In combinatie met een trend naar minder neerslag in de zomer verklaart dit waarom er vaker intensere extreme droogteperiodes in Vlaanderen voorkomen.

Over het thema droogte is in vergelijking met de andere thema's voor Vlaanderen momenteel nog weinig informatie beschikbaar via ruimtelijke kaarten. Toch is er in het Klimaatportaal Vlaanderen data over droogte beschikbaar. Daarvoor ontwikkelden we proxy's, zoals de droogte-proxyindicator, die ontwikkeld is op basis van de berekening van het doorlopend potentieel neerslagtekort of -overschot. We gebruikten historische gegevens om die indicator in te schatten<sup>15</sup>. We werkten ook met een proxyindicator voor de droogtegevoeligheid van de bodem, waarbij op basis van bodemkenmerken een ruimtelijke kaart ontwikkeld is die gevoeligheid ruimtelijk weergeeft voor Vlaanderen. Droogtekaarten worden momenteel afgeleid op basis van een Vlaamse gebiedsdekkende hydrologische modellering en de klimaatscenario's, in een lopende studie voor VMM door IMDC, KU Leuven, Sumaqua en Wageningen Environmental Research. Deze kaarten worden in een later stadium toegevoegd aan het Klimaatportaal Vlaanderen.

figuur 7: Thema droogte in de sectie Kaarten en cijfers



De volgende secties beschrijven de verschillende indicatoren (respectievelijk de klimaateffecten en de klimaatimpacts) die via het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema droogte beschikbaar zijn.

<sup>15</sup> VMM (2018), 'Impact van klimaatverandering op meteorologische droogte in Vlaanderen', Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer, Dienst Hoogwaterbeheer & Sumaqua bvba (in opdracht van VMM), maart 2018, 44 p.

## 8.2 Data

### 8.2.1 Klimaateffecten

#### Droogtegevoeligheid van de bodem

Deze indicator toont de droogtegevoeligheid van de bodem en geeft daarmee een eerste indicatie van waar droogte een impact kan hebben op landbouw en gewasgroei.

We maakten op basis van expertbeoordeling een classificatie naar 4 droogtegevoeligheidsklassen (en daarnaast de klasse stedelijk gebied) aan de hand van de typering (een combinatie van textuur en vochttoestand) zoals gegeven in de digitale bodemkaart van Vlaanderen.

De volgende klassen zijn onderscheiden:

- weinig gevoelig
- matig gevoelig
- gevoelig
- zeer gevoelig
- stedelijk gebied

Deze kaart is een indicator voor de potentiële impact van landbouwkundige droogte.

#### Aantal droge dagen

De indicator toont het aantal dagen per jaar zonder neerslag dat bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak verwacht wordt.

#### Totale jaarlijkse verdamping (potentiële evapotranspiratie)

De gemiddelde totale hoeveelheid verdamping (in millimeter potentiële evapotranspiratie) die bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak verwacht wordt), berekend als het meerjarige gemiddelde van de door het gehele jaar verdampde hoeveelheid water.

#### Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de zomer

De gemiddelde totale hoeveelheid verdamping die bij een bepaald klimaatscenario in een tijdvak verwacht wordt (in millimeter potentiële evapotranspiratie) in de meteorologische zomerperiode (juni, juli en augustus), berekend als het meerjarige gemiddelde van de hoeveelheid water die tijdens de zomer verdampt.

#### Kans op voorkomen van zeer extreme droogte

Deze indicator beschrijft de kans op het voorkomen van een zeer extreme droogte (te vergelijken met een droogte zoals eerder in Vlaanderen voorgekomen in 1976).

#### Gemiddelde duur van een extreem neerslagtekort

Deze indicator beschrijft de gemiddelde duur van een extreem neerslagtekort, zoals we in het betreffende tijdvak eens in de 20 jaar verwachten.

### 8.2.2 Overzicht droogte data

In tabel 6 geven we een overzicht van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema droogte.





tabel 6: Datasets beschikbaar onder thema droogte

Dataset	Type	Bron
Droogtegevoeligheid van de bodem	Effect	VMM, deze studie <sup>16</sup>
Aantal droge dagen	Klimaat	VMM, deze studie
Totale jaarlijkse verdamping (potentiële evapotranspiratie)	Klimaat	VMM, deze studie
Totale verdamping (potentiële evapotranspiratie) in de zomer	Klimaat	VMM, deze studie
Kans op voorkomen van zeer extreme droogte	Effect	VMM, Ntegeka, V., Wolfs, V., Willems P. (2017) <sup>17</sup>
Duur van een extreem neerslagtekort	Effect	VMM, Ntegeka, V., Wolfs, V., Willems P. (2017)

### 8.3 Conclusies op basis van de data

Aan de hand van de data die we in het Klimaatportaal Vlaanderen tonen en de studies en analyses die aan de basis liggen<sup>17</sup>, trekken we een aantal conclusies over droogte in Vlaanderen.

- Klimaatverandering leidt tot veranderingen in toekomstige neerslagpatronen. We zien een toename van het aantal droge dagen in een jaar, waarbij vooral de zomers droger worden met tot 60 % minder neerslag in de zomermaanden
- Het aantal droge dagen (dagen zonder neerslag) in een jaar kan toenemen van 173 onder het huidig klimaat tot 236 droge dagen onder het hoog impactscenario tegen 2100.
- Een extreem droge zomer als die van 1976, die overeenkomt met een van de meest droge zomers van de laatste 100 jaar in Vlaanderen, kan tegen 2100 om de 4 à 5 jaar voorkomen.
- Voor de landbouw zijn lange droogteperiodes een risico voor de productie, vooral in combinatie met beperkte watervoorraden voor irrigatie. De duur van extreme droogtes als 1976 en 2017 kan onder het hoog impactscenario toenemen tot 135 dagen, t.o.v. 34 dagen onder het huidige klimaat. Dat betekent een droge periode die een factor 4 langer is.
- Voor recreatie zijn droge dagen gunstig. Mensen zijn dan meer geneigd om te wandelen en te fietsen. Het aantal droge dagen (dagen zonder neerslag) in een jaar kan toenemen van 173 onder het huidig klimaat tot 236 droge dagen onder het hoog impactscenario tegen 2100. Dat betekent dat meer dan 60 % van het jaar geschikt is voor buitenrecreatie, t.o.v. 47 % in het huidige klimaat.
- De neerslag die kan verdampen tijdens het hydrologisch zomerseizoen kan stijgen tot 77 % (tegenover 67 % in het huidige klimaat).
- Het totaal neerslagtekort in het hydrologisch zomerseizoen kan stijgen tot 485 mm (tegenover 237 mm in het huidige klimaat) voor de 5-percentielwaarde, d.w.z. voor het meest droge jaar in een periode van 20 jaar.
- De voorkomingsfrequentie van het neerslagtekort kan stijgen met een factor 10 voor de 5-percentielwaarde, d.w.z. voor het meest droge jaar in een periode van 20 jaar. Een factor 10 in de voorkomingsfrequentie betekent dat een extreem neerslagtekort dat nu gemiddeld eens om de 20 jaar voorkomt, in de toekomst gemiddeld eens om de 2 jaar voorkomt.
- T.o.v. de duur van een neerslagtekort verwachten we een stijging met een factor 4 voor het aaneensluitend aantal dagen met een extreem neerslagtekort, gedefinieerd als dagen waarbij de 5-percentielwaarde voor het huidige klimaat wordt overschreden.

<sup>16</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

<sup>17</sup> [www.vmm.be/publicaties/impact-van-klimaatverandering-op-metereologische-droogte](http://www.vmm.be/publicaties/impact-van-klimaatverandering-op-metereologische-droogte)

- In zandige bodems van de Kempen en de Noord-Vlaamse zandstreek is de gevoeligheid voor droogte het grootst omdat bodemvocht er het minste wordt vastgehouden. Kleinere riviervalleien zijn gevoeliger aan hydrologische droogte dan de grotere en dit wordt versterkt in hydrologische regio's van het hellend gebied van West- en Oost-Vlaanderen waar waterberging in de ondergrond minder is dan bv. in de Leem- of Zandstreek. Fenomenen als droogvallende waterlopen en waterbuffers kunnen in het toekomstig klimaat dan ook vaker en op meer locaties optreden.



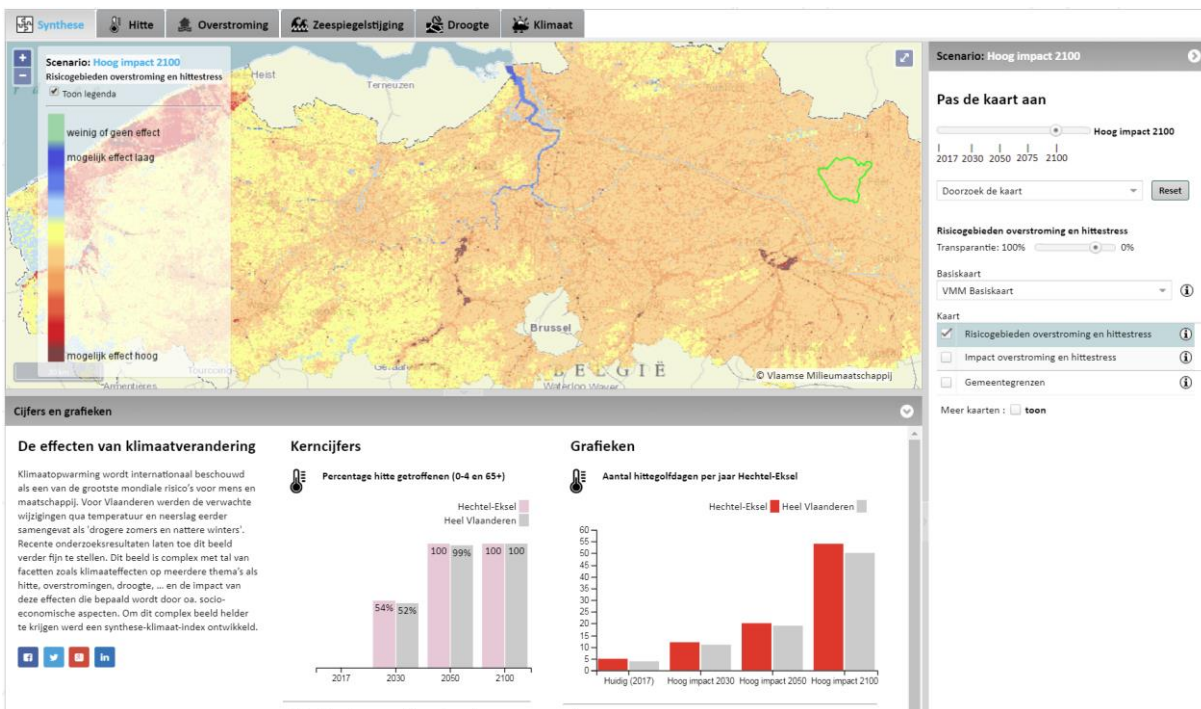
# 9 SYNTHESE

## 9.1 Introductie

Klimaatopwarming wordt internationaal beschouwd als een van de grootste mondiale risico's voor mens en maatschappij. Voor Vlaanderen vatten we de verwachte wijzigingen qua temperatuur en neerslag eerder samen als "drogere zomers en nattere winters". Recente onderzoeksresultaten laten toe dit beeld verder te verfijnen. Dit beeld is complex met tal van facetten zoals klimaateffecten op meerdere thema's als hitte, overstromingen, droogte en zeespiegelstijging, en de impact van deze effecten die bepaald wordt door o.a. socio-economische aspecten. Om dit complexe beeld meer helder te krijgen ontwikkelden we een synthese-klimaat-index.

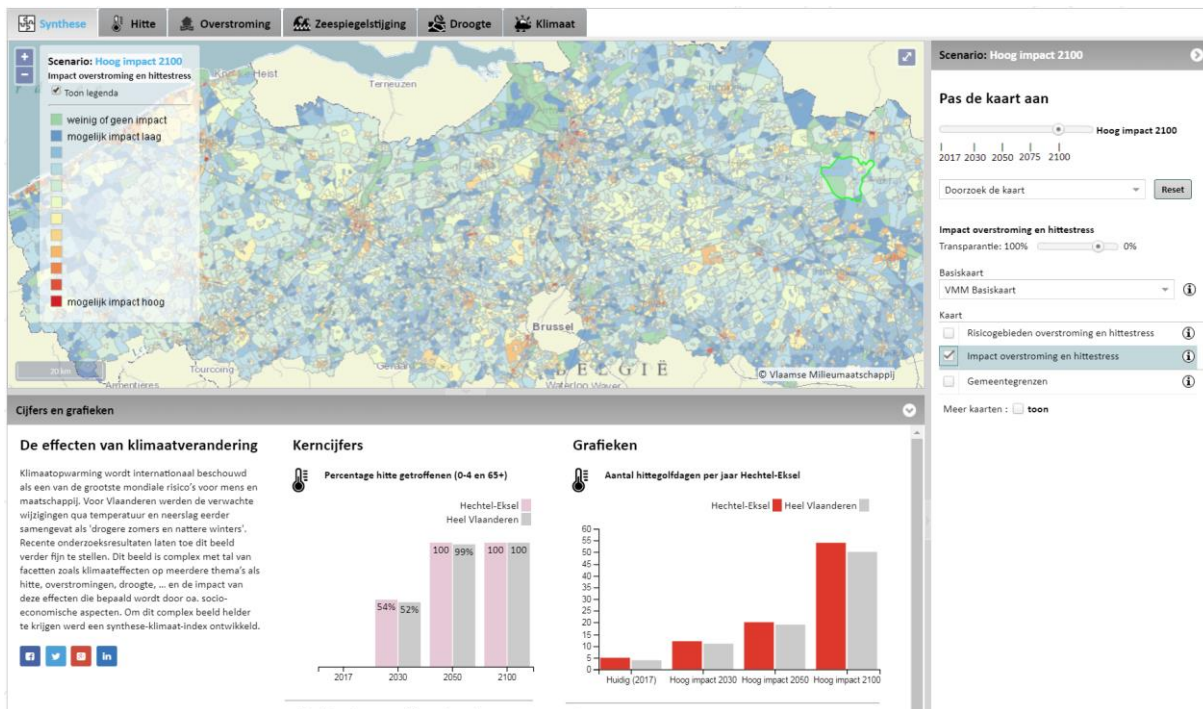
De synthese-klimaat-index is speciaal ontwikkeld voor het Klimaatportaal Vlaanderen met de bedoeling om zowel de effecten als de impact van de verschillende fenomenen die zich voordoen onder klimaatverandering overzichtelijk duidelijk te maken, in één oogopslag. Het doel is om gebruikers bewust te maken van de gevolgen van klimaatverandering, te signaleren waar lokale effecten optreden, waar verschillende fenomenen samenkomen en hoe ernstig de daaruit volgende impact is.

figuur 8: Synthesebeeld voor klimaateffect in de sectie Kaarten en cijfers



De synthese-klimaat-index is samengesteld uit kenmerkende indicatoren uit de verschillende thema's. Daarbij kozen we voor een aparte index om klimaateffect en klimaatimpact te definiëren. De samenstelling gebeurde door het aggregeren van de klassen van de samenstellende indicatoren, zoals hieronder kort beschreven. De indexen omvatten voorlopig enkel de thema's waarvoor de data al vrij volledig en representatief voor het betreffende fenomeen is: hitte, overstromingen vanuit waterlopen en door intense neerslag, en overstromingen door zeespiegelstijging. Zodra ruimtelijke data voor de effecten en impacts van droogte beschikbaar zijn, dan worden die ook ingevoegd in de index.

figuur 9: Synthesebeeld voor klimaatimpact in de sectie Kaarten en cijfers



De klimaatsynthese is beschikbaar onder het huidige klimaat en voor de klimaatprojectie naar 2100 voor het hoog-impactscenario. De kleurschakeringen geven weer in welke gebieden de gecombineerde impact laag tot hoog kan zijn. Vanuit deze index kan je verdiepen naar thema, locatie, of beschikbare achtergrondinformatie benaderen. De structuur van het portaal is zo opgezet dat gebruikers in eerste instantie geconfronteerd worden met de synthesekaart en van daaruit verder kunnen navigeren.

## 9.2 Data

### Geïntegreerd klimaateffect

Deze indicator geeft een geïntegreerd beeld van de geaggregeerde klimaateffecten ten gevolge van temperatuurstijging, intense regenval en zeespiegelstijging, namelijk hitte en overstromingen. De indicator is samengesteld door het combineren van drie representatieve klimaateffecten uit de respectievelijke thema's: aantal hittegolfgaaddagen, waterdiepte bij overstroming vanuit rivieren en door afstroming bij intense regenval, en waterdiepte bij overstroming vanuit zee. Via een eenvoudige, maar gefundeerde klasse-indeling bepalen we de "lokale ernst" van het individuele klimaateffect. Daarna worden de scores van de individuele indicatoren opgeteld en uitgedrukt in een nieuwe klasse-indeling die het gecombineerde effect representeert.

De volgende individuele klasseindelingen zijn gebruikt:

- hittegolfgaaddagen:
  - o geen hittestress (< 60 HGD) = 0
  - o hittestress (≥ 60 HGD en < 120 HGD) = 1
  - o belangrijke hittestress (≥ 120 HGD en < 180 HGD) = 2
  - o zware hittestress (≥ 180 HGD en < 240 HGD) = 3
  - o zeer zware hittestress (≥ 240 HGD en < 300 HGD) = 4
  - o extreme hittestress (≥ 300 HGD) = 5

- waterdiepte (bij overstroming vanuit rivieren of door extreme regenval):
  - o niet overstroomd = 0 cm
  - o overstroomd (> 0 cm en <= 30 cm) = 1
  - o overstroomd met verwachte economische schade (> 30 cm en ≤ 70 cm) = 2
  - o overstroomd met verwachte economische en gezondheidsschade (> 70 cm en ≤ 100 cm) = 3
  - o overstroomd met verwachte grote economische en gezondheidsschade (> 100 cm en ≤ 200 cm) = 4
  - o overstroomd met verwachte zeer grote economische en gezondheidsschade (≥ 200 cm) = 5
- waterdiepte (bij overstroming vanuit zee):
  - o niet overstroomd = 0
  - o overstroomd (> 0 cm en ≤ 30 cm) = 1
  - o overstroomd met verwachte economische schade (> 30 cm en ≤ 70 cm) = 2
  - o overstroomd met verwachte economische en gezondheidsschade (> 70 cm en ≤ 100 cm) = 3
  - o overstroomd met verwachte grote economische en gezondheidsschade (> 100 cm en ≤ 200 cm) = 4
  - o overstroomd met verwachte zeer grote economische en gezondheidsschade (≥ 200 cm) = 5

De geïntegreerde indicator wordt berekend door de scores van de drie effecten zo te aggregeren:

- min (score waterdiepte door zeespiegelstijging + score waterdiepte door overstromingen vanuit waterlopen en door intense regenval, 5) + score hittestress
- In woorden: als de optelling van de scores voor beide overstromingsindicatoren groter is dan 5, dan is de geaggregeerde deelscore 5. Daarbij wordt de score voor hittestress opgeteld, wat de totaalscore voor de synthese van effecten oplevert.

De indicator wordt uitgedrukt via een schaal met de volgende punten:

- 0 = geen klimaateffect
- 1 = laag klimaateffect
- 10 = hoog klimaateffect

Tussenvallende waarden worden in kaart niet expliciet gelabeld, maar via een legendekleur weergegeven.

#### Geïntegreerde klimaatimpact

De indicator geeft een geïntegreerd beeld van de geaggregeerde klimaatimpacts die het gevolg zijn van hitte en overstromingen. Ook deze indicator is samengesteld door het combineren van drie individuele representatieve klimaatimpacts uit de respectievelijke thema's:

- aantal door hittestress getroffen personen per statistische sector
- aantal gevaarlijk overstroomde gebouwen per statistische sector voor overstromingen vanuit rivieren en door wateroverlast
- aantal gevaarlijk overstroomde gebouwen per statistische sector voor overstromingen vanuit zee. Via een eenvoudige, gefundeerde klasseindeling wordt per individuele indicator de "lokale ernst" bepaald van de impact. De scores van beide indicatoren worden vervolgens opgeteld en uitgedrukt in een nieuwe klasseindeling die de gecombineerde impact representeert.



De volgende klasse-indelingen zijn gebruikt voor de individuele indicatoren:

- het aantal getroffen personen per statistische sector (waarbij de gevoelige groepen voor hitte getroffen worden bij een overschrijding van de kritische waarde van 60 hittegraaddagen in de betreffende statistische sector):
  - o geen getroffen personen = 0
  - o aantal getroffen personen tussen 1 en 5 = 1
  - o aantal getroffen personen tussen 6 en 20 = 2
  - o aantal getroffen personen tussen 21 en 50 = 3
  - o aantal getroffen personen tussen 51 en 100 = 4
  - o aantal getroffen personen tussen 101 en 300 = 5
  - o aantal getroffen personen groter dan 300 = 6
- aantal gevaarlijk overstroombare gebouwen per statistische sector:
  - o geen overstroomde gebouwen = 0
  - o aantal overstroomde gebouwen tussen 1 en 25 = 1
  - o aantal overstroomde gebouwen tussen 26 en 50 = 2
  - o aantal overstroomde gebouwen tussen 51 en 100 = 3
  - o aantal overstroomde gebouwen tussen 101 en 250 = 4
  - o aantal overstroomde gebouwen tussen 251 en 500 = 5
  - o aantal overstroomde gebouwen groter dan 500 = 6

De geïntegreerde indicator wordt berekend door de scores van de drie effecten zo te aggregeren:

- min (score impact zeespiegelstijging + score impact overstromingen vanuit waterlopen en door intense regenval, 6 ) + score hittestress

In woorden: als de optelling van de scores voor beide overstromingsindicatoren meer is dan 6, dan is de geaggregeerde deelscore 6. Daarbij wordt de score voor hittestress opgeteld, wat de totaalscore voor de synthese van effecten oplevert.

De indicator wordt uitgedrukt via een schaal met de volgende punten:

- 0 = geen klimaatimpact
- 1 = lage klimaatimpact
- 12 = hoge klimaatimpact

Tussenliggende waarden worden niet expliciet gelabeld, maar in kaart via een legendekleur weergegeven.

### 9.2.1 Overzicht synthese data

In tabel 7 krijg je een overzicht van de datasets zoals deze nu beschikbaar zijn in het Klimaatportaal Vlaanderen onder het thema "Synthese".

tabel 7: Datasets beschikbaar onder thema synthese

Dataset	Type	Bron
Geïntegreerd klimaateffect	Effect	VMM, deze studie <sup>18</sup>
Geïntegreerde klimaatimpact	Impact	VMM, deze studie

<sup>18</sup> <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>

### 9.3 Conclusies op basis van de data

We stellen vast dat de klimaateffecten in Vlaanderen onder het huidig klimaat eerder laag zijn en beperkt tot een aantal grotere riviervalleien waar in het verleden al meermaals wateroverlast was en enkele kwetsbare locaties aan de Kust. Het synthesebeeld voor 2100 ziet er daarentegen heel anders uit. In grote delen van Vlaanderen zijn de klimaateffecten hoog. Enkele zaken vallen hierbij op. In de oostelijke gewesthelft zijn de klimaateffecten groter door het ontbreken van milderende effecten vanuit de Kust en omdat zandige bodems die hitte en droogte langer vasthouden. Ook in het Westen van Vlaanderen worden regionaal hogere klimaateffecten verwacht en in het bijzonder rond stedelijke agglomeraties als Gent en Kortrijk. Uiteraard vervoegen ook steden als o.a. Antwerpen, Leuven en Hasselt het lijstje van klimaat hot-spots. Ook een aantal van de grotere riviervalleien in het Demer-, Dender- en IJzerbekken komen naar voor met een hoger klimaateffect. Regio's waar dan weer iets minder uitgesproken klimaateffecten verwacht worden zijn: delen van de Westhoek, de Vlaamse Ardennen en enkele waterrijke gebieden in de Kempen. Het is duidelijk dat de meest landelijke regio's in Vlaanderen de hoogste buffering tegen klimaatverandering bieden. Ook op heel lokaal niveau toont het Klimaatportaal Vlaanderen dat bv. in de landelijke deelgemeenten maar ook in gebieden waarin nu veel groen-blauwe diensten zijn, de klimaateffecten enkele tientallen jaren later en/of in mindere mate zullen voorkomen.

Voor de synthese van klimaatimpact keken we naar de geaggregeerde impacts van overstromingen, zeespiegelstijging en hitte. Het gaat daarbij om de gezondheidseffecten van hitte op gevoelige bevolkingsgroepen en de economische en gezondheidseffecten door gebouwoverstromingen.

De resultaten laten zien dat de klimaatimpact een gelijkaardig beeld vertoont als de klimaateffecten: In het huidige klimaat is de klimaatimpact nog gering over heel Vlaanderen. Hier en daar zijn er gemeenten die al te maken hebben met een wat zwaardere impact. Dat komt vooral omdat bevolking en bebouwing meegenomen zijn in de analyse. In dichtbevolkte gebieden wonen veel mensen en zijn er meer gebouwen. Deze gebieden zijn uiteraard kwetsbaarder en kennen dus ook een relatief grotere impact bij eenzelfde klimaateffect. Het valt op dat onder het huidig klimaat vooral kust- en poldergemeenten en bevolkingskernen langs overstroombare waterwegen, te maken hebben met een wat zwaardere impact.

Voor het klimaat in 2100 zien we grotere veranderingen en verschillen. De kaart ziet eruit als een lappendeken van gebieden met geen tot gebieden met hoge impact. Het valt op dat vooral de verstedelijkte gebieden bij Antwerpen en Gent mogelijk te maken krijgen met een hoge impact. Dat komt vooral door de hittestressproblematiek. Ook de kust- en poldergemeenten zijn kwetsbaar voor een mogelijke hoge impact, vooral door dichte bevolking en de impact door kustoverstromingen. Binnenlandse patronen zijn de volgende: het patroon in Limburg bestaat uit veel gemeenten met lage tot gemiddelde impact, vooral in het Noorden van Limburg. Midden Limburg kent een grote variatie, van gebieden met lage impact, tot enkele gebieden met mogelijk hoge(re) impact. Stukken van het Hageland en het zuiden van de Antwerpse Kempen hebben ook gebieden met gematigde impact, vooral als gevolg van de overstromingsimpact. Ook in het Waasland vind je vrij veel gebieden die een gemiddelde tot hoge impact door klimaatverandering kunnen verwachten. Het valt op dat weinig gemeenten zullen ontkomen aan de impact van klimaatverandering. De binnenlandse patronen worden vooral gedomineerd door impact als gevolg van overstromingen. De gebieden die in 2100 nog geen klimaatimpact ervaren zijn groen omdat er weinig mensen of gebouwen zijn, waardoor de mogelijke impact er ook lager is. Of omdat het beschermingsniveau daar al gegarandeerd is, wat zich door vertaald heeft in de gebruikte data.



# 10 GEBRUIK VAN HET PORTAAL

## 10.1 Navigatie

### 10.1.1 Menu

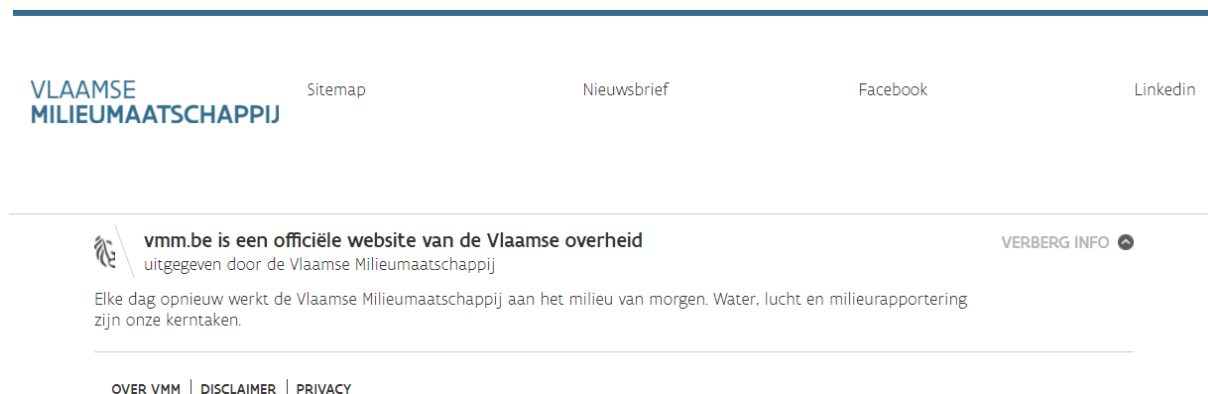
Het Klimaatportaal Vlaanderen biedt een aantal navigatiemogelijkheden. Zo zijn door het hele portaal een aantal menufuncties beschikbaar.

figuur 10: Hoofdmenu en secundair menu



- Het hoofdmenu geeft toegang tot de hoofdfuncties van het portaal:
  - o sectie kaarten & cijfers
  - o verschillende thematische pagina's
  - o sectie beleid
  - o sectie open data
- Het secundaire menu, rechts boven op elke pagina, geeft toegang tot een aantal secundaire functies:
  - o homepage
  - o "over ons"
  - o nieuwsarchief
  - o sectie voor de pers (op vmm.be)
  - o contactpagina
- Het footermenu, onderaan elke pagina, geeft toegang tot een aantal "tertiaire functies":
  - o sitemap
  - o VMM-nieuwsbrief
  - o VMM-facebookpagina
  - o VMM-LinkedIn pagina
  - o via het uitklapmenu (onder meer info)
    - over VMM (op vmm.be)
    - VMM-disclaimer (op vmm.be)
    - privacy (op vmm.be)





### 10.1.2 Shortcuts

In het Klimaatportaal Vlaanderen zijn op diverse plaatsen links beschikbaar om snel naar gerelateerde secties in het portaal te navigeren. Een aantal voorbeelden hiervan zijn:

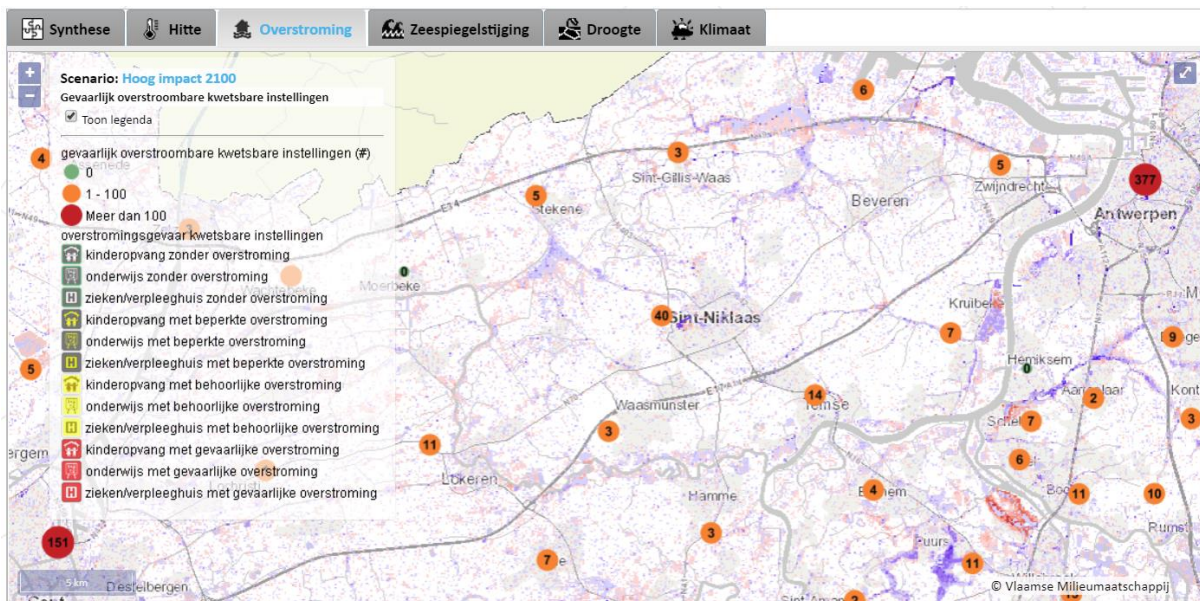
- De afbeeldingen die per thema en in de carousel worden getoond op de homepage linken door naar de betreffende themapagina's.
- Verklarende themateksten in de dataviewer bevatten een "lees meer"-link die doorlinkt naar de geassocieerde themapagina onder de sectie thema's. Vice versa is in elke themapagina een link beschikbaar die je naar het betreffende thema in de dataviewer ('Kaarten en cijfers') brengt.
- Waar relevant zijn aanvullende teksten op dezelfde pagina die niet direct getoond worden via "lees meer"-links te benaderen. De betreffende extra tekstsectie klapt dan open.
- Op veel pagina's krijg je lijsten met bv. nieuwsberichten of veelgestelde vragen. Over het algemeen klik je via de titel de volledige inhoud open. Ook is er bij zo'n lijst een link beschikbaar naar een pagina met alle betreffende teksten (bv. nieuwsberichten of veel gestelde vragen).

## 10.2 Bediening van de data viewer

### 10.2.1 Selectie van indicatoren in kaart, grafiek en kerngetal

De sectie "Kaarten en Cijfers" toont een applicatie met kaarten, grafieken en kerngetallen van indicatoren die klimaatverandering, klimaateffecten en -impacts weergeven. Deze zijn onderverdeeld in een aantal tabbladen met respectievelijk synthese-informatie en informatie over de thema's hitte, overstroming, zeespiegelstijging, droogte en klimaat. Je klikt op een van de tabbladen om een thema te openen.

figuur 12: Thema tabbladen in applicatie Kaarten en cijfers



In het rechterpaneel van de applicatie krijg je een lijst met indicatoren die aan- en uitgevinkt kunnen worden. Daarmee verschijnen of verdwijnen de bijbehorende kaarten, grafieken en kerngetallen. Bij het openen van een tabblad worden standaard een aantal kaarten en grafieken getoond. Naast de getoonde lijst met indicatoren vind je onder “meer kaarten” nog een aantal aanvullende indicatoren. Klik op het aankruisvakje naast “meer kaarten” om deze aanvullende lijst te tonen. Voor een goed overzicht en een zuiver kaartbeeld, worden eerder aangevinkte kaarten best weer afgevinkt.

In het paneel zie je bovenin een schuifje waarmee je het tijdvak en scenario instelt. Standaard wordt de situatie voor het tijdvak 2100 en het hoog impactscenario getoond. Daarnaast staat ook de situatie nu, onder het huidige klimaat. Afhankelijk van het thema en de daarvoor beschikbare data zijn de tussenliggende tijdvakken 2030 en 2050 voor het hoog impactscenario ook beschikbaar.

Het selectiepaneel geeft via de keuzelijst “basiskaart” ook de mogelijkheid om verschillende basiskaarten te selecteren. De basiskaart is de kaart die als ondergrond getoond wordt, bv. een topografische kaart of een luchtfoto van Vlaanderen.



figuur 13: Paneel voor selectie van indicatoren in applicatie Kaarten en cijfers

Scenario: **Hoog impact 2100**
➤

### Pas de kaart aan

Hoog impact 2100

2017
2030
2050
2075
2100

Doorzoek de kaart

Reset

#### Gevaarlijk overstroombare kwetsbare instellingen

Transparantie: 100% 
0%

Basiskaart

VMM Basiskaart
ⓘ

Kaart

<input checked="" type="checkbox"/>	Aangroei overstroombaar gebied	ⓘ
<input checked="" type="checkbox"/>	Gevaarlijk overstroombare kwetsbare instel...	ⓘ
<input type="checkbox"/>	Waterdiepte bij overstroming	ⓘ
<input type="checkbox"/>	Aantal gevaarlijk overstroombare gebouwen	ⓘ
<input type="checkbox"/>	Gemeentegrenzen	ⓘ

Meer kaarten :  **toon**

<input type="checkbox"/>	Extreme neerslag eens per jaar	ⓘ
<input type="checkbox"/>	Extreme neerslag eens in de 20 jaar	ⓘ
<input type="checkbox"/>	Aantal dagen met neerslag	ⓘ

### 10.2.2 Kaart navigatie en kaartinstellingen

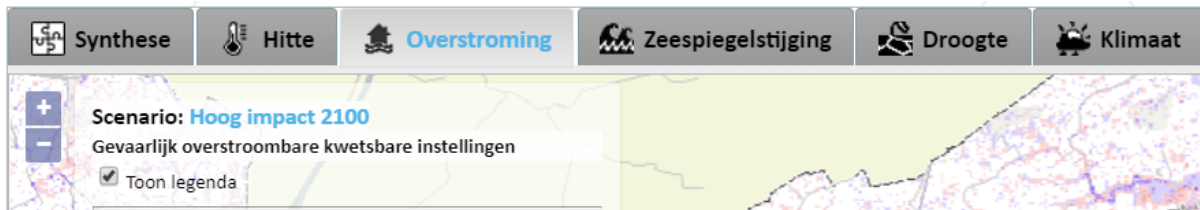
De applicatie “Kaarten en cijfers” biedt een aantal mogelijkheden om kaarten, grafieken en kerngetallen aan te passen aan jouw situatie, bv. om jouw lokale of regionale situatie beter te analyseren.

#### Kaartnavigatie

In het kaartbeeld van de applicatie navigeer je op verschillende manieren. Via de + en - knoppen links bovenin het kaartbeeld zoom je in (via +) of uit (via -). Dat kan ook door dubbel te klikken op het kaartbeeld (een stap inzoomen) of dubbel te klikken met de <shift> toets ingedrukt (een stap uitzoomen).



figuur 14: Zoomknoppen in applicatie Kaarten en cijfers



Bedenk bij het gebruik van de applicatie dat bij verder inzoomen op de kaart in veel gevallen ook meer gedetailleerde informatie zichtbaar wordt, die het gemakkelijker maakt om de lokale situatie te interpreteren. Een aantal voorbeelden:

- Voor hitte en overstromingen krijg je op niveau Vlaanderen het aantal getroffen instellingen per gemeente. Bij verder inzoomen wordt meer detail zichtbaar. Op de hoogste detailniveaus worden zelfs de individuele instellingen op kaart getoond.
- Een aantal achtergrondkaarten toont meer detail wanneer verder wordt ingezoomd. Zo krijg je geleidelijk een steeds gedetailleerder beeld van de infrastructuur, tot aan het niveau van bv. individuele gebouwen.

Naast de genoemde functies voor in- en uitzoomen, kan je ook via de zoekfunctie “zoek locatie” direct naar een locatie in Vlaanderen gaan. Tik daarvoor de naam van een locatie in (straat, deelgemeente ...). In de lijst worden de locaties gegeven die overeenkomen met de ingegeven tekst. Je kan een van de suggesties selecteren waarna de kaart automatisch inzoomt op deze locatie. Tegelijkertijd wordt hiermee de gemeente waarin de locatie ligt geselecteerd, en worden de kerngetallen en grafieken aangevuld met de geldende waarden in die gemeente.

Het niveau van inzoomen is beperkt tot bij benadering het “wijkniveau”. De belangrijkste reden is dat het niet zinvol is om de data op een fijner detailniveau te consulteren door de combinatie van onzekerheden in de getoonde (model)data.

figuur 15: Zoekfunctie voor locatie in applicatie Kaarten en cijfers



Via de “reset”-knop kan de uitgangssituatie (heel Vlaanderen) weer worden ingesteld.

#### Overige kaartinstellingen

Getoonde indicatorkaarten hebben standaard een bepaalde transparantie (20 %), zodat onderliggende kaarten (bv. de basiskaart ter oriëntatie) nog gezien worden. Deze transparantie pas je zelf aan. Sleep het schuifje in het kaartselectiepaneel achter “transparantie” naar de gewenste waarde. De transparantie van de bovenliggende kaart past zich aan. De kleurcode in de legende van een kaart stemt overeen met de kleurvakken op de kaart bij 0 % transparantie.



figuur 16: Instelling voor transparantie in applicatie Kaarten en cijfers



### 10.2.3 Focus op een specifieke gemeente en haar kentallen

Met de applicatie “Kaarten en cijfers” kan je de situatie in een gemeente bekijken en analyseren. Daarbij is er standaard een benchmark aanwezig met het Vlaams gemiddelde. Zo kan je ook gemeenten vergelijken.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de gegevens van een gemeente te krijgen:

- Klikken op de kaart selecteert automatisch de onderliggende gemeente. De gemeente licht ook op in het kaartbeeld.
- Met de functie “zoek locatie” kan een specifieke locatie in Vlaanderen opgezocht worden (zie ook sectie 10.2.2). De applicatie zoomt in naar de geselecteerde locatie.

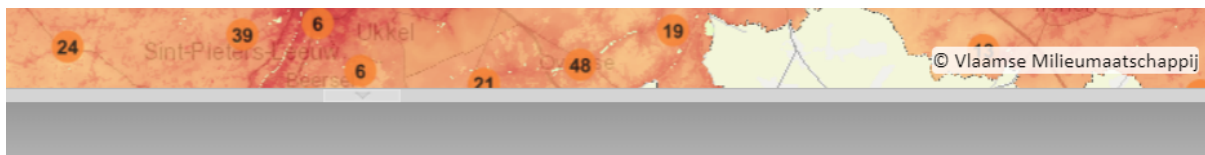
In beide gevallen verschijnen in de sectie “Grafieken en kerngetallen” automatisch de gegevens van die gemeente naast de gegevens van heel Vlaanderen.

### 10.2.4 Grafieken en kerngetallen

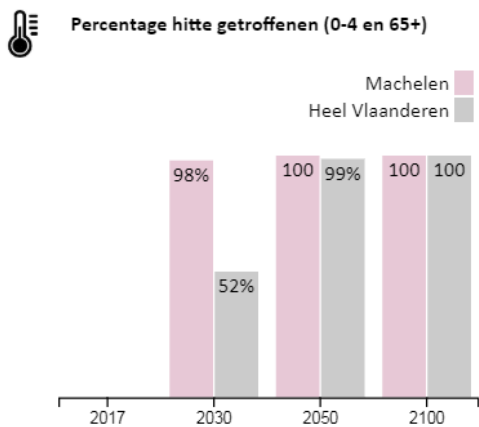
De applicatie “Kaarten en cijfers” geeft via de kaart een ruimtelijk beeld van indicatoren voor heel Vlaanderen en voor lokale regio’s. Daarnaast vind je onderaan de applicatie ook grafieken en cijfers. Hier krijg je de gemiddelde waarden van indicatoren voor heel Vlaanderen. Selecteer je een gemeente (dubbelklik op de kaart) of kies je een locatie(functie “doorzoek de kaart”), dan vind je er de cijfers van die gemeente. Zo zie je hoe de lokale situatie zich verhoudt tot de situatie in Vlaanderen als geheel. Je kan ook vergelijken met buurgemeenten, of met gemeenten die zich bv. in gelijkaardige of juist verschillende situaties bevinden.



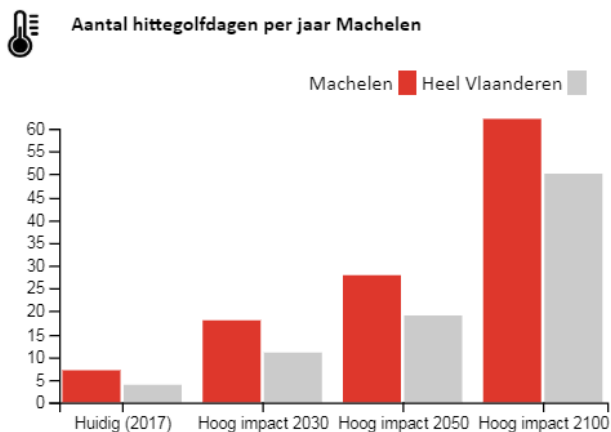
figuur 17: Lokale kerngetallen en grafieken voor een gemeente in applicatie Kaarten en cijfers



### Kerncijfers



### Grafieken



#### 10.2.5 Duiding bij thema's en indicatoren

Ben je geïnteresseerd in de betekenis, een beschrijving, achtergronden van klimaatverandering in Vlaanderen of specifiek in toelichting bij de indicatoren op de kaart, dan krijg op verschillende plaatsen duiding.

In de applicatie “Kaarten en Cijfers” krijg je linksonder per thema een korte introductietekst. Via de “lees meer”-link onderaan deze tekst kan je doorklikken naar de themapagina van het Klimaatportaal Vlaanderen, waarop aanvullende thematische informatie staat.



figuur 18: Duidingstekst bij thema in applicatie Kaarten en cijfers

**Cijfers en grafieken**

## Klimaatverandering en hitte

Steden in Vlaanderen krijgen heel wat vaker te kampen met hittestress dan de landelijke omgeving. Overdag, en nog vaker 's nachts, stijgt de temperatuur in de steden boven de gezondheidsdrempels van respectievelijk 29,6°C en 18,2°C uit. Hoe groter de stad, hoe groter het effect.

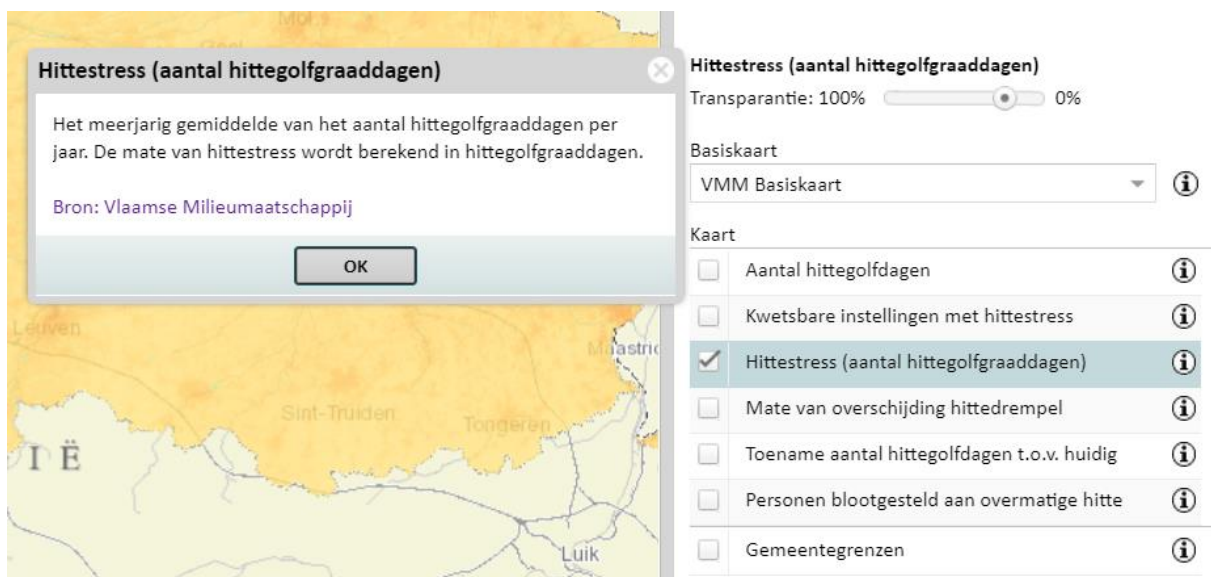
Onder het huidige klimaat hebben we in Vlaanderen gemiddeld 4 hittegolfdagen per jaar. Bij het hoge-impactklimaatscenario kan dit oplopen naar gemiddeld 50 hittegolfdagen in een jaar in Vlaanderen. Bijna de volledige kwetsbare bevolking (kinderen tot 4 jaar en ouderen van 65+) krijgt dan te maken met lange perioden van hittestress.

[Lees meer](#)



In de applicatie “Kaarten en Cijfers” krijg je bij de indicatoren duidingsteksten via de “i-buttons”. Klikken op deze button bij de betreffende indicator geeft een pop-up met een korte toelichting op de indicator en (waar relevant en beschikbaar) een bronverwijzing en/of link naar een webpagina of document met gedetailleerde informatie.

figuur 19: Duidingstekst bij een indicator in applicatie Kaarten en cijfers



**Hittestress (aantal hittegolfdagen)**

Het meerjarig gemiddelde van het aantal hittegolfdagen per jaar. De mate van hittestress wordt berekend in hittegolfdagen.

Bron: Vlaamse Milieumaatschappij

OK

**Hittestress (aantal hittegolfdagen)**

Transparantie: 100% 0%

Basiskaart

VMM Basiskaart

Kaart

- Aantal hittegolfdagen
- Kwetsbare instellingen met hittestress
- Hittestress (aantal hittegolfdagen)
- Mate van overschijding hittedrempel
- Toename aantal hittegolfdagen t.o.v. huidig
- Personen blootgesteld aan overmatige hitte
- Gemeentegrenzen

## 10.3 Integratie data viewer in andere websites

De kaartapplicatie kan geïntegreerd worden in andere webpagina's via een i-frame. Daarvoor wordt de volgende HTML-code gebruikt:

voor openen van de applicatie uitgezoomd naar heel Vlaanderen:

```
<iframe allowfullscreen="allowfullscreen" scrolling="auto"
src="https://klimaat.vmm.be/kpvapp/?themaindex=0" style="width: 100%; height: 1200px;
border:0 bordercolor:#ffffff; frameborder: 0; hspace: 0; vspace: 0;"></iframe>
```

voor openen van de applicatie ingezoomd op een specifieke gemeente:

```
<iframe allowfullscreen="allowfullscreen" scrolling="auto"
src="https://klimaat.vmm.be/kpvapp/?themaindex=0&niscode=11002" style="width: 100%;
height: 1200px; border:0 bordercolor:#ffffff; frameborder: 0; hspace: 0; vspace:
0;"></iframe>
```

De parameter thema-index bepaalt de tab waarmee de applicatie opent:

- 0 = synthese
- 1 = hitte
- 2 = overstroming
- 3 = zeespiegelstijging
- 4 = droogte
- 5 = klimaat

De parameter NIS-code bepaalt de gemeente waarop de applicatie inzoomt. Daar moet de NIS-code van de te tonen gemeente meegegeven worden (in het tweede voorbeeld 11002 voor Antwerpen).

De Vlaamse NIS-codes vind je op:

[http://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/opendata/REFNIS%20code/TU\\_COM\\_REFNIS.xlsx](http://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/opendata/REFNIS%20code/TU_COM_REFNIS.xlsx)



# 11 ARCHITECTUUR

## 11.1 Concepten

Alhoewel dit rapport niet uitgebreid ingaat op de technische architectuur en de opzet van de software achter het Klimaatportaal Vlaanderen, is het relevant om hier kort in te gaan op de belangrijkste ICT-concepten bij de ontwikkeling van het portaal.

### 11.1.1 Onderhoudbaarheid en aanpasbaarheid

Een van de belangrijke uitgangspunten bij de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen was altijd dat na oplevering zoveel mogelijk van de verdere ontwikkeling van het Klimaatportaal uitgevoerd kan worden door de VMM, zonder tussenkomst van (externe) softwareontwikkelaars. Het optimaliseren van de onderhoudbaarheid van het systeem door de (systeem)beheerders van de VMM is daarom een belangrijke ontwikkelingseis geweest. Ook het eenvoudig kunnen aanpassen van het systeem, bv. snel toevoegen of aanpassen van data en teksten, maakt daar deel van uit.

#### Content Management Systeem

Het portaal is ontwikkeld in Liferay. Liferay is een ontwikkelomgeving die specifiek is ontwikkeld voor het ondersteunen van portalen. Een belangrijk onderdeel daarbij is het door Liferay geboden Content Management Systeem (CMS). Het CMS biedt de mogelijkheid om de structuur van het portaal (menu's, webpagina's ...) op te bouwen en de onderliggende content (teksten, pagina's, apps ...) te ontwikkelen en beheren.

Voor het Klimaatportaal Vlaanderen zijn de volgende Liferay CMS-functies belangrijk:

- portaalstructuur (menustructuur, webpagina's) opzetten en onderhouden
- elementen voor vormgeving en lay-out (paginatemplates, stylesheets ...) opzetten en onderhouden
- webcontent (zoals teksten, afbeeldingen, documenten, apps ...) aanmaken, inbedden en onderhouden
- gebruikersbeheer, gebruikerstoegang
- eindgebruikers op pagina's autoriseren
- beheerders op verschillende beheerfuncties autoriseren

#### Datadriven applicatie

Voor het beschikbaar maken van de vele data die via het portaal gegeven wordt, is een aparte applicatie ontwikkeld die als app is ingebed in de Liferay CMS en portaalstructuur. Dit is vrij complexe visualisatiesoftware, die is ontwikkeld in HTML5. Om ook voor dit deel van het portaal goede onderhoudbaarheid en aanpasbaarheid te bieden, is de applicatie volledig "datadriven". Dit betekent dat een heel groot gedeelte van de applicatie door configuratie van onderliggende data en instellingen gewijzigd en uitgebreid kan worden. Ook daarvoor zijn dus geen aanpassingen aan de software nodig en kunnen portaalbeheerders met kennis van de onderliggende datastructuur zelf aanpassingen doen.



De volgende onderdelen zijn datagestuurd en/of configureerbaar:

- structuur van de applicatie
  - o Thema's met de bijbehorende tab kunnen toegevoegd, verwijderd of aangepast worden in de database. De thema's in de applicatie passen zich daarmee vanzelf aan.
- kaartvisualisatie
  - o Kaarten kunnen (als webservice) worden toegevoegd in de database en worden dan automatisch toegevoegd aan de lijst met kaarten onder het gekozen thema(s).
  - o De volgorde en prioriteit (default zichtbaar, in primaire lijst met kaarten of beschikbaar onder "extra kaarten") kunnen worden ingesteld.
  - o Waar beschikbaar kan een grafiek en/of kerngetal worden gekoppeld aan de kaart, die dan verschijnt wanneer de kaart aangezet wordt.
- grafieken en kerngetallen
  - o Grafieken en kerngetallen kunnen worden toegevoegd in de database en worden dan automatisch toegevoegd aan de lijst met kaarten onder het gekozen thema(s).
  - o Grafieken worden afhankelijk van de configuratie altijd getoond, ofwel alleen bij aanzetten van de kaart waaraan ze geassocieerd zijn.
  - o Type visualisatie van grafiek en kerngetal zijn instelbaar (bijvoorbeeld staafdiagram of lijngrafiek).
  - o Kleuren van grafieken en kerngetallen zijn instelbaar.
- duidingsteksten
  - o Duidingsteksten bij de verschillende thema's kunnen worden aangepast.
  - o Duiding bij kaarten en grafieken kan worden aangepast. Dit gaat bv. over de titels en daarbij afgebeelde labels en de verklarende teksten die opgeroepen kunnen worden via de i-buttons.

#### Open source en open standaarden

Het Klimaatportaal Vlaanderen werd grotendeels ontwikkeld met open source software. Gebruikte servercomponenten zijn open source (PostgreSQL database en Geoserver voor het ontsluiten van ruimtelijke informatie). Voor de ontwikkeling van de portaalstructuur gebruikten we Liferay CE (Community Edition), de open source versie van het Liferay platform. In de visualisatieapplicatie gebruikten we de open source component OpenLayers voor visualisatie van ruimtelijke data.

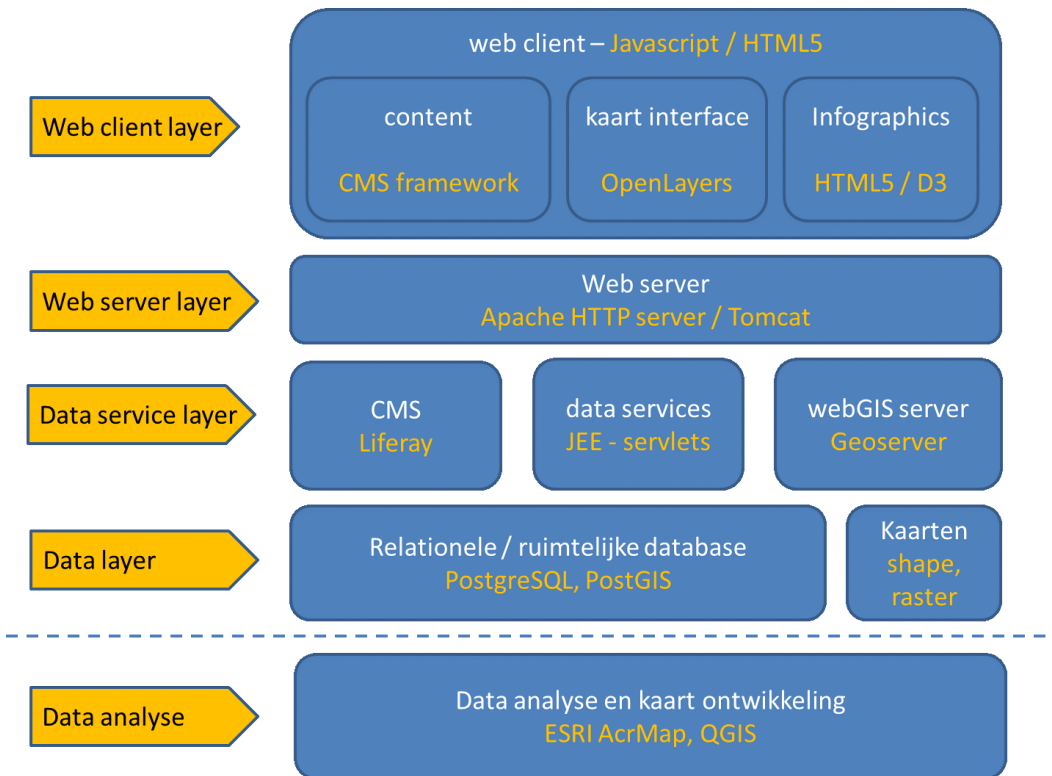
Een ander manier om toekomstig onderhoud mogelijk te maken en de uitbreidbaarheid van het systeem ook op lange termijn veilig te stellen is het gebruik van open standaarden. De belangrijkste daarvan voor het Klimaatportaal Vlaanderen zijn de OGCstandaarden voor het ontsluiten van ruimtelijke informatie via webservices. Alle ruimtelijke data die via het portaal beschikbaar is wordt ontsloten via OGC webservices (WMS en/of WFS) en is daarmee meteen bruikbaar voor derden. Vice versa zijn alle kaartservices die via deze standaarden ontsloten eenvoudig te integreren in het Klimaatportaal Vlaanderen.



## 11.2 Globale architectuur

Figuur 16 toont de globale architectuur van het Klimaatportaal Vlaanderen en de belangrijkste componenten daarin. Ze worden in deze sectie kort toegelicht.

figuur 20: Applicatie architectuur van het Klimaatportaal



### Datalaag

*Database - PostgreSQL, PostGIS:* de open source RDBMS PostgreSQL en de extensie voor ruimtelijke data PostGIS wordt gebruikt als database. Deze database host de ruimtelijke en niet-ruimtelijke data, maar ook bv. de content voor het CMS. PostgreSQL is een veelgebruikt databasesysteem met bewezen betrouwbaarheid, robuustheid en schaalbaarheid. Daarnaast zijn ook filebased datasets mogelijk, bv. shapefiles.

### Dataservice laag

*Content Management Systeem (CMS) - Liferay:* Het CMS wordt ingezet voor het opzetten van het raamwerk van de webapplicatie en om het onderhoud van content (bv. de tekstuele informatie rondom de data- en kaartservices) te faciliteren. Daarmee kan de basisstructuur en de basisinformatie in de het portaal eenvoudig onderhouden worden. Bovendien is de omgeving “reponsive”, en passen de webpagina’s zich aan aan de specifieke resoluties van de eindgebruikersomgeving (PC, laptop, tablet, smartphone ...).

*WebGIS - GeoServer:* Dit is een open source webGIS server. GeoServer serveert de ruimtelijk informatie, opgeslagen in het PostgreSQL/PostGIS RDBMS via OGC webservices. De data worden via WMS, en eventueel WFS of WCS, ontsloten en kan zo worden geïntegreerd in de kaartviewer van de het portaal en eventueel in andere webapplicaties.

*Dataservices - JEE:* de basis voor de serverside componenten die voor het Klimaatportaal Vlaanderen worden ontwikkeld is JEE (Java Enterprise Edition). Data worden ontsloten via JEE servlets.



#### Web server laag

*Webserver - Apache HTTP server en Apache Tomcat:* deze opensource componenten zorgen voor de ontsluiting van de applicatie van de serveromgeving naar het web.

#### Web client laag

*Userinterface - ExtJS:* de visualisatiecomponent is ontwikkeld met het Sencha ExtJS applicatieraamwerk voor Javascript/HTML5 applicaties. Zowel de user interface componenten als de structuur van de applicatie zijn opgebouwd uit ExtJS code en componenten. Dit borgt een robuuste, schaalbare applicatie, die goed functioneert in de recente versies van alle gangbare browsers (Chrome, Firefox, Internet Explorer, Edge, Safari).

*Kaart client - OpenLayers:* de interactieve kaart applicatie is voor kaartvisualisatie gebruik van de open source component OpenLayers. Deze component ondersteunt visualisatie en basis ruimtelijk operaties op kaarten die als OGC service gepubliceerd worden.

*Grafieken en kerngetallen:* D3: voor het ontwikkelen van de functionaliteit voor het visualiseren van grafieken en kerngetallen gebruikten we D3, een HTML5 - Javascript gebaseerde library voor datavisualisatie.

*Portaal framework en webpagina's - Liferay:* de services van de Liferay-omgeving worden via het Liferay-framework ontsloten in een webbrowser.

#### Data-analyse laag

Alhoewel dit in feite geen onderdeel is van de applicatiearchitectuur, geven we voor de volledigheid nog aan dat ook data-analyse zal plaatsvinden, bv. voor het ontwikkelen en onderhouden van data en kaarten. Deze analyses kunnen worden uitgevoerd met elke daarvoor geschikte omgeving, zolang deze de (open) standaarden gebruikt in het portaal ondersteunt.



## 12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het voornaamste doel van het Klimaatportaal Vlaanderen is om klimaatinformatie (toestand, effecten en impact) die momenteel voor Vlaanderen gefragmenteerd beschikbaar is bij diverse bronnen, via één kanaal gebruiksvriendelijk aan te bieden. Samenbrengen van deze informatie maakt het gemakkelijker om die informatie ook daadwerkelijk te gebruiken. Het Klimaatportaal Vlaanderen is ontwikkeld door zo goed mogelijk rekening te houden met de behoeften van de verschillende gebruikers, vooral met de behoeften van lokale overheden. Die behoeften zijn o.a. gericht op:

- (1) de effecten van klimaatverandering voor het gebied, om zo een lokale klimaatstrategie en actie-/adaptatieplan op te stellen;
- (2) argumentaties, kennis en onderbouwing om de politici te voeden in hun keuzeprocess;
- (3) sensibilisering van collega's en inwoners;
- (4) inzicht in de stand van zaken en mogelijkheden voor verder onderzoek.

Om het portaal te ontwikkelen zijn eerst twee voorstudies uitgevoerd:

- Een vergelijkende studie van internationale klimaatportalen. Die studie somt de sterkte- en zwaktepunten van deze portalen op, om zo een goede vertrekbasis te hebben voor de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen (zie bijlage 1).
- De tweede studie ging over de verschillende manieren waarop klimaatimpact kan worden weergegeven. Die studie bood inspiratie voor de thema's in het Klimaatportaal Vlaanderen (zie bijlage 2).

De informatie wordt op verschillende manieren beschikbaar gesteld: via ruimtelijke kaarten, infografieken, cijfers en tekst en tot slot ook (vaak) via een opendata-platform. De informatie gaat over de thema's hitte, overstromingen, zeespiegelstijging, droogte en klimaat(toestand). Ook is er een synthesekaart opgesteld om in één oogopslag duidelijk te maken waar klimaatverandering binnen Vlaanderen kan leiden tot belangrijke effecten en impact. De klimaatimpact is weergegeven voor de periode tot 2100 en er is gekozen voor het hoog-impactklimaatscenario. De werkelijke klimaatverandering zal "met hoge waarschijnlijkheid" liggen tussen het huidige klimaat en wat het hoog-impactklimaatscenario aangeeft.

Het rapport beschrijft naast de thema's en gebruikte data ook de structuur en architectuur van de portaalwebsite. Die is ontwikkeld met het oog op onderhoudbaarheid en aanpasbaarheid.

Deze portaalwebsite is een versie 1.0, die gelanceerd wordt midden 2018. De portaalwebsite wordt later verder ontwikkeld.

De belangrijkste aanbevelingen die voortvloeien uit de ervaringen opgedaan tijdens het ontwikkelproject voor het Klimaatportaal Vlaanderen Vlaanderen, zijn:

- op vlak van data: Omdat er momenteel nog data ontbreken, beveelt het projectteam aan dat Vlaamse partners goed monitoren welke data nog beschikbaar kunnen/moeten komen en dat zij samenwerken om die informatie gaandeweg aan het portaal toe te voegen.
- op vlak van de architectuur: Er zitten momenteel heel wat functies in de portaalwebsite. Die functies kunnen nog verder uitgebouwd worden. Het projectteam beveelt daarom aan om regelmatig de behoeften van gebruikers te identificeren en na te gaan of bepaalde functies toegevoegd moeten worden aan de portaalwebsite om de gebruikers verder te helpen.



- op vlak van gebruik: We verwachten dat in eerste instantie vooral lokale overheden het Klimaatportaal Vlaanderen zullen gebruiken. Velen willen voldoen aan de doelen van het burgemeestersconvenant. Maar in de toekomst zullen ook andere gebruikers het Klimaatportaal Vlaanderen frequent gebruiken. Het projectteam adviseert om regelmatig de gebruikersbehoeften na te gaan en te evalueren of het Klimaatportaal Vlaanderen nog voldoet aan behoeften van de verschillende types gebruikers.



## 13 REFERENTIES

Brits, E., K. Simons, J. Rebolledo, en A. Van Nieuwenhuysen (2010) Hittegolven, zomer- en wintersmog. Wetenschappelijk instituut volksgezondheid.

Brouwers, J., Peeters, B., Van Steertegem, M., van Lipzig, N., Wouters, H., Beullens, J., Demuzere, M., Willems, P., De Ridder, K., Maiheu, B., De Troch, R., Termonia, P., Vansteenkiste, Th., Craninx, M., Maetens, W., Defloor, W., Cauwenberghs, K. (2015) MIRA Klimaatrapport 2015 – Over waargenomen en nog verwachte klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij i.s.m. KU Leuven, VITO en KMI, Aalst, september 2015, 147 p.

Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G. (1983) Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. Publications/publicaties série/serie A, No/Nr 112. Institut Royal Météorologique de Belgique - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, 28 pp. pp.

Coninx I., van Och R., Swart R., Goosen H., van Bijsterveldt M., Masselink L., Sips K., Vincke J., Bonné E. (2015) Steden en gemeenten adapteren. LNE. Brussel <http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/2016-01-15%20Eindrapport%20studie%20steden%20en%20gemeenten%20adapteren.pdf>

CORDEX.be (Termonia, P., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J-P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrou, T., Luyten, P., Ponsar, S., Pottiaux, E., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Vannitsem, S., Duchêne, F., Tabari, H., Van Uytven, E., Hosseinzadehtalaei, P., Wouters, H., Vanden Broucke, S., Demuzere, M., Marbaix, Ph., Villanueva-Birriel, C., Wyard, C., Scholzen, C., Doutreloup, S., Lauwaet, D., Bauwens, M., Müller, J-F., Van den Eynde, D.) (2017) 'CORDEX.be - Combining regional downscaling expertise in Belgium: CORDEX and beyond', Belgian Science Policy 2017 (BRAIN-be - Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks), 119 p.

De Ridder K., Maiheu B., Wouters H., van Lipzig N. (2015) Indicatoren van het stedelijk hitte-eiland in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2015/05, VITO en KU Leuven.

Gellens-Meulenberghs, F., Gellens, D. (1992) L'évapotranspiration potentielle en Belgique: variabilité spatiale et temporelle. Publications/publicaties série/serie A, No/Nr 130. Institut Royal Météorologique de Belgique - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, pp. Publications/publicaties série/serie A, No/Nr 130.

KU Leuven (Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P.) (2014) Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen – Technische Appendix 2: Nieuwe modelprojecties voor Ukkel op basis van globale klimaatmodellen (CMIP5). Deelrapport bij studie voor Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, KU Leuven, november 2014, 104 p.

Lauwaet D., De Ridder K., Maiheu B., Hooyberghs H. en Lefebvre F. (2018) Uitbreiding en validatie indicator hitte-eilandeffect, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2018/01, VITO.

VMM (2018) 'Impact van klimaatverandering op meteorologische droogte in Vlaanderen', Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer, Dienst Hoogwaterbeheer & Sumaqua bvba (in opdracht van VMM), maart 2018, 44 p.



Willems P., Vrac M. (2011) Statistical precipitation downscaling for small-scale hydrological impact investigations of climate change. *Journal of Hydrology*, 402, 193-205

Willems, P. (2014) Actualisatie van de extreme waarden statistiek van stormvloeden aan de Belgische kust. KU Leuven voor Vlaamse Overheid - Waterbouwkundig Laboratorium en Afdeling Kust.





## 14 LIJST MET RELEVANTE WEBSITES

Klimaatportaal Vlaanderen – <https://klimaat.vmm.be>

Website Vlaamse Milieumaatschappij – <https://www.vmm.be>

MIRA / Klimaatrapport – <https://www.milieurapport.be>

Vlaams klimaatbeleidsplan –  
<https://www.lne.be/beleid-en-regelgeving/beleidsthemas/klimaat/vlaams-klimaatbeleidsplan>

Vlaams adaptatieplan – <https://www.lne.be/vlaams-adaptatieplan>

Waterinfo.be – <https://www.waterinfo.be>



BIJLAGEN



## bijlage 1 Screening van 6 websites voor klimaatinformatie

Als voorbereiding op het ontwerp en de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen is als voorstudie een screening van een zestal klimaatinformatie-websites uitgevoerd. De screening had als doel om inspiratie te halen en effectieve en geslaagde ontwerpen te identificeren uit internationale websites die klimaatinformatie weergeven. De zes onderzochte websites zijn geselecteerd uit een longlist van ongeveer twintig sites, en zijn in een screening vergeleken en beoordeeld op aspecten rondom content, functionaliteit & structuur, en techniek.

Vanuit deze beoordeling zijn als eerste een aantal algemene conclusies getrokken ten aanzien van de bevindingen, vooral waar ze van belang zijn voor de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen Vlaanderen. Verder zijn ook een aantal “good practices” geïdentificeerd en vertaald naar concrete aanbevelingen voor het ontwerp en de verdere ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen.

De resultaten van de voorstudie zijn gebruikt als basis voor de gevoerde dialoog met de stuurgroep, de begeleidende groep en de gebruikerstestgroep. Ook waren ze uitgangspunt voor de verdere uitwerking van structuur en functies in de fase van functioneel en technisch ontwerp, om de structuur en de functionaliteiten van het Klimaatportaal Vlaanderen vorm te geven.

De volledige rapportage van de voorstudie “Screening van zes websites voor klimaatinformatie, vergelijkende voorstudie” zoals uitgevoerd als onderdeel van de opdracht is te vinden via de URL <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>.



## bijlage 2 Analyse van mogelijke datakruisingen

Als voorbereiding op het ontwerp en de ontwikkeling van het Klimaatportaal Vlaanderen is als voorstudie een onderzoek uitgevoerd naar mogelijke datakruisingen voor het definiëren van klimaatimpact. Deze bijlage geeft een samenvatting van de verschillende datakruisingen die daarbij geïdentificeerd zijn.

De volledige versie van de voorstudie “Data-kruisingen gebruikt bij klimaatimpact analyses, voorstudie uit wetenschappelijke studies en online praktijken” zoals uitgevoerd als onderdeel van de opdracht is te vinden via <https://www.milieurapport.be/publicaties/2018/klimaatportaal-vlaanderen>.



## ANALYSE DATA-KRUISINGEN

tabel 8: Long-list van indicatoren samen met de code en sector of type impact geeft een overzicht van de long-list van klimaatimpactindicatoren, samen met een code, geklasseerd per type impact. In het totaal zijn er 11 typen impacts. Indicator-code "I6a" verwijst bijvoorbeeld naar de indicator voor type impact nr. 6, namelijk impact op landbouw.

tabel 9: Tabel met data-kruisingen

vat het resultaat van de datakruisingen samen. Ze omvat een matrix met als kolommen de geografische databronnen. De rijen van de matrix zijn de klimaat-toestandsvariabelen en klimaateffect kaarten die reeds beschikbaar zijn of beschikbaar komen. Verder werden enkele andere klimaateffect kaarten toegevoegd aan de lijst (rijen van de matrix), die nuttig zouden kunnen zijn en mogelijks in de toekomst beschikbaar komen. De tabel geeft ook de beschikbaarheid van deze gegevens aan (donker grijze cellen): "x" wijst op de beschikbaarheid op dit ogenblik, "(x)" wijst erop dat de gegevens mogelijks beschikbaar zijn of mits een bijkomende analyse/berekening eventueel beschikbaar kunnen gemaakt worden. Voor elk van de indicatoren wordt in de tabel aangegeven welke klimaattoestandsvariabelen of klimaateffect kaarten en welke geografische databronnen vereist zijn om de indicator te berekenen.

Via de matrix werd nagegaan voor welke klimaatimpact indicatoren de benodigde klimaattoestandsvariabelen en klimaateffect kaarten al beschikbaar zijn of later tijdens de opdracht beschikbaar komen en ook de benodigde geografische data beschikbaar is.



tabel 10: Analyse datakruisingen en voorstel short-list klimaatimpactindicatoren vat de resultaten van deze analyse samen. Per indicator staat er opgelijst hoeveel benodigde klimaat-toestandsvariabelen of klimaateffect kaarten er wel of niet beschikbaar zijn, en hoeveel benodigde geografische data-items er wel of niet beschikbaar zijn. Hieruit blijkt dat de volgende indicatoren momenteel niet berekend kunnen worden:

- I5c - Aantal dagen met moeilijkheden voor elektriciteitsproductie door beperkt koelwater
- I6b - Bodemverlies door erosie
- I8a - Overschrijding van waterkwaliteitsnormen
- I8b - Vermindering zelfreinigend vermogen van waterlopen
- I8c - Verzilting oppervlaktewater- en grondwater
- I8e - Aantal dagen zonder innamemogelijkheid
- I11b - Toename recreatiedruk door hitte

Van de andere indicatoren (dit zijn de indicatoren waarvoor de benodigde klimaattoestandsvariabelen en klimaateffect kaarten al beschikbaar zijn of later tijdens de opdracht beschikbaar komen en ook de benodigde geografische data beschikbaar is) werd een selectie (short-list) weerhouden. Doel was om per type klimaatimpact één of max. twee indicatoren over te houden. Indien er in de short-list voor bepaalde typen klimaatimpacts meer indicatoren overblijven, is hieruit een keuze voorgesteld gebruik makend van criteria m.b.t. helderheid voor de gebruiker.

Tabel 10 geeft aan welke klimaatimpact indicatoren worden voorgesteld om zeker op te nemen in de short-list (aangeduid met “X”) en deze die worden voorgesteld om eventueel op te nemen in de short-list of die gecombineerd kunnen worden met andere indicatoren (aangeduid met “(X)”). Het gaat om de volgende indicatoren:

I1a - Aantal getroffen gebouwen door overstromingen; Opmerking: ev. kunnen ook het aantal bedrijventerreinen, aantal en lijst getroffen kritische infrastructuur en kwetsbare instellingen, aantal ha landbouwgrond ... afzonderlijk weergegeven worden.

I1b - Economische schade door overstromingen; Deze schade kan voor Vlaanderen berekend worden via de LATIS-tool (bv. jaarlijks verwachte schade).

I2b - Aantal getroffen mensen door overstromingen; Opmerking: ev. kunnen ook afzonderlijk andere getroffen landgebruikselementen zoals getroffen verkeersaders weergegeven worden.

I2c - Aantal getroffen kwetsbare personen door overstromingen.

I3b - Aantal mensen met kans op gezondheidsproblemen door hitte; Opmerking: ev. kunnen de crèches, kleuterscholen, bejaardentehuizen en zorginstellingen, alsook wijken waar veel bejaarden wonen, afzonderlijk weergegeven worden.

I3c - Jaarlijks aantal dagen/nachten met thermisch ongemak; Opmerking: deze indicator kan gecombineerd worden met indicator I3b. Het aantal dagen/nachten met discomfort is eerder een toestandsindicator en het aantal mensen met kans op gezondheidsproblemen wordt ook beïnvloed door aantal dagen & nachten in een jaar met thermisch discomfort; dit leidt tot een indicator met eenheid aantal dagen x aantal mensen.

I5a - Getroffen kritische infrastructuur door overstromingen; Opmerking: deze indicator wordt ook bekomen via indicator I1a door specifiek de kritische infrastructuur als type gebouw weer te geven.

I5b - Schade aan transportinfrastructuur door hitte; Opmerking: ev. kan hierop een verdere analyse doorgevoerd worden, bv. aantal km wegen.

I6a – Impact op gewasopbrengst.

I7a – Biodiversiteitsverlies; Opmerking: ev. vereenvoudigde versie van deze indicator via het aantal ha droogtegevoelige natuur beïnvloed door droogte.

I7b - Bos- en heidebranden; Opmerking: best slechts 1 indicator nemen voor impact op natuur; daarom eerst I7a testen.

I8d - Waterexploitatie-index; Opmerking: ev. benaderend via neerslagtekort.

I10a - Aantal bedrijven dat schade kan ondervinden door overstromingen; Opmerking: deze indicator wordt ook bekomen via indicator I1a door specifiek de bedrijven als type gebouw weer te geven.

I10c - Vermindering economische productiviteit door hitte; Opmerking: best slechts 1 indicator nemen voor impact op economische productiviteit; daarom eerst I10a testen.



I11a – Toerisme aantrekkingskracht; Opmerking: Verder nagaan of deze indicator ook effectief relevant is. Zo ja, dan best deze meenemen want het is een indicator die (in tegenstelling tot de andere indicatoren) een positief signaal geeft.

Zoals bij de opmerkingen aangegeven kunnen bepaalde van deze indicatoren verder gegroepeerd/gecombineerd worden (vb. I3c met I3b) of als onderdeel van andere gezien worden (bv. I5a en I10a als specifieke deelindicator van I1a). Daarnaast zijn er indicatoren die als reserve geselecteerd worden in geval de primair geselecteerde variabele, na testen, niet zo goed zou worden bevonden (vb. I7b en I10c).



tabel 8: Long-list van indicatoren samen met de code en sector of type impact

Code	Sector of type impact		Indicator
I1a	Schade aan gebouwen	door overstromingen	Aantal getroffen gebouwen
I1b			Economische schade
I2a	Doden en getroffen en	door overstromingen	Aantal doden
I2b			Aantal getroffen mensen
I2c			Aantal getroffen kwetsbare personen
I3a		door hitte	Aantal doden
I3b			Aantal mensen met kans op gezondheidsproblemen
I3c			Jaarlijks aantal dagen/nachten met thermisch ongemak
I4a	Gezondheidseffecten	door overstromingen, hitte en temperatuurstijging	Verhoogd risico op vector overdraagbare ziekten
I5a	Schade aan infrastructuur: energie en transport	door overstromingen	Aantal getroffen kritische infrastructuur
I5b		door hitte	Schade aan transportinfrastructuur
I5c		door droogte	Aantal dagen met moeilijkheden voor elektriciteitsproductie door beperkt koelwater
I5d		door temperatuurstijging	Verandering in de energievraag
I6a	Impact op landbouw	door watertekorten, wateroverlast en temperatuurstijging	Impact op gewasopbrengst
I6b		door excessieve neerslagafstroming	Bodemverlies door erosie
I6c		door hitte	Aantal veehouderijen die risico lopen
I7a	Impact op natuur	door droogte, overstromingen en temperatuurstijging	Biodiversiteitsverlies



I7b		door droogte, hitte	Bos- en heidebranden
I8a	Impact op de waterkwaliteit en waterbeschikbaarheid		Overschrijding van waterkwaliteitsnormen
I8b			Vermindering zelf-reinigend vermogen van waterlopen
I8c			Verziltting oppervlakte- en grondwater
I8d			Waterexploitatie-index
I8e			Aantal dagen zonder innamemogelijkheid
I9	Problemen voor scheepvaart	door droogte, (overstromingen)	Jaarlijkse wachttijden schepen, Economisch verlies
I10a	Impact op economische productie	door overstromingen	Aantal bedrijven dat schade kan ondervinden
I10b		door droogte	Aantal bedrijven die risico lopen op economische verliezen door watertekorten
I10c		door hitte	Vermindering economische productiviteit
I11a	Impact op recreatie en toerisme		Toerisme aantrekkingskracht
I11b		door hitte	Toename recreatiedruk
I11c		door overstromingen, wateroverlast, grondwater	Impact op erfgoed

tabel 9: Tabel met data-kruisingen

		Geografische databronnen																					
		Bevol- kings- dichtheid	Landgebruik																		Bo- dem type		
		algemeen	social-demografisch: kwetsbare groepen (crèches, (kleuter)scholen, bejaardentehuizen en zorginstellingen, milieuzwaarveelbejaardenwonen)	kadasterkaart	residentiële gebouwen	industriële gebouwen	economische productiezones en bedrijventerreinen	economische sectoren (incl. watervraag per sector)	erfgoed	kritische infrastructuur	kwetsbare instellingen	transportinfrastructuur (wegen, luchthavens, spoorwegen, kanalen, bevaarbare waterlopen	waterlopen en andere waterlichamen	energie-infrastructuur	thermische elektriciteitscentrales (incl. productie + drinkwaterinnamepunten (incl. innamehoeveelheid, boerderijen (veehouderijen)	landbouwgebieden	landbouwgewassen	bos- en heidegronden	natuur- en groengebieden (incl. habitattypes, soorten)	bereikbare groengebieden	recreatieve gebieden	bodemtextuur	
Klimaattoestanden/ effecten		x	x	x	x	x	x	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		(x)	x	
Klimaat- toestand	CO2	x																					
	Neerslag	x	I8d, (I2a, I2b)				I10b	(I8d, I10b)										I6a, (I8d)	I7b				
	Temperatuur	x	I3c, I11a, (I3a, I4a)	I4a, I5d	I5d	I5d	I10c	(I10c)				I5b							(I5d)	I6a	I7b, I4a	I7a	(I11a, I11b)

	Verdamping	x	I8d							I10b	(I8d, I10b)									I6a, (I8d)										
	Windsnelheid	x	I11a																											
	Relatieve vochtigheid	x	I11a								I10c	(I10c)																		
	Zonnestraling	x	I11a																											
	Zeespiegelstijging	x																												
Klimaat-effect, o.b.v. model	Hydrolog. impact	neerslag-afstroming	(x)																											
		bodemvocht	(x)																			(I6a)	(I6a)						(I6a)	
		grondwaterstand	(x)										I11c																	
		grondwaterkwaliteit																												
		grondwaterkwaliteit - verzilting																												
		erosie																												
		nutrient/pesticide-uitloging																												
	Hydraul. impact	rivierdebiet - hoogwater	(x)																											
		rivierdebiet - laagwater	(x)										I11c					I9							I5c	I8e				
		rivierwaterstand - hoogwater	(x)															(I9)												
rivierwaterstand - laagwater		(x)																												
rivierwatertemperatuur		(x)																												



tabel 10: Analyse datakruisingen en voorstel short-list klimaatimpactindicatoren

Co-de	Sector of type impact		Indicator	Klimaattoestan- den/effecten beschikbaar		Geografische data beschikbaar		Helderheid indicator	Voorstel
				wel	niet	wel	niet		
I1a	Schade aan gebouwen	door overstromingen	Aantal getroffen gebouwen	1		3		xxx	x
I1b			Economische schade	1		4		xx	(x)
I2a	Doden en getroffenen	door overstromingen	Aantal doden	1		1		xx	
I2b			Aantal getroffen mensen	1		1		xxx	x
I2c			Aantal getroffen kwetsbare personen	1		1		xx	x
I3a		door hitte	Aantal doden	1		1		xx	
I3b			Aantal mensen met kans op gezondheidsproblemen	1		2		xxx	x
I3c			Jaarlijks aantal dagen/nachten met thermisch ongemak	2		1		xx	(x)
I4a	Gezondheids- effecten	door overstromingen, hitte en temperatuurstijging	Verhoogd risico op vector overdraagbare ziekten	3		2			
I5a	Schade aan infrastructuur: energie en transport	door overstromingen	Aantal getroffen kritische infrastructuur	1		3		xx	(x)
I5b		door hitte	Schade aan transportinfrastructuur	1		1		xx	(x)
I5c		door droogte	Aantal dagen met moeilijkheden voor elektriciteitsproductie door beperkt koelwater		2	1			

I5d		door temperatuurstijging	Verandering in de energievraag	1		2		x	
I6a	Impact op landbouw	door watertekorten, wateroverlast en temperatuurstijging	Impact op gewasopbrengst	5		2		xx	x
I6b		door excessieve neerslagafstroming	Bodemverlies door erosie		1	1			
I6c		door hitte	Aantal veehouderijen die risico lopen	1		1		x	
I7a	Impact op natuur	door droogte, overstromingen en temperatuurstijging	Biodiversiteitsverlies	2		1		xxx	x
I7b		door droogte, hitte	Bos- en heidebranden	5		1		xxx	(x)
I8a	Impact op de waterkwaliteit en waterbeschikbaarheid		Overschrijding van waterkwaliteitsnormen		1	1			
I8b			Vermindering zelf-reinigend vermogen van waterlopen		1	1			
I8c			Verzilting oppervlakte- en grondwater		2	1			
I8d			Waterexploitatie-index	2		1			x
I8e			Aantal dagen zonder innamemogelijkheid		2		1		
I9	Problemen voor scheepvaart	door droogte, (overstromingen)	Jaarlijkse wachttijden schepen, Economisch verlies		1	1			
I10a	Impact op economische productie	door overstromingen	Aantal bedrijven dat schade kan ondervinden	1		2		xx	(x)
I10b		door droogte	Aantal bedrijven die risico lopen op economische verliezen door watertekorten	2		1			
I10c		door hitte	Vermindering economische productiviteit	2		1		x	(x)

I11a	Impact op recreatie en toerisme		Toerismeaantrekkingskracht	4		1		xxx	(x)
I11b		door hitte	Toename recreatiedruk	1			1		
I11c		door overstromingen, wateroverlast, grondwater	Impact op erfgoed	1	2	1		xx	

## AANBEVELINGEN OVER KLIMAATIMPACTINDICATOREN

Door de short-listed klimaatimpact indicatoren verder te groeperen en te selecteren en verder te klasseren per type klimaateffect (overstromingen, hitte, droogte) en benodigde typen data, wordt het volgende voorstel van klimaatimpact indicatoren bekomen:

M.b.t. overstromingen (combinatie van overstromingseffecten kust, rivieren en rioleringen):

Omdat overstromingen zowel zorgen voor economische als sociaal-menselijke gevolgen, die kunnen ingeschat worden door de overstromingskaarten te overleggen met gegevens over landgebruik en bevolking:

- Kruising van overstromingskaarten met landgebruik, om aantal getroffen gebouwen (I1a), aantal bedrijventerreinen (I10a → I1a), aantal ha getroffen landbouwgrond, lijst van getroffen kritische infrastructuur (I5a → I1a) en kwetsbare instellingen (I2c → I1a), lijst van getroffen verkeersaders (I5b, I2b).
- Kruising van overstromingskaarten met bevolkingsdichtheidskaart en sociaal-demografische, om aantal slachtoffers (aantal getroffen mensen) (I2b) te berekenen en ook aantal mensen die significant meer hersteltijd nodig hebben (aantal getroffen kwetsbare personen) na een overstroming (I2c).

M.b.t. droogte:

Omdat de impact op de verdroging (samen met het gewijzigde bodemgebruik, vb. verlaagde infiltratie en grondwateraanvulling) in relatie staat tot land-, fruit- en tuinbouw, groen en ecologie, tot bedrijfsvoering (grondwateronttrekkingen, scheepvaart, enz.) maar ook met verontreinigingsrisico's, en verdroging eveneens invloed kan hebben op de stabiliteit van infrastructuur, op de kans op bos- en heidebranden. Droogte heeft ook een impact op de elektriciteitsproductie, wat dan weer economische gevolgen kan hebben:

- Kruising van de droogtegevoeligheidskaart met landgebruik, in deze studie beperkt tot de impacts op landbouw via de percelen met landbouwgewassen (**gewasopbrengst**) (I6a) en impact op natuur via **aantal ha droogtegevoelige natuurgebied beïnvloed door droogte (biodiversiteitsverlies)** (I7a).

M.b.t. hitte:

Omdat hitte heel veel typen impacts kan hebben, zoals de leefkwaliteit maar ook gezondheidsrisico's:

- Kruising van de hittestresskaarten met bevolkingsdichtheidskaarten, om het **aantal gehinderden** (met minstens tijdelijk comfortverlies of impact op de leefkwaliteit) te kwantificeren, en het **aantal crèches, kleuterscholen, bejaardentehuizen en zorginstellingen, alsook wijken waar veel bejaarden wonen, etc** (I3b, gecombineerd met I3c). Tijdens hittegolfdagen zullen vooral baby's en bejaarden een verhoogde kans hebben op ziekenhuisopname of zelfs sterfte. Deze kruising geeft ook inzicht in de leefkwaliteit en de invloed van hitte op slaapritme en concentratievermogen; lagere leef- en verblijfskwaliteit van stadscentra; toename irritatie en agressie ...
- Kruising van hittestresskaarten met economische productiezones en bedrijventerreinen om de gevolgen van hitte op **economische productiviteit** te visualiseren (I10a → I1a), zoals minder arbeidsproductiviteit, meer ongevallen op het werk.
- Eventueel: Kruising van hittestresskaarten met natuurtype-kaarten geeft inzicht in gebieden met bos en heide, die bij hittestress een grotere kans geven op branden (**bosbrandgevaar**) (I7b).





## BELANG VAN KLIMAATTOESTANDS- EN EFFECTVARIABLEN

Op basis van de long-list van klimaatimpactindicatoren werd nagegaan welke klimaattoestandsvariabelen en klimaateffecten het meest gebruikt worden, dus het belangrijkste zijn om op te nemen in het Klimaatportaal Vlaanderen.

Tabel 11 vat de resultaten van die analyse samen. Er is per variabele, type effect of datatype aangegeven in hoeveel indicatoren die gebruikt worden of eventueel gebruikt worden (dit zijn de indicatoren die in de datakruising-matrix tussen haakjes staan).

Hieruit volgt dat de volgende klimaattoestandsvariabelen en klimaateffecten belangrijk zijn om op te nemen in het Klimaatportaal Vlaanderen:

- Neerslag
- Temperatuur
- Overstromingskans
- Hittestress

Eventueel kunnen ook opgenomen worden (maar minder belangrijk, ev. voor de gespecialiseerde gebruiker, dus op een dieper niveau in het portaal):

- Verdamping
- Windsnelheid
- Relatieve vochtigheid
- Droogtegevoeligheid
- Laagwaterdebieten langs rivieren
- Riviertemperatuur- en waterkwaliteit

De twee laatste klimaateffecten zijn (nog) niet voor gans Vlaanderen beschikbaar of binnenkort (binnen het tijdsbestek van deze opdracht) beschikbaar.

Voor de geografische data wordt ook aangegeven welke datatypes het meest belangrijk zijn.



tabel 11: Analyse belang klimaattoestandsvariabelen en -effecten

Klimaattoestanden/effecten		beschikbaar	aantal indicatoren	aantal (indicatoren)	belang
Klimaattoestanden: direct	CO <sub>2</sub>	X	1		
	Neerslag	X	4	2	xxx
	Temperatuur	X	10	1	xxx
	Verdamping	X	3		x
	Windsnelheid	X	2		x
	Relatieve vochtigheid	X	3		x
	Zonnestraling	X	1		
	Zeespiegelstijging	X			
Klimaat effecten, o.b.v. model	Hydrologische impactkaart	neerslagafstroming	(x)		
		bodemvocht	(x)	1	
		grondwaterstand	(x)	1	
		grondwaterkwaliteit			
		grondwaterkwaliteit - verzilting		1	
		erosie		1	
		nutrient/pesticide-uitloging			1
	Hydraulische impactkaart	rivierdebiet - hoogwater	(x)		
		rivierdebiet - laagwater	(x)	4	

		rivierwaterstand - hoogwater	(x)		1	
		rivierwaterstand - laagwater	(x)			
		rivierwatertemperatuur	(x)	2		x
		rivierwaterkwaliteit		2		x
		rivierwaterkwaliteit - verzilting		1		
	Overstromingskaart rivieren & kust	overstrominglocaties + diepte	X	9		xxx
		stijgsnelheid			2	
		stroomsnelheid			2	
	Neerslagafstromings-gerelateerde overstromingskaart		X		2	
	Droogtegevoeligheidskaart		X	3		x
	Hittestresskaart		X	6	2	xxx
	Luchtkwaliteit	ozon			2	
		pollen			1	

