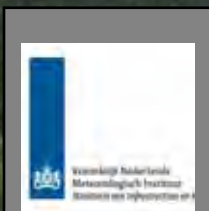




Weerbericht 2050

Indicatie van lokale weersomstandigheden rond 2050

in Breda, 's-Hertogenbosch en Tilburg





*Hond heeft dorst en drinkt van fontein
(bron: fotobankna)*

foto voorzijde: overstroming in Heeze levert zowel plezier als overlast op (bron: fotobankna)

Samenvatting

Doel

Het project 'Weerbericht 2050' geeft een helder inzicht in de lokale weersomstandigheden rond 2050 in de steden Breda, Tilburg en 's-Hertogenbosch. Het betreft indicaties op basis van de KNMI'14 scenario's, modelberekeningen en informatie uit lokale weerstations.

De gemeenten Breda, Tilburg en 's-Hertogenbosch benutten dit inzicht om de ontwikkeling naar klimaatbestendigheid te versnellen en te verbeteren. Het inzicht wordt toegepast voor gerichte communicatie. Ook is het de basis bij keuzes voor de concrete inrichting en herinrichting van de steden. Een voorspelling van hevige neerslag of aantal warme dagen is bijvoorbeeld een uitgangspunt bij het klimaatbestendig ontwerpen van wijken en straten, maar ook van schoolpleinen en gebouwen.

Rapport én tool

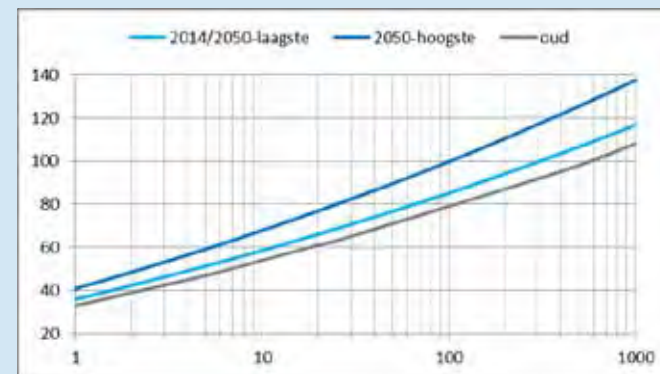
De studie resulteerde in een inhoudelijk rapport en een nieuwe tool. De tool geeft de mogelijkheid om specifieke weersverwachtingen op een gekozen tijdstip te genereren. Voorbeelden zijn de kans op extreme regenval of hitte tijdens de Tilburgse kermis of de Bossche Parade rond 2050. Op basis van onderzoek gaat het KNMI er vanuit dat het Weerbericht 2050 toepasbaar is voor heel Midden-Brabant.

Het 'Weerbericht 2050' geeft de bandbreedtes voor wat we in de toekomst kunnen verwachten, met de maxima en minima (bijvoorbeeld van temperatuur). Het project is een samenwerking van de drie gemeenten met het KNMI, bureau GrondRR en de provincie Noord-Brabant. De provincie plaatst de resultaten op het nieuwe provinciale klimaatportaal.

Het vermoeden dat Tilburg meer en 's-Hertogenbosch minder hevige neerslag te verduren krijgt, blijkt statistisch niet aantoonbaar. Voor andere aspecten zijn er wel kleine verschillen.

Trends en effecten

Het rapport gaat in op de vragen: 1. hoe gaat het klimaat veranderen?, 2. wat zijn de lokale effecten?, 3. wat merken we daarvan? De belangrijkste trends zijn de doorgaande stijging van temperatuur, de toename van de jaarneerslag en de toename van extreme buien. Effecten met een grote impact zijn overstroming vanuit beken, hemelwateroverlast (en –schades), verdroging en hitte. Hogere temperaturen worden in bebouwd gebied vaak versterkt. Wat nu als aangenaam zomers weer wordt ervaren kan geleidelijk overgaan in situaties met overlast en schades.



Voorbeeld

Een hoeveelheid van 60 mm neerslag per dag kwam volgens de oude neerslagstatistiek (STOWA, 2004) ongeveer 1x per 20 jaar voor. Rond 2014 was dat ongeveer 1x per 10 jaar en rond 2050 zal dat ongeveer 1x per 5 tot 10 jaar worden!

Actie op alle schaalniveaus

De klimaatveranderingen hebben een grote impact op de kwaliteit van onze toekomstige leefomgeving. Wijken, bouwwerken en wegen die nu aangelegd worden, moeten decennia mee kunnen gaan. Daarom is nu actie nodig. Dit kan bijvoorbeeld door meer hemelwaterberging en schaduw te realiseren. Vaak zijn er kansen voor slimme combinaties van waterberging in groen of op een plein en de inzet van schaduw, water en groen voor verkoeling.

Dit vraagt acties op verschillende niveaus, zoals omgevingsplannen, inrichtingsprojecten en bouwprojecten. Schaduw, hemelwaterberging en verkoeling moeten daarin een grotere rol krijgen. Dit vergt specifieke kennis van zaken. Die kennis moeten we nu vergaren, ontwikkelen en vooral ook toepassen.

Voorbeeld

De toename van neerslag vereist hemelwaterbewust ontwerpen. De hoogteligging bepaalt waarheen het hemelwater stroomt. Bij hevige neerslag kan overtollig water geborgen worden in verlagingen, infiltratievoorzieningen etc.



Inhoud

1	Intro	1
2	Klimaatveranderingen	3
3	Trends en effecten	5
3.1.	Inleiding	5
3.2.	Trends	7
3.3.	Klimaat effecten	26
4	Tool Weerbericht 2050	39
4.1.	Opzet van de tool	39
4.2	Overzicht van de beschikbare informatie	42
Bijlage:	Links en/of documenten	44



Besproeien van landbouwgrond tijdens droogte (bron: fotobankna)



Kwelwater op speelplek (bron: fotobankna)

1 Intro

Doel en handelingsperspectief

De drie Brabantse gemeenten Breda, 's Hertogenbosch en Tilburg willen op een heldere en visueel aantrekkelijke manier inzicht krijgen in de lokale weersomstandigheden rond 2050. Ze willen dit gebruiken om effectiever invulling te kunnen geven aan communicatie en strategie rondom hun gemeentelijke klimaatagenda's. Dit krijgt inhoud met twee onderdelen:

1. Een rapportage waarin de klimaatveranderingen helder en beeldend worden toegelicht, evenals de effecten voor de Brabantse steden
2. Een nieuw instrument, waarmee specifieke klimaatgegevens kunnen worden opgevraagd, het Weerbericht 2050. Het instrument moet goed bruikbaar zijn, en de gebruikte informatie moet herleidbaar zijn. Daarbij wil men inzicht in mogelijke weersomstandigheden rond 2050, inclusief de potentiële bandbreedtes. Aanvullend wil men een gezamenlijk geheugen opbouwen voor klimaatgerelateerde gebeurtenissen.

De provincie Noord Brabant ondersteunt dit initiatief, men wil deze producten ook voor andere Brabantse steden gaan gebruiken in het kader van de provinciale dynamische uitvoeringsprogramma.

Inkadering

Het klimaatbeleid kent twee sporen: mitigatie en adaptatie. Mitigatie betreft de bronbestrijding, zorgen dat de klimaatveranderingen beperkt van omvang blijven, vooral door CO₂ reductie. Adaptatie betreft het aanpassen van de fysieke leefomgeving om de negatieve gevolgen te verzachten, en kansen te benutten. Het project Weerbericht 2050 richt zich op adaptatie.

De kwetsbaarheid van de steden is sterk afhankelijk van specifieke ruimtelijke omstandigheden en functies, bijvoorbeeld:

- Mbt wateroverlast: ruimte voor water, infiltratiecapaciteit voor neerslag van de bodem én capaciteit van riolering/ aanwezigheid verstoppingen.
- Mbt hittestress: hoeveelheid en type groen, grootte en materiaal van verharding, ligging kwetsbare voorzieningen zoals verzorgingstehuizen.

Bronnen

Gebruik wordt gemaakt van informatie van de regionale weerstations van het KNMI, waardoor de toekomstverwachtingen lokaal specifiek kunnen zijn. Deze weerstations liggen in het landelijke gebied rond de steden, en niet in de steden zelf. Waar relevant, is aangegeven hoe het klimaat in de stedelijke omstandigheden van Breda, 's Hertogenbosch en Tilburg kan verschillen van die in het buitengebied.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op de klimaatveranderingen en de KNMI'14 klimaatscenario's.

Klimaattrends waaraan Nederland wordt blootgesteld, zoals de stijging van temperatuur en de toename van extreme buien, hebben los of in samenhang gevolgen voor steden en buitengebied van Nederland. Dit noemen we de klimaateffecten, denk aan hittestress, droogte of wateroverlast. Hoofdstuk 3 beschrijft de klimaattrends en de klimaateffecten.

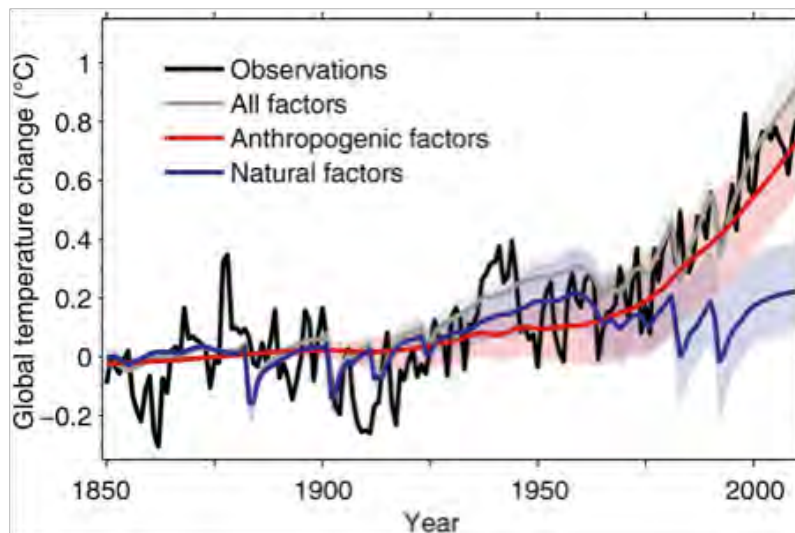
Hoofdstuk 4 gaat in op de opzet en werking van de tool "Weerbericht 2050", waarmee de gemeenten zelf lokale klimaatgegevens kunnen opvragen.

NB: op de oneven pagina's wordt vooral algemene informatie gegeven, op de even pagina's vindt u veelal tabellen en informatie, die met de tool "Weerbericht 2050" (of WB 2050) zijn gegenereerd.

2 Klimaatveranderingen

Klimaatverandering krijgt veel aandacht. Die verandering is het beste te zien in de stijging van de temperatuur aan het aardoppervlakte. Bijgaande figuur geeft een indicatie hiervan. Daarin is het verloop van de verandering in wereldwijd gemiddelde temperatuur weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen veranderingen als gevolg van natuurlijke factoren en menselijke factoren. In de periode 1880-2012 steeg de wereldgemiddelde luchttemperatuur met ongeveer 0,9 °C.

Deze stijging is historisch gezien opmerkelijk hoog, ze wordt vooral veroorzaakt door toename van broeikasgassen, zoals CO₂, methaan en lachgas. De concentraties overtreffen in hoge mate de pre-industriële waarden van de laatste vele duizenden jaren.



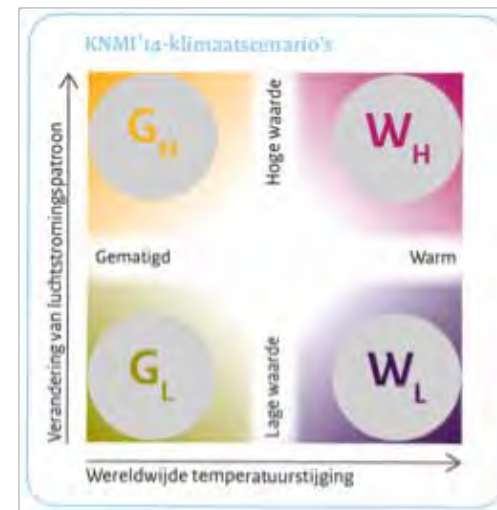
Verandering wereldgemiddelde temperatuur en de invloed van natuurlijke en menselijke factoren (bron: IPCC)

KNMI'14-scenario's

In mei 2014 heeft het KNMI vier scenario's voor de toekomstige klimaatveranderingen in Nederland gepubliceerd. In deze KNMI'14-scenario's zijn twee mogelijke waarden voor de wereldwijde temperatuurstijging rond 2050 opgenomen: 1°C en 2°C. Dit leidt tot de indicaties G (Gematigd) en W (Warm).

Deze waarden zijn gecombineerd met twee mogelijke opties voor veranderingen van het luchtstromingspatroon: weinig verandering of meer oostenwinden in de zomer en meer westenwinden in de winter. Dit is samengevat in de indicaties L (Lage waarde) en H (Hoge waarde). Samen beschrijven ze de hoekpunten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich, volgens de nieuwste inzichten, waarschijnlijk zal voltrekken.

De 2050-laag geeft in alle gevallen de laagste/minste verandering, dus voor alle klimaatvariabelen. Hier hoort alleen niet altijd hetzelfde scenario bij, maar vaak is dit G_L.



Schematische voorstelling van de KNMI'14 klimaatscenario's.

Samenhang trends en effecten

	Trends/ Effecten	Stijging gemiddelde temperatuur	Zachte winters, hete zomers ko- men vaker voor	Jaarnee- slag neemt toe	Toename extreme buien	Potentiële verdamping neemt toe	Hoeveelheid straling neemt licht toe	Kans op meer droge zomers	Verandering windsnelheid gering	Windstoten, hagel en on- weer heviger
1	Overstroming			↑	↑					
2	Wateroverlast			↑	↑					
3	Hittestress	↑	↑			↑	↑	↑		
4	Verdroging	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑		
5	Natuurbrand	↑	↑		↓	↑		↑		↑
6	Waterkwaliteit	↓	↓	↑	↓	↓		↓		
7	Biodiversiteit	↓	↓	↑		↑↓	↑↓	↓		
8	Erosie	↑			↑			↑		
9	Paalrot			↓				↑		
10	Windschade									↑
11	Bodemdaling	↑	↑	↓		↑		↑		

↑ = effect wordt positief beïnvloed door trend

↓ = effect wordt negatief beïnvloed door trend

↑↓ = effect kan zowel positief als negatief beïnvloed worden

↑ = sterke beïnvloeding

□ = waarschijnlijk geen duidelijke relatie

■ = nader onderzoek nodig

3 Trends en effecten

3.1. Inleiding

De KNMI scenario's laten zien dat er met name 2 factoren van belang zijn om de klimaateffecten voor Nederland te kunnen begrijpen: de stijging van de temperatuur en eventuele verandering in luchtstromingspatronen, ofwel de aanvoerrichting van het weer. De factoren hebben gevolgen voor de mate van verandering van het klimaat van Nederland. We onderscheiden 9 trends:

- A. Temperatuur blijft stijgen (gemiddelde temperatuur)
- B. Stijging van extreme temperaturen (zachte winters en hete zomers komen vaker voor)
- C. Jaarneerslag neemt toe
- D. Toename van extreme buien
- E. Potentiële verdamping neemt toe
- F. Hoeveelheid zonnestraling neemt licht toe
- G. Kans op drogere zomers (in 2 van de vier scenario's)
- H. Veranderingen in windsnelheid zijn klein.
- I. Windstoten, hagel en onweer worden heviger

In de bijlage vindt u een lijst van publicaties, waarop de informatie over klimaattrends grotendeels is gebaseerd.

Deze trends hebben gevolgen voor de burgers van ons land en onze maatschappij als geheel. Deze gevolgen noemen we de klimaateffecten. We onderscheiden 11 effecten:

- 1. Overstroming
- 2. Wateroverlast
- 3. Hittestress
- 4. Afname biodiversiteit
- 5. Vermindering kwaliteit oppervlaktewater
- 6. Verdroging
- 7. Schade door wind
- 8. Ongecontroleerde natuurbrand
- 9. Bodemdaling
- 10. Erosie
- 11. Paalrot

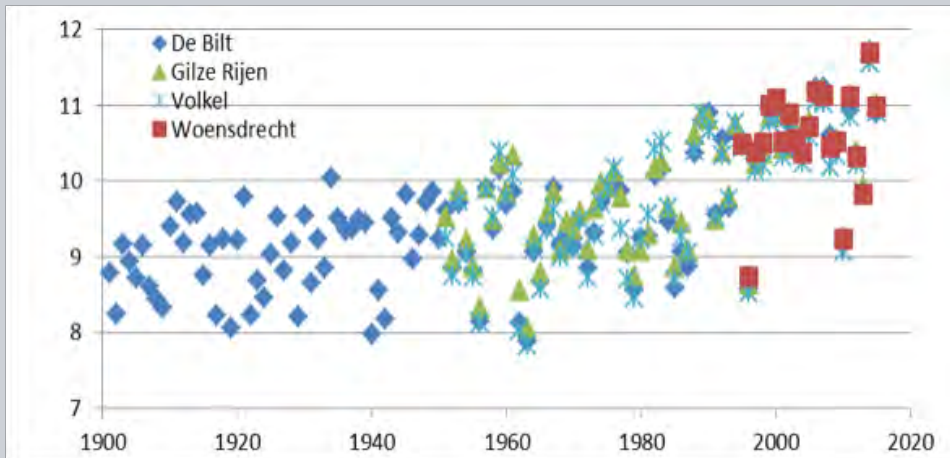
Bepaalde effecten kunnen door meerdere klimaattrends beïnvloed worden die elkaar mogelijk versterken. De relatie tussen de trends en de effecten is in het schema weergegeven.

Paragraaf 3.2. gaat verder in op de trends, paragraaf 3.3. licht de effecten toe.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

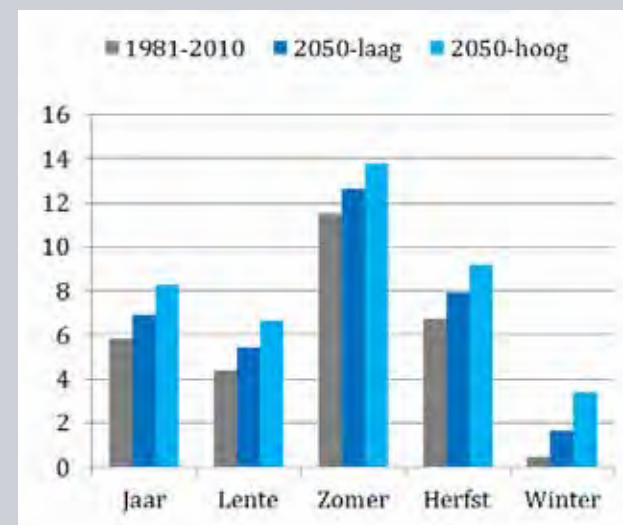
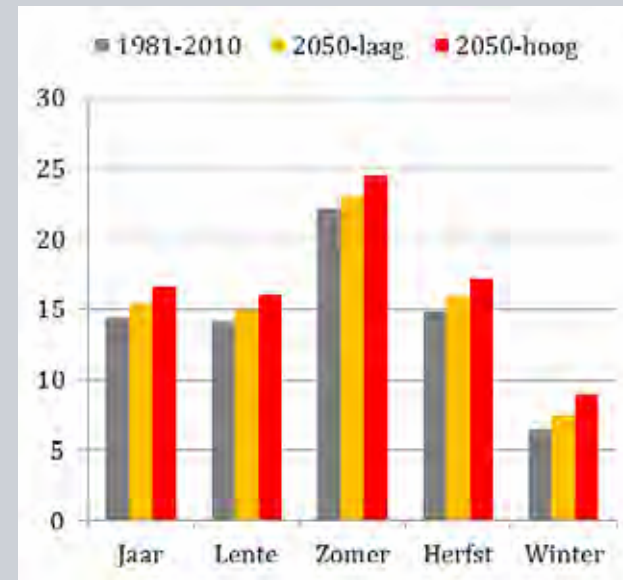
Figuur 1 Gemiddelde jaartemperatuur (°C)

De grafiek toont de jaargemiddelde temperatuur in °C in De Bilt, Gilze-Rijen, Volkel en Woensdrecht. De gemiddelde jaartemperaturen zijn vrijwel hetzelfde voor deze locaties. Als gevolg hiervan is er weinig verschil tussen de locaties in trends.



Figuur 2 Veranderingen in gemiddelde maximum (boven) en minimum(beneden) temperaturen (°C) per jaar en per seizoen

De grafieken tonen rond 2050 de te verwachten gemiddelde maximum en minimum temperaturen in Gilze Rijen, uitgesplitst per seizoen. De verschillen in temperatuurstijging tussen seizoenen zijn max. 0,6 C°.



3.2. Trends

Trend 1: Stijging van gemiddelde temperatuur

A Wat is er aan de hand?

De wereldwijde temperatuurstijging wordt vooral veroorzaakt door toename van broeikasgassen, zoals CO₂, methaan en lachgas.

Tussen 1901 en 2013 nam de gemiddelde temperatuur in De Bilt toe met 1,8 °C. Het grootste deel van deze toename, namelijk 1,4 °C, vond plaats tussen 1951 en 2013. De situatie van de Brabantse steden is vergelijkbaar met die van De Bilt, zoals te zien is in figuur 1.

Regionale temperatuurverschillen tussen kust en binnenland nemen toe in de zomer. Op de warmste zomerdagen neemt de temperatuur in het zuidoosten van Nederland ongeveer 1 °C meer toe dan in het noordwesten voor het scenario met de meeste temperatuurstijging rond 2050. Op koude winterdagen is de opwarming in het oosten groter dan in de kustgebieden, waardoor de bestaande regionale verschillen dan juist afnemen.

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

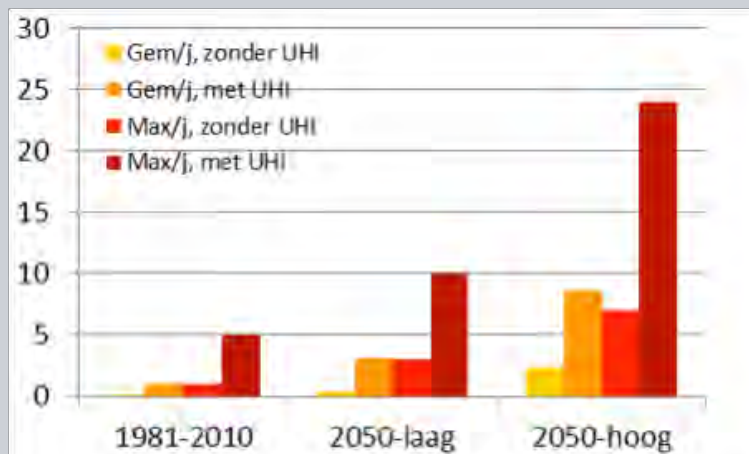
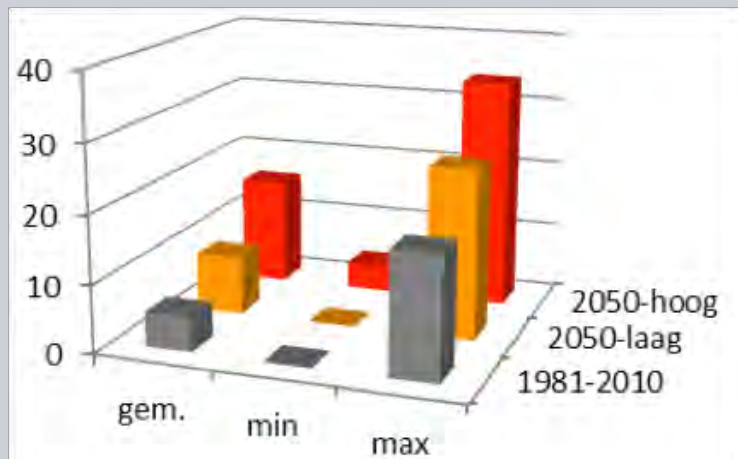
De verwachte temperatuurstijging tussen 1981-2010 en 2050 is 1,0 tot 2,3 °C. De temperatuurstijging voor Breda, Tilburg en 's Hertogenbosch heeft in Nederland een gemiddelde waarde. De steden liggen in tussen de kust (minder stijging) en het Zuidoosten (meer stijging). Door het hitte eiland effect ligt de temperatuur in steden gemiddeld al 1-2 °C hoger. Door de klimaatveranderingen verandert dit niet of nauwelijks.

Op individuele onbewolkte nachten zonder wind kan het hitte-eiland effect in dichtbebouwd gebied (vaak stadscentrum) op lopen tot 8 graden. Het gemiddelde hitte eiland effect is veel kleiner. In de toekomst kan dat gemiddelde wellicht een beetje toenemen. Bij toenemende verstening kan dat hitte eiland effect lokaal wel sterk toenemen.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

Figuur 3 Aantal tropische nachten en dagen rond 2050

In de bovenste figuur staat de stijging van het aantal tropische dagen (warmer dan 30 °C) voor station Gilze Rijen. In de onderste figuur ziet u de stijging van het aantal tropische nachten (minimum temperatuur van meer dan 20°C). In de stad is het gemiddeld wat warmer door het hitte-eiland-effect (UHI) waardoor het aantal tropische nachten duidelijk hoger is.



Figuur 4 Stijging hoogste en laagste dagtemperaturen (°C)

De tabel toont de stijging van de laagste en hoogste dagtemperatuur, vergeleken tussen 1981-2010 en rond 2050 voor station Gilze Rijen.

Deze temperatuurextremen stijgen sterker dan de gemiddelde temperaturen.

	Laagste	Hoogste
1981-2010	-18,3	36,8
2050-laag	-15,5	38,1
2050-hoog	-10,6	41,3

Trend 2: Stijging van extreme temperaturen

A Wat is er aan de hand?

In de zomer kunnen er extremere temperaturen optreden door de sterke temperatuurstijging van de warmste zomerdagen. Ook in de winter stijgt de temperatuur op de koudste dagen relatief het meest.

Hittegolven gaat regelmatig gepaard met een groot hitte-eiland-effect (UHI), waardoor het in steden extra warm is. Tijdens hittegolven is er regelmatig weinig bewolking en weinig wind. Deze combinatie kan zorgen voor een hoog UHI. Het is echter niet altijd zo dat er tijdens hittegolven (of hoge temperaturen) een hoog UHI is.

Als er wel redelijk wat wind staat, is het UHI al snel aanzienlijk kleiner. Door temperatuurstijging krijgen we in de toekomst vaker hittegolven. De windsnelheid verandert niet of nauwelijks, waardoor we niet automatisch vaker een hoog UHI hebben.

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

Ook extremere temperaturen laten een stijgende trend zien. De zomers zullen warmer worden en de winters minder koud. In steden is het gemiddeld wat warmer (UHI). Daardoor is bijvoorbeeld het aantal tropische dagen en nachten in de stad nu al iets hoger dan in het buitengebied (zie figuur 3).

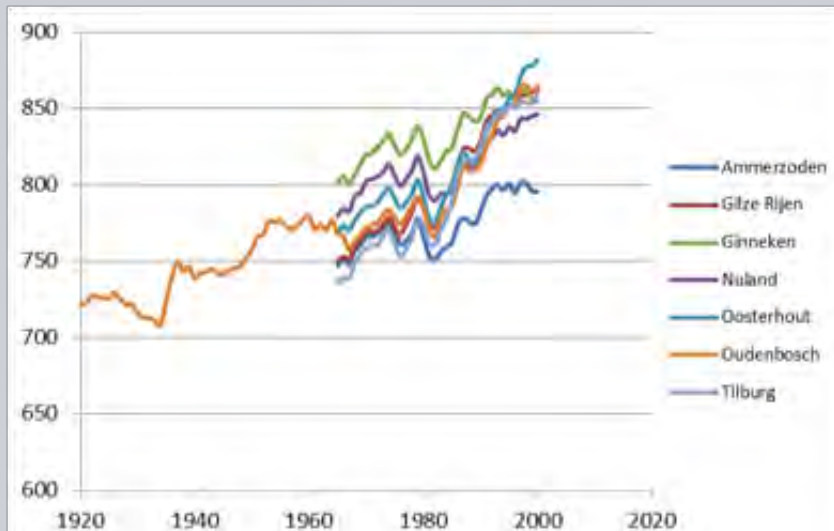
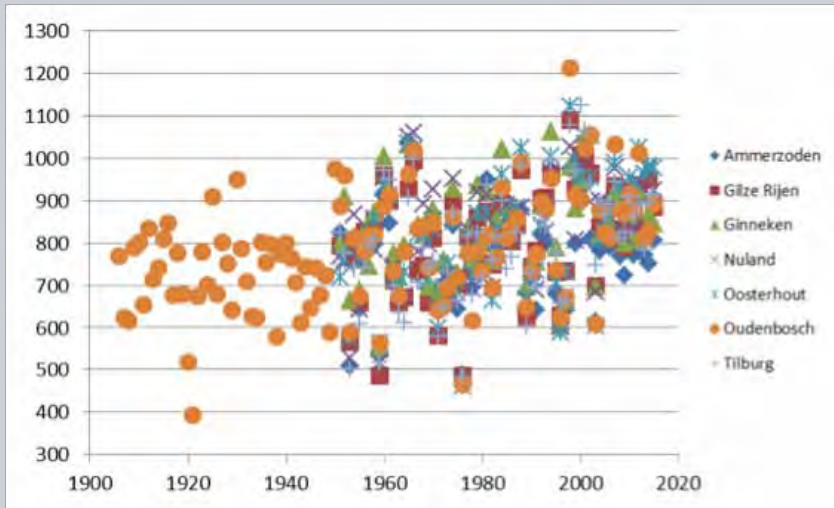


Artikel in BN De stem September 2015.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

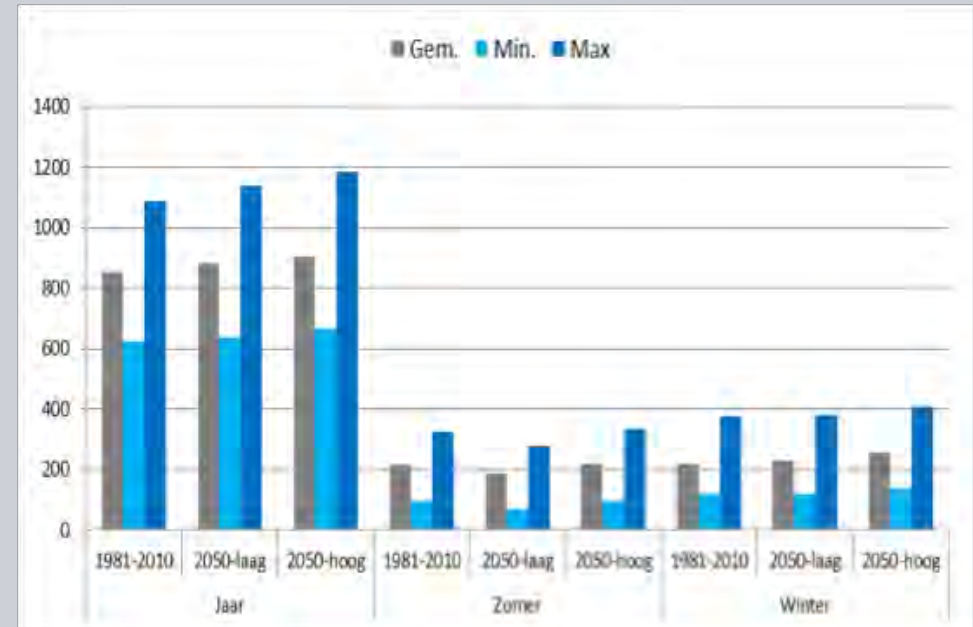
Figuur 5 Jaarlijkse neerslaghoeveelheid(mm)

De gemiddelde jaarneerslag (boven) en de langjarige trend (onder) zijn in het verleden op alle stations in de buurt van de 3 steden toegenomen.



Figuur 6 Hoeveelheid neerslag (mm) in de toekomst

De gemiddelde jaarneerslag en winterneerslag nemen toe voor Gilze Rijen, maar voor de zomer is dit niet zeker.



Trend 3: Jaarneerslag neemt toe

A Wat is er aan de hand?

Alle seizoenen behalve de zomer zijn natter geworden. Tussen 1910 en 2013 was er een toename van 26% van het aantal dagen met meer dan 10 mm neerslag. Het totaal aantal 'natte dagen' of 'regendagen' (meer dan 0,1 mm neerslag) veranderde niet duidelijk. Ook in de regio rond de steden Tilburg, Breda en 's Hertogenbosch is de jaarlijkse neerslag aanzienlijk toegenomen. Door de toename van de temperatuur is ook de hoeveelheid waterdamp in de lucht toegenomen sinds 1950. Dit verklaart gedeeltelijk de toename van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag.

Er is weinig verschil in jaarneerslag tussen de drie steden, maar statistisch is er geen significant verschil. De gemiddelde jaarneerslag op de getoonde stations voor de periode 1981-2010 varieert tussen ongeveer 800 en 880 mm. In Breda regent het net iets meer, en in 's Hertogenbosch regent het net iets minder dan rond Tilburg (zie figuur 5).

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

In de toekomst neemt de gemiddelde jaarneerslag toe. Dit komt vooral door de toename van de neerslag in de winter, omdat bij een opwarmend klimaat de hoeveelheid waterdamp in de lucht toeneemt. Voor de zomer is niet duidelijk of de gemiddelde neerslag licht toeneemt of duidelijk afneemt. Het verschil in neerslag tussen jaren varieert aanzienlijk in het huidige klimaat, en dat zal zo blijven en kan zelfs toenemen. Binnen Nederland worden geen duidelijke regionale verschillen in neerslagverandering verwacht.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

Figuur 7A Aantal dagen per jaar met minimaal 25 mm

Het aantal dagen met hevige neerslag neemt verder toe in de toekomst.

Variatie tussen jaren			
	gemiddeld	minimaal	maximaal
1981-2010	2	0	5
2050-laag	3	0	6
2050-hoog	4	1	9

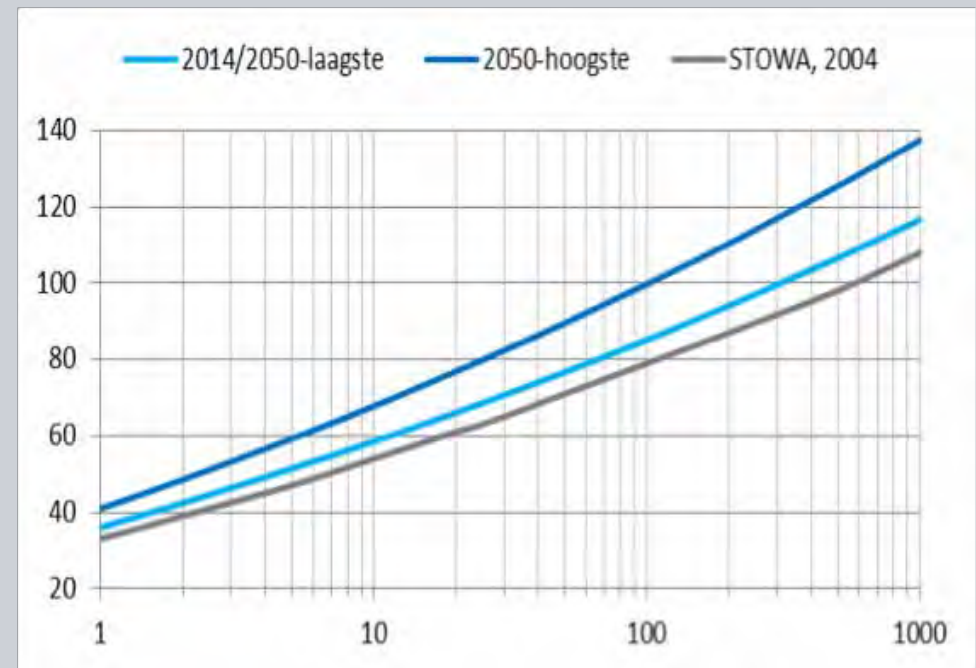
Figuur 7B Regionale verschillen in neerslagextremen

G= zelfde kans als in De Bilt, L=neerslag extremen lager (*0,93), H=neerslag extremen hoger (*1,08), H+= nog hoger (*1,14).



Figuur 8 Herhalings tijden en bijbehorende neerslaghoeveelheden voor een neerslagduur van 24 uur voor neerslagregime G

Het gebied rond de steden Breda, Tilburg en 's Hertogenbosch heeft het zelfde neerslagextremen regime als De Bilt (zie figuur hiernaast). Een hoeveelheid van 60 mm kwam volgens de oude neerslagstatistiek van STOWA (2004) ongeveer eens in de 20 jaar voor, rond 2014 was dat ongeveer eens in de 10 jaar, en rond 2050 is dat ongeveer eens in de 5 tot 10 jaar.



Trend 4 Toename van extreme buien

A Wat is er aan de hand?

De extreme neerslag is in de loop van de afgelopen eeuw aanzienlijk gestegen (STOWA rapport 2015). De kans op een extreme bui was rond 2014 gemiddeld ongeveer 10 % hoger dan berekend in 2004 (STOWA, 2004).

Neerslagextremen kunnen door twee meteorologische verschijnselen ontstaan, namelijk passage van fronten die samenhangen met depressies, of buien als gevolg van sterke lokale verticale bewegingen in de atmosfeer. Fronten komen vooral voor in de winter en buien vaker in de zomer, maar regelmatig treden ze ook tegelijkertijd op.

Door de toename van de temperatuur is ook de hoeveelheid waterdamp in de lucht toegenomen sinds 1950. Dit verklaart gedeeltelijk de toename in zware buien. Uit waarnemingen blijkt dat bij de meest extreme buien de maximale hoeveelheid neerslag per uur is toegenomen met ongeveer 12% per graad C.

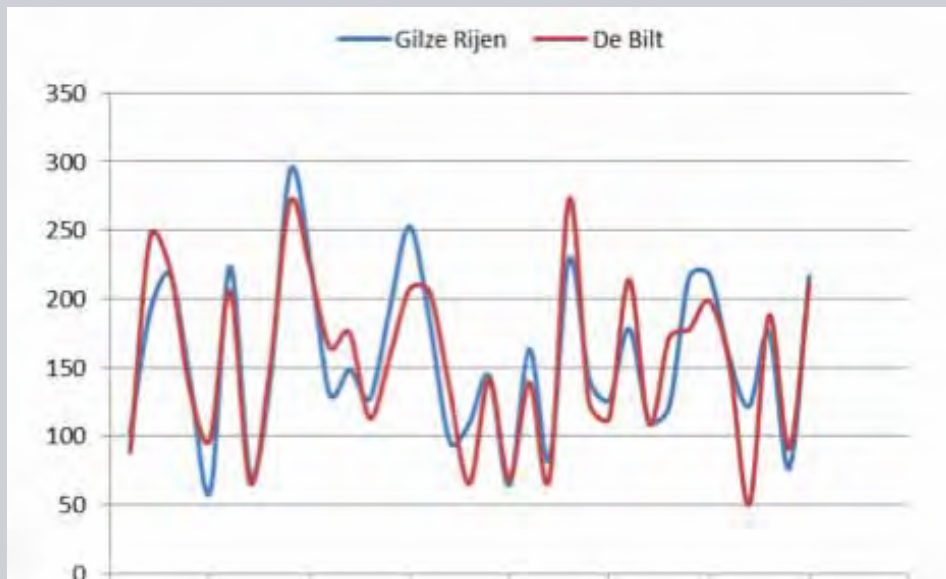
B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

In de toekomst zal de kans op extreme neerslag verder toenemen. Door de toename van extreme neerslag kan wateroverlast in de toekomst toenemen, als er geen maatregelen worden getroffen.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

Figuur 9 Potentiële verdamping volgens Makkink in mm per jaar in verleden

De potentiële verdamping is toegenomen in het verleden (vanaf 1980).



Figuur 10 Potentiële verdamping per jaar in toekomst voor Gilze Rijen (in mm naar Makkink)

De potentiële verdamping neemt verder toe in de toekomst.

	1981-2010	2050-laag	2050-hoog
Gemiddeld	569	586	609
Minimum	504	520	541
Maximum	645	665	691

Trend 5 Potentiële verdamping neemt toe

A Wat is er aan de hand?

Tussen 1958 en 2013 nam in De Bilt de potentiële verdamping in de zomer toe met 12%. Meer verdamping is het gevolg van de toename van de temperatuur en de zonnestraling. Deze trend in potentiële verdamping in Gilze Rijen komt overeen met die in De Bilt.

Potentiële verdamping is de verdamping die optreedt zolang de bodem voldoende water bevat. In Nederland wordt vaak de potentiële referentieverdamping van gras gebruikt (volgens Makkink, berekend m.b.v. straling en gemiddelde temperatuur).

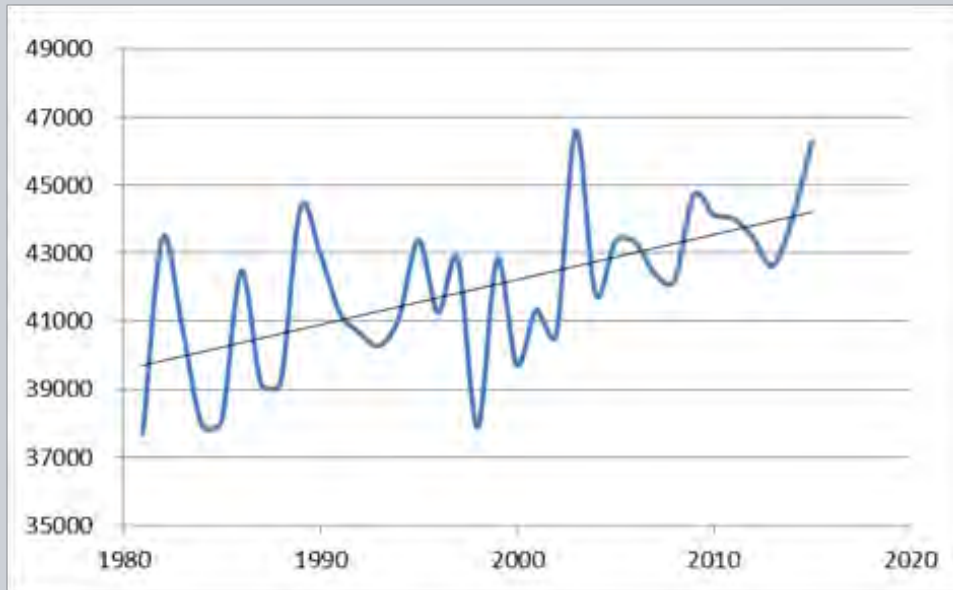
B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

De formule van Makkink kan worden gebruikt om, bij benadering, veranderingen in de potentiële verdamping onder toekomstige omstandigheden te berekenen. In die scenario's neemt de potentiële verdamping evenredig toe met de zonnestraling. Daarnaast stijgt de potentiële verdamping door toename van de temperatuur. De verandering in de werkelijke verdamping kan afwijken van de verandering in de potentiële verdamping, omdat de werkelijke verdamping beperkt wordt door de beschikbaarheid van water in de bodem. Daarbij leidt de verdamping door groen tot een afname van de watervoorraad in de bodem. Om het koelend effect van groen te behouden, moet er voldoende water beschikbaar zijn. In aantal gevallen zal daarvoor water gegeven moeten worden.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

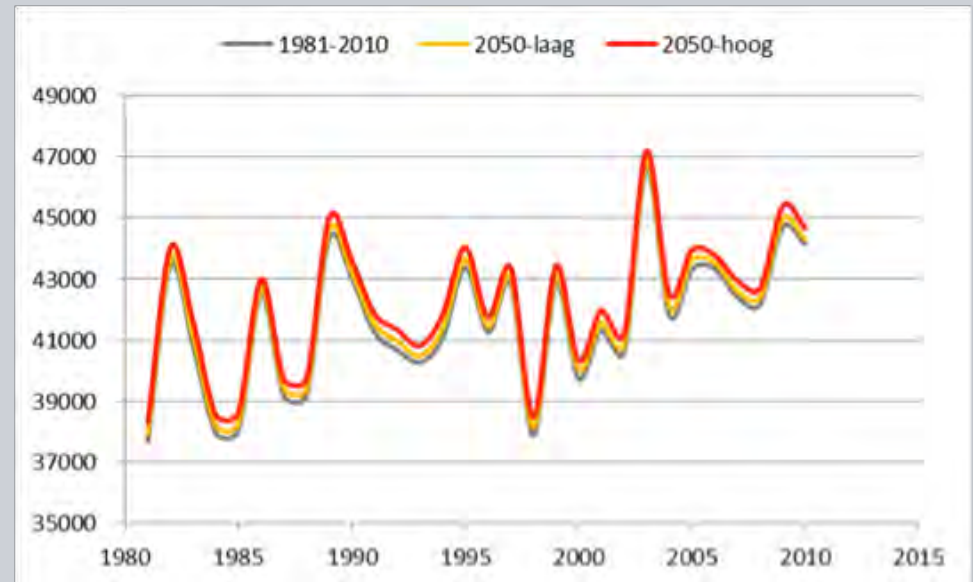
Figuur 11 Gemiddelde jaarlijkse globale straling (W/m²) voor Gilze Rijen in verleden.

Ook in Gilze Rijen is de straling vanaf 1980 toegenomen.



Figuur 12 Gemiddelde jaarlijkse globale straling (W/m²) voor Gilze Rijen in toekomst.

In de toekomst neemt de gemiddelde straling per jaar enigszins toe, maar de variatie tussen jaren wordt iets groter (zie tool WB 2050).



Trend 6 Hoeveelheid zonnestraling neemt licht toe

A Wat is er aan de hand?

Sinds 1950 is de hoeveelheid bewolking in Nederland niet wezenlijk veranderd. De zonnestraling is tussen 1981 en 2013 wel toegenomen met 9%. Een reden voor deze verandering is dat de lucht schoner is geworden en daardoor ook transparanter, waardoor meer zonnestraling het aardoppervlak bereikt.

Schonere lucht leidt tot meer straling en dat leidt tot meer temperatuurstijging. Die schonere lucht is waarschijnlijk ook een van de redenen dat de temperatuur in West Europa sneller is gestegen dan wereldwijd.

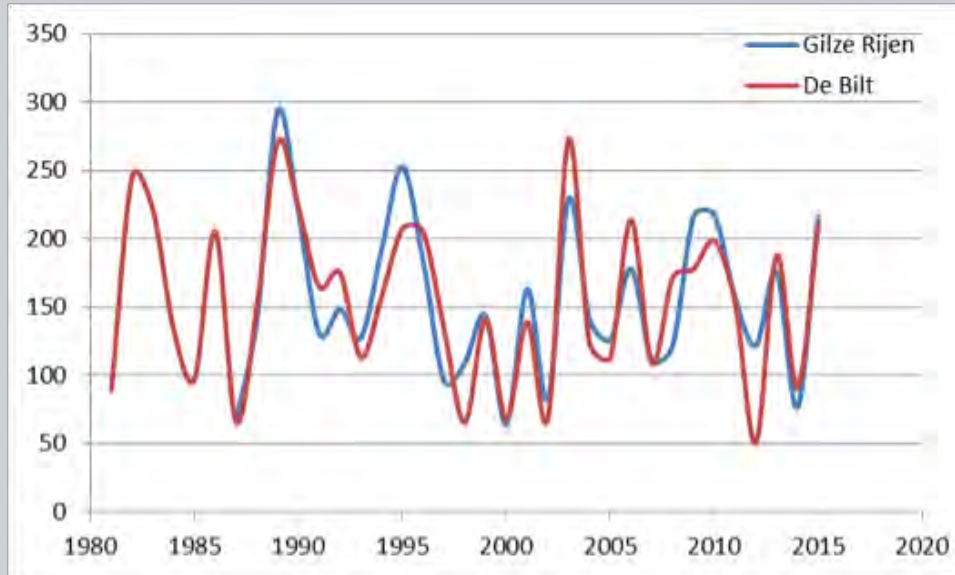
B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

In de G_H - en W_H -scenario's is sprake van een kleine maar beduidende afname van de bewolking in toekomstige zomers. De zonnestraling aan het oppervlak neemt daardoor toe, daardoor kan mogelijk de kans op huidkanker toenemen.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

Figuur 13 Jaarlijkse maximaal neerslagtekort (mm).

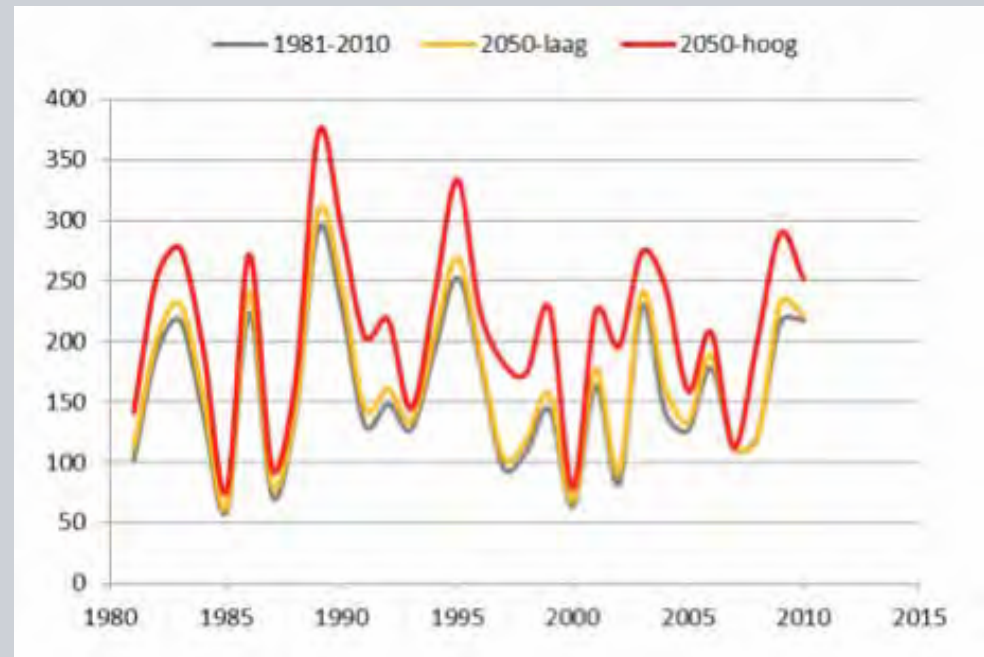
Het neerslagtekort in Gilze Rijen komt sterk overeen met die in De Bilt. Er is geen duidelijke toename zichtbaar in de periode vanaf 1981.



Figuur 14 Neerslagtekort per jaar in mm voor Gilze Rijen.

In de toekomst neem het neerslagtekort nauwelijks toe in sommige scenario's. In andere scenario's kan het neerslagtekort flink toenemen en daarmee de kans op droge zomers.

	Gem.	Min	Max.
1981-2010	157	59	294
2050-laag	167	62	309
2050-hoog	211	76	373



Trend 7 Kans op meer drogere zomers (in 2 van de vier scenario's)

A Wat is er aan de hand?

Er is geen duidelijke trend waargenomen in de relatieve luchtvochtigheid in het verleden. Sinds 1951 komt droogte iets vaker voor in Nederland.

Droogte kan op verschillende manier worden gemeten. Een veel gebruikte maat in Nederland is het maximaal potentiële neerslagtekort. Dat is het maximale verschil tussen neerslag en potentiële verdamping in het groeiseizoen. Droogte is meestal geen heel lokaal verschijnsel. Als het droog is, is het vaak in een groot deel van Nederland droog of zelfs in een groter gebied.

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

Er is meer kans op droge zomers in 2 van de vier KNMI'14 scenario's. In de toekomst kan in de G_H en W_H scenario's in de zomers de relatieve luchtvochtigheid iets afnemen. Doordat het in die scenario's iets vaker uit het oosten-zuiden waait, neemt het aantal regendagen af evenals de gemiddelde zomer-neerslag.

De watervraag van groen verandert als het warmer wordt, minder vochtig en als er meer groen is. Droogte geeft aan dat er een discrepantie is tussen die potentiële watervraag en wat er beschikbaar is. Planten groeien minder goed als ze meer droogte ervaren, en de temperatuur kan mogelijk hoger oplopen omdat er minder water voor verdamping is.

Droogte in West-Brabant, code geel (grafiek)

30 juni 2015 | Laatste update: 30 juni, 13:52



ETTEN-LEUR - Met deze hitte en de weinige regen van de afgelopen weken wordt de natuur in West-Brabant snel droger. Boven West-Brabant hangt inmiddels al code geel.

Natuurbranden liggen op de loer. Dinsdagmorgen om 6.18 uur werd al de eerste melding van een natuurbrand gedaan in de wijk Atalanta in Rijen.

Code geel betekent dat er bij elke melding direct met spoed wordt uitgerukt, inclusief zwaailicht en sirene. Dit soort keuzes maakt de brandweer in overleg met boswachters en werknemers. Houdt de droogte langer aan, dan zijn de codes oranje en rood nog denkbaar.

Ook de waterschappen zijn extra alert. Zij proberen zo lang mogelijk water in de sloten te houden. Boeren mogen daarom in bepaalde gebieden geen sproeiwater uit de sloten pompen. Het waterschap heeft voor de volgende gebieden maatregelen genomen:

Bekijk ook...

- > Hitteplan waarschuwt voor gevolgen van extreme warmte, wanneer stoppen we met onderwijs en werken?
- > Doe mee: Hoe komt u deze week de heetste dagen door?

Herstel verdroogde natuur

De provincie werkt hard aan het herstel van 'natte natuurparels'. Dit zijn belangrijke natuurgebieden met bijzondere ecologische waarde die afhankelijk zijn van grondwater. Water en natuur profiteren van een goede waterhuishouding.

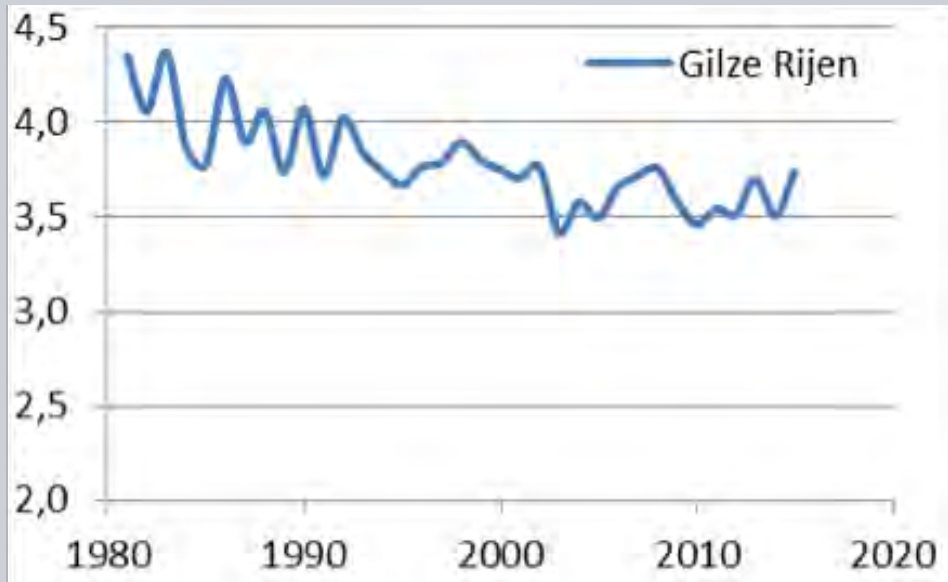


Moerassen en meren houden water vast als er te veel van is en geven het af bij droogte. Deze sponsfunctie helpt om zowel droogte als overstromingen te voorkomen. Verstoring van deze sponsfunctie door menselijk ingrijpen kan leiden tot verdroging of een slechte waterkwaliteit. Met als gevolg het verdwijnen van de

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

Figuur 15 Gemiddelde jaarlijkse windsnelheid in m/s in het verleden

De figuur toont een daling in gemiddelde windsnelheid vanaf 1980.



Figuur 16 Gemiddelde en hoogste daggemiddelde wind (m/s) per winter: voor 1981-2010 en rond 2050 voor Gilze Rijen.

De mogelijke verandering in de toekomst van de gemiddelde windsnelheid is kleiner dan de natuurlijke variatie.

	Gemiddelde wind	Gem. hoogste daggemiddelde windsnelheid
1981-2010	8,6 m/s	11,8 m/s
2050-laag	-2,5%	-3%
2050-hoog	+0,9%	0%
Natuurlijke variatie tussen 30 jaar	±3,6%	±3,9%

Trend 8 Veranderingen in windsnelheid klein

A Wat is er aan de hand?

In het winterhalfjaar komen de meeste stormen voor en waait het gemiddeld harder dan in het zomerhalfjaar. In het binnenland komt windkracht 10 zelden voor, maar bij zware storm aan zee komen landinwaarts wel zeer zware windstoten voor. Soms gaan er enkele jaren voorbij zonder ook maar één zware storm. In andere jaren komen er daarentegen meerdere voor, zoals in 2002.

Hoe meer bebouwing, hoe ruwer het landoppervlak en hoe meer de wind afgeremd wordt. Naast de windsnelheid is ook de richting van de wind van belang. Zo ontstaan de hoogste waterstanden langs de Nederlandse kust als een noordenwind het Noordzeewater opstuwt. In Nederland waait het gemiddeld het vaakst uit het Zuidwesten, vandaar ook ons milde zeeklimaat.

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

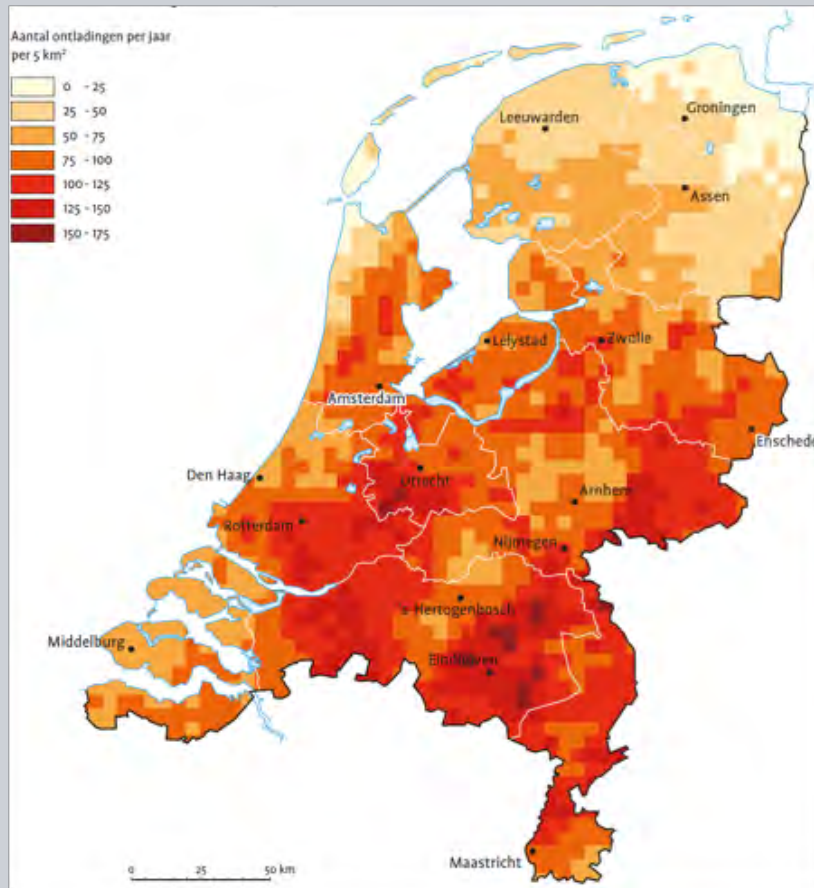
De scenario's laten zien dat de windsnelheid van sterke noorden-winden in de toekomst niet veel verandert. Veranderingen van de gemiddelde windsnelheid door het jaar heen en tijdens stormen in de winter vallen binnen de natuurlijke variabiliteit.

Windrichtingen tussen zuid en west, die in het huidige klimaat overheersen, komen in de winter iets vaker voor bij de G_H - en W_H -scenario's en iets minder vaak bij de G_L - en W_L -scenario's.

Belangrijkste indicatoren van Weerbericht 2050

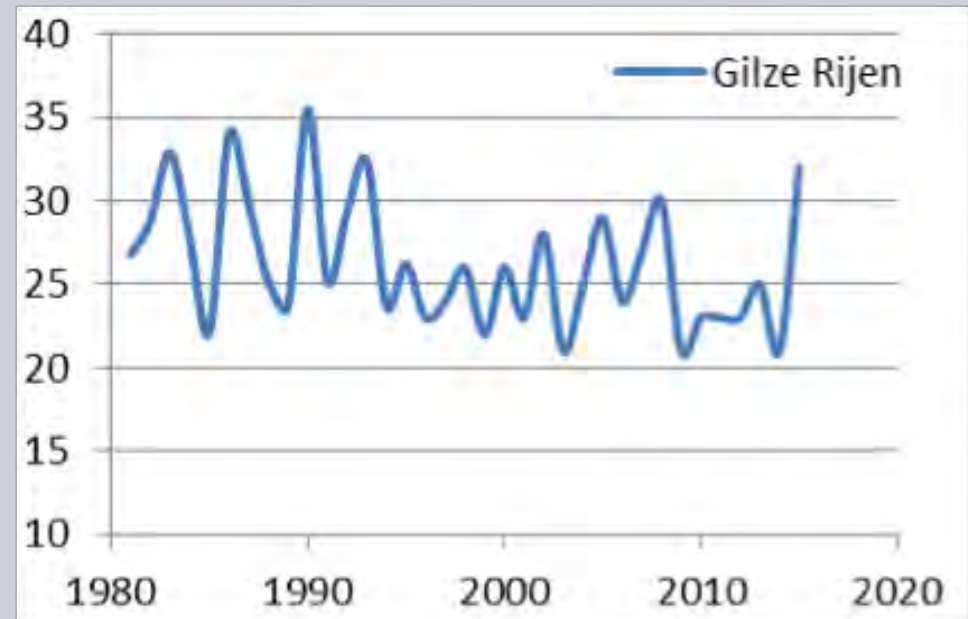
Figuur 17 Aantal ontladingen per jaar per 5 km² (Bron: Bosatlas van het klimaat)

In Nederland zullen hagel en onweer in de toekomst heviger worden.



Figuur 18 Maximale windstoot per jaar in m/s

De maximale windstoot per jaar lijkt iets af te nemen voor Gilze Rijen, maar de variatie tussen jaren is erg groot, waardoor uitspraken over trends moeilijk zijn te maken.



Trend 9 Windstoten, hagel en onweer worden heviger

A Wat is er aan de hand?

Windstoten kunnen ontstaan aan de voorzijde van een bui. Bij een naderende zomerse bui arriveren de windstoten vaak eerder dan de neerslag. Af en toe treft een storm in de zomer grotere delen van het land, maar meestal zijn het zware buien tijdens onweer die overlast en windschade veroorzaken.

Op een willekeurige plek in ons land valt ongeveer één keer per zomer hagel. Meestal gaat het om kleine steentjes die geen schade veroorzaken. Gemiddeld op vijf dagen per jaar vallen ergens in ons land hagelstenen van 2 cm of groter. Zeer uitzonderlijk is het als in ons land hagelstenen vallen met een diameter van 6 tot 9 cm. Bliksem is een elektrische ontlading tussen twee (onweers)wolken (horizontale bliksem) of tussen zo'n wolk en de grond (verticale bliksem).

B Wat kunnen de steden volgens de KNMI scenario's verwachten?

In Nederland zullen hagel en onweer in de toekomst heviger worden. Meer waterdamp leidt tot meer condensatiewarmte, waardoor de sterkte van verticale bewegingen in wolken toeneemt en het vaker hagelt en onweert, met grotere hagelstenen. Per graad opwarming neemt het aantal bliksemslagen bij onweer toe met ongeveer 10 tot 15%.

Kans op gelijktijdig optreden van weersextremen en andere trends

Een aantal weersextremen kunnen gelijktijdig of vlak na elkaar voorkomen. Hieronder noemen we enkele voorbeelden:

- Droogte gaat vaak gepaard met relatief hoge temperaturen. Bij droogte is er minder vocht beschikbaar voor verdamping en wordt een groter deel van de zonnestraling gebruikt voor de opwarming van de lucht, met hogere temperaturen tot gevolg;
- Onweersbuien gaan regelmatig gepaard met hevige buien. Dit kan ook gepaard gaan met hagel en windstoten;
- Na een week met veel neerslag in het stroomgebied van een rivier en daardoor hogere rivierwaterstanden, kan er een storm optreden, die zorgt voor opstuwning van water en daardoor een grotere kans op overstroming.

Het kan zo zijn dat de weersituaties afzonderlijk niet heel erg extreem zijn. Maar omdat ze gelijktijdig of vlak na elkaar optreden kunnen ze elkaars effect versterken en leiden tot veel extremere situaties. Een voorbeeld hiervan is:

- Na een periode met relatief veel neerslag kan de grondwaterstand zijn gestegen tot dicht onder maaiveld. Een flinke bui kan dan al zorgen voor wateroverlast omdat er niet zoveel water in de grond kan infiltreren.

Dezelfde weersextremen kunnen op verschillende locaties ook heel verschillende effecten hebben.

- Een hagelbui in een gebied met alleen grasland (zonder koeien) geeft weinig schade, terwijl diezelfde hagelbui in bebouwd gebied veel economische schade kan geven;
- In een gebied dat al aan zijn grenzen zit wat betreft de afvoer van water, zal een toename in neerslaghoeveelheid van 10 % snel leiden tot een toename van wateroverlast. In een ander gebied hoeft een toename van 10 % helemaal niet te leiden tot een toename van wateroverlast.

Bij de vertaling van weersextremen naar effecten is het belangrijk om te kijken naar de fysieke ruimte. Voor de verandering van klimaateffecten in de toekomst is het daarom ook belangrijk te kijken naar mogelijke veranderingen/trends in die fysieke ruimte.

INTERMEZZO

Vraag 1: Is de kans op het optreden van stormen tijdens de carnavalsoptocht, zoals in 2016, in de toekomst groter als gevolg van klimaatverandering?

Zie tool: “Veranderingen in windsnelheid klein – Toekomst”

Antwoord: Extreme windsnelheden in de winter nemen niet significant toe. Daar uit is af te leiden dat de kans op storm tijdens carnavalsoptochten in de toekomst niet zal toenemen volgens de KNMI'14 scenario's.

Vraag 2: Italiaanse ijssalons zijn vaak open van april t/m eind oktober, als het lekker weer wordt voor buitenactiviteiten en om buiten op een terras te zitten. De gemiddelde maximum temperatuur in die maanden ligt op 15 °C of hoger. In de toekomst stijgt de temperatuur en daarom kunnen de ijssalons mogelijk langer open.

Zie tool: “Zachte winter en hete zomers komen vaker voor – Toekomst: Aantal dagen per jaar met een maximum temperatuur hoger dan”

Antwoord: Rond 2050 is het gemiddeld aantal dagen per jaar met een maximum temperatuur hoger dan 15 °C ongeveer 15-30 dagen hoger.

	Variatie tussen jaren		
	gemiddeld	minimaal	maximaal
1981-2010	173	156	204
2050-laag	185	163	212
2050-hoog	201	182	224

Vraag 3: Op ... augustus 2006 is er bij ons veel regen gevallen. Hoe zou zo'n vergelijkbare situatie er rond 2050 uitzien?

Zie tool: jaarneerslag neemt toe – Toekomst: De neerslag op een bepaalde dag in het verleden. En hoe ziet zo'n dag er in de toekomst uit?

Antwoord:

Datum: 20060815	verleden	2050-laag	2050-hoog
Neerslag (mm)	44	45	54

Vraag 4: Elk jaar wordt in juli de Tilburgse kermis gehouden. Krijgen we in de toekomst vaker last van hevige buien en onweer tijdens de kermis?

Zie tool: “Windstoten, hagel en onweer worden heviger - Toekomst.” én...
“Toename extreme buien – Toekomst

Antwoord: De hevigste buien vallen nu meestal in het zomerhalfjaar. Door de toename in temperatuur en de hoeveelheid waterdamp in de lucht neemt ook de maximale neerslagintensiteit toe: de hevige buien nemen toe gedurende het hele jaar. Vanwege dezelfde reden worden ook hagel, onweer en de gerelateerde windstoten heviger.

3.3. Klimaateffecten

In het voorgaande hoofdstuk staan de trends beschreven, die in Nederland verwacht worden als gevolg van de klimaatveranderingen. Deze trends hebben gevolgen voor onze steden en buitengebieden. We onderscheiden 11 klimaateffecten, deze worden in dit hoofdstuk toegelicht.

1. overstroming
2. wateroverlast
3. hittestress
4. afname biodiversiteit
5. vermindering kwaliteit oppervlaktewater
6. verdroging
7. schade door wind
8. ongecontroleerde natuurbrand
9. bodemdaling
10. erosie
11. paalrot

Effect 1 Overstroming

A *Wanneer ontstaat het?*

Een overstroming kan plaatsvinden door een dijkdoorbraak of als water over de dijken heen stroomt door hoog water in de rivieren. Dit kan gebeuren als er langdurig en veel neerslag valt in het stroomgebied van de betreffende rivier, gedurende meerdere dagen tot weken. Overstroming kan ook plaatsvinden door hoog water vanuit de zee. Door langdurig harde wind wordt water tegen de kust opgestuwd. Dit gebeurt vooral bij Noord tot Noordwestenwind. Deze wind neemt niet toe in de KNMI'14 scenario's. Wel stijgt de zeespiegel verder.

B *Is dat erg?*

Overstromingen zijn grote en ingrijpende gebeurtenissen/rampen. Risico is er o.a. op:

- slachtoffers, gewonden
- schade aan weginfrastructuur
- schade aan overige infrastructuur, drinkwaterleidingen, afvalwaterleidingen, electra en andere kabels
- economische schade en schade aan bebouwingen en installaties
- verminderde bereikbaarheid voor de hulpdiensten van wegen ondergelopen wegen en viaducten.

Als een stad niet zelf overstroomt kan ze te maken krijgen met opvang van getroffen mensen van elders. Ook kunnen zij schade en hinder ondervinden van schade aan infrastructuur.

C *Is het al gebeurd?*

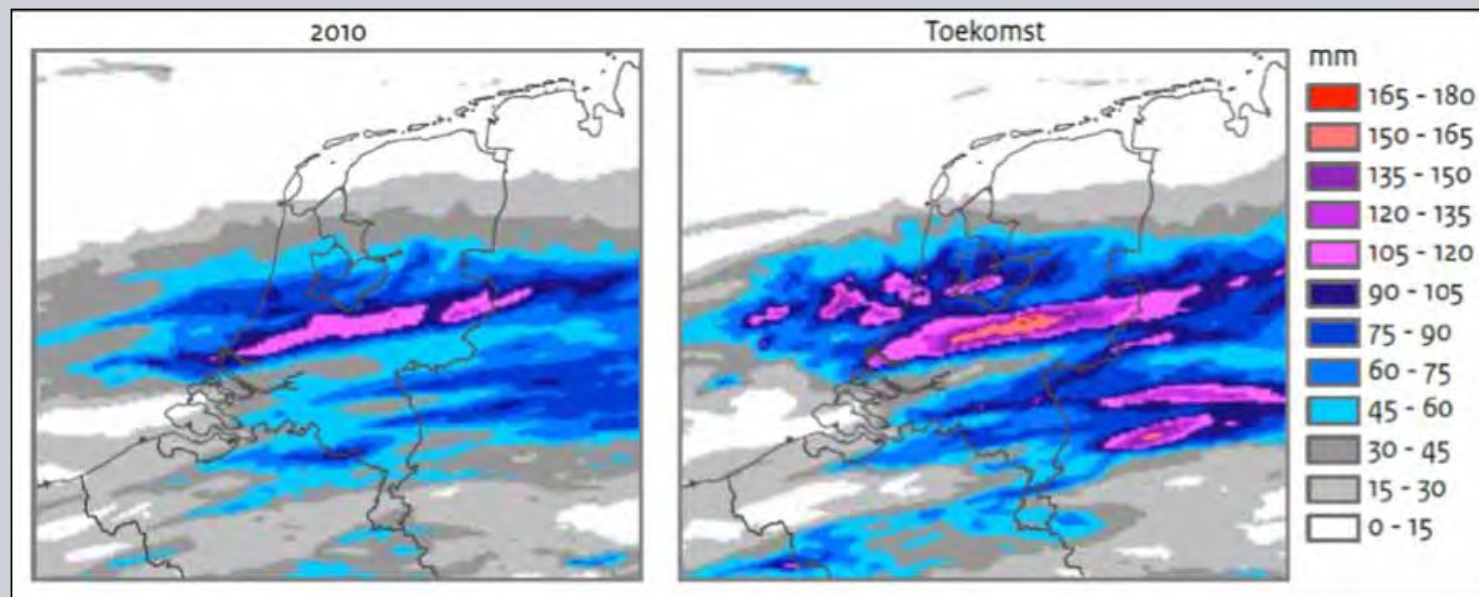
In 's-Hertogenbosch was in 1995 hoogwater op de beken en de Maas. Toen liep de snelweg A2 onder water. Breda heeft in 1998 flinke overstromingen gehad die tot veel schade hebben geleid. Sinds de hoogwaterperioden zijn er aanvullende beschermingsmaatregelen in beide steden.

D *Kan het vaker gebeuren?*

Breda en 's-Hertogenbosch hebben risico op overstromingen vanuit beken en rivieren. De rivieren en beken die deze steden bedreigen worden allemaal gevoed met regenwater. Daarmee zijn de risico's op hoogwater en overstromingen gerelateerd aan veranderingen in de neerslag in de stroomgebieden.

Breda heeft geen risico op overstroming van rivieren zoals de Maas, wel van beken zoals de Mark en de Aa of Weerijs. Breda heeft weinig laag gelegen delen, zodat het effect van overstromingen minder is dan in het westen van het land.

Er blijft nog altijd een (zeer kleine) kans op overstromingen. Het beschermingsniveau is wettelijk vastgelegd.



In deze tekening is een hevige bui van 2010 geëxtrapoleerd naar 2050.

Effect 2 Wateroverlast door hevige neerslag

A Wanneer ontstaat het?

We onderscheiden vier soorten wateroverlast:

1. Bij hevige regenval stroomt de neerslag niet snel genoeg weg en komt er water op openbaar of privégebied te staan. Soms is er sprake van te hoge waterstanden in het oppervlaktewater, verstopte afvoer of beperkte capaciteit van rioleringen. Dat kan per stad en deel van de stad variëren. Dit kan optreden bij de relatief kort en hevige buien die meestal in het zomerhalfjaar voorkomen. Deze buien zijn meestal zeer lokaal en de overlast daarvoor ook vaak.
2. Wateroverlast kan ook optreden door aanvoer van kwel vanuit nabijgelegen rivieren en beken. Het kwelwater stroomt dan via zogenaamde zandbanen in de ondergrond die op grote afstand van de rivier naar boven kunnen komen. Dit gebeurt bij langdurige regen in de brongebieden van de rivieren.
3. Wateroverlast kan optreden door kwel vanuit hoger gelegen gebieden in de regio. Dit is vaak water van goede kwaliteit en constante temperatuur.
4. Tenslotte kan wateroverlast optreden door hoge grondwaterstanden. Als het veel regent gedurende een langere periode, kan het grondwater in bepaalde gebieden zoveel stijgen dat het aan het oppervlak komt. In grondwater gereguleerde gebieden kan dit ook gebeuren als het meer regent dan er weggepompt kan worden,

B Is dat erg?

Wateroverlast kan veel schade en overlast veroorzaken. Door wateroverlast kan de mobiliteit van hulpdiensten belemmerd worden. Spelende kinderen kunnen gezondheidsrisico's lopen als er water uit het riool op straat staat. Ook vochtige woningen door grondwateroverlast zijn een gevaar voor de gezondheid. Kwetsbare voorzieningen zoals ziekenhuizen en energienetwerken kunnen uitvallen.

Water-op-sstraat wordt geaccepteerd als vorm van waterberging, zolang dit niet leidt tot schade of ernstige overlast (o.b.v. advies RIONED)”.

C Is het al gebeurd?

De steden hebben al vaak last gehad van wateroverlast. Recent voorbeeld is de hoosbui van 22 juli 2016, die in de dorpen Bavel en Ulvenhout tot veel overlast heeft geleid.

D Kan het vaker gebeuren?

De kans op wateroverlast zal toenemen door de toename van de winterneerslag in Nederland en in het stroomgebied van de grote rivieren en door de toename van de hevigheid van extreme buien. Ook kan de toename van de jaarneerslag mogelijk zorgen voor hogere grondwaterstanden. Daarom wordt verwacht dat wateroverlast voor de steden een steeds grote knelpunt gaat worden.



Toeristen in Rome zoeken verkoeling in vijver (bron: fotobankna)



Vijver in de wijk in Alphen aan de Rijn is geschikt voor waterberging, zwemmen en spelen (bron: fotobankna)

Effect 3 Hittestress

A Wanneer ontstaat het?

Door de stijging van temperatuur kan de (gevoels)temperatuur overdag en 's nachts toenemen. Bij een hoge luchtvochtigheid worden hoge temperaturen door veel mensen als extra benauwend en stressvol ervaren. Hoge temperaturen overdag kunnen zorgen voor hittestress, maar als deze ook gecombineerd worden met hoge temperaturen 's nachts dan tredt er extra hittestress op. Als de nachttemperatuur boven de 20 graden °C blijft, kunnen veel mensen minder goed slapen en neemt ook de arbeidsproductiviteit af.

Stedelijke gebieden zijn gemiddeld warmer doordat o.a. de donkere wegen en bebouwingen veel warmte vasthouden en 's nachts de warmte minder effectief uitstralen (hitte eiland effect). De energieuitstoot door wegverkeer, airconditioning ed. draagt maar beperkt bij aan het hitte-eilandeffect.

Vegetatie in de stad heeft een verkoelend effect door verdamping en schaduw. Water kan verkoelend werken, maar als het water in de loop van de zomer opwarmt kan het ook een omgekeerd effect hebben. Dit effect is het grootst bij relatief ondiep water dat weinig stroomt.

B Is dat erg?

Door langdurige perioden van hittestress kan er extra sterfte optreden, mede door uitdroging en vermoeidheid. In het begin van een hitteperiode is dit effect beperkt, hoe langer de periode duurt, hoe meer de sterfte toe zal nemen. Vooral bepaalde groepen in de bevolking zijn gevoeliger voor hittestress. Bijv. ouderen ervaren vaak minder goed dorst en zijn daardoor gevoeliger voor uitdroging. Denk verder ook aan uitval van bruggen en andere constructies (spoorrails, wissels) die niet meer goed functioneren vanwege uitzetting van onderdelen als gevolg van de hitte. Door smeltend asfalt kunnen wegen verminderd begaanbaar worden.

C Is het al gebeurd?

Van 's-Hertogenbosch is een hittebeeld gemaakt. Deze kaart toont de relatieve temperatuurverschillen in de stad. Hieruit komen vooral de bedrijventerreinen naar voren als warmere gebieden.

Bekend is de hitteperiode in Parijs in 2003, in 2 weken zijn hier 15.000 mensen aan de hitte overleden (extra t.o.v. de 'normale' sterfte). Ook in Nederland zijn in die zomer extra doden gevallen In Brussel zijn in een week in 2015 410 mensen extra overleden door hitte.

D Kan het vaker gebeuren?

De kans op hittestress zal sterk toenemen door de toename van de temperatuur en dan vooral de relatief sterke toename van de hogere extremen. De temperaturen in de stad nemen waarschijnlijk ongeveer evenveel toe als in het buitengebied. Het effect wordt minder hoog bij een aangepaste ruimtelijke opbouw en inrichting van de stad.





Japanse Duizendknoop (bron: onbekend)



Eikenprocessierups (bron: onbekend)

Effect 4 Afname biodiversiteit en toename plagen*

A Wanneer ontstaat het?

Biodiversiteit of biologische diversiteit is een begrip voor de graad van verscheidenheid aan levensvormen. Door de opwarming van de aarde treedt er een verschuiving op van koudere naar warmere soorten. De soorten verplaatsen zich mee met de verschuivende klimaatzones.

B Is dat erg?

Biodiversiteit zal op langere termijn door klimaatveranderingen verminderen. Hiervoor zijn enkele redenen:

- Sterfte: Door extreme droogte of extreme neerslag kunnen planten en diersoorten sterven door uitdroging, verdrinking of verhongering. Dit laatste kan gebeuren doordat ze geïsoleerd raken en daardoor onvoldoende voedsel kunnen vinden.
- Minder voortplanting: Voortplantingsomstandigheden kunnen verslechteren.
- Verstoring van leefritme: Bij het afwezig blijven van vorst en dus warme winters wordt het natuurlijke ritme van flora en fauna verstoort. Verstoring van winterslapen of winterrust kan tot sterfte leiden.
- Verdrijving door nieuwe soorten: Zuidelijke soorten kunnen zich richting noordelijke gebieden verplaatsen en zich binnen lokale ecosystemen vestigen waar ze (nog) geen natuurlijke vijanden hebben. Hier kunnen ze een plaag vormen, voorbeelden zijn Japanse Duizendknoop, Eikenprocessierups, Amerikaanse rivierkreeft en Aziatische tijgermug.

Op de korte termijn kan een tijdelijke verhoging van de biodiversiteit plaatsvinden. Dan zijn er al nieuwe soorten, terwijl de 'oude soorten' nog niet zijn weggetrokken of uitgestorven. Neemt de biodiversiteit in een ecosysteem af, dan wordt een systeem minder stabiel en kunnen tijdelijke schades en ongunstige omstandigheden niet meer opgevangen en gestabiliseerd worden.

C Is het al gebeurd?

Een lokaal beeld van de verandering van de biodiversiteit is nog niet bekend. Dit komt mede omdat er relatief weinig (langjarige) monitoring is van flora en fauna in de stad.

D Kan het vaker gebeuren?

De biodiversiteit zal in de toekomst sterk afnemen.

Effect 5 **Verslechtering kwaliteit oppervlaktewater**

A Wanneer ontstaat het?

De kwaliteit van het oppervlaktewater kan verminderen door hogere temperaturen, waardoor blauwalgen beter kunnen groeien. Ook kan dit gebeuren doordat vervuilende stoffen via erosie in het water terechtkomen. Dit vindt plaats door wind (winderosie) in droge perioden, en door waterstromen (watererosie) na korte en hevige regenval. Tenslotte ook door te weinig aanvoer en daardoor te weinig doorstroming.

B Is dat erg?

In steden is vermindering van de kwaliteit van het oppervlaktewater vaak een probleem. In eerste instantie zijn de gevolgen merkbaar door onaantrekkelijk water, met veel algen en stank. Ook kan het risico's opleveren voor (huis) dieren en mensen in de vorm van botulisme en blauwalgen.

In aangewezen zwembadwateren en speelwateren (bv waterspeelplaatsen) zijn de risico's voor de volksgezondheid nog groter. Daarnaast kan een slechte waterkwaliteit ook leiden tot economische schade voor de uitbater. In warme perioden is steeds meer behoefte aan recreatiewater die dan ook onder druk staat door de slechte waterkwaliteit.

C Is het al gebeurd?

Stankoverlast, onaantrekkelijk water, blauwalgen en botulisme treden nu al regelmatig op.

D Kan het vaker gebeuren?

De kwaliteit van het oppervlaktewater zal verder gaan verslechteren. Waterschappen, gemeenten en bedrijven doen veel onderzoek naar verbetering van de waterkwaliteit en bestrijding van blauwalgen. Tot op heden is hiervoor echter nog geen sluitende remedie gevonden.



Algen groei (bron: onbekend):



Botulisme (bron: onbekend)

Effect 6 Verdroging

A Wanneer ontstaat het?

Verdroging ontstaat wanneer gedurende langere tijd meer water verdampt en wegstroomt dan wordt aangevuld. Er zijn dan te lage grondwaterstanden.

B Is dat erg?

Droogte kan de kwaliteit van het stedelijk groen negatief beïnvloeden. Groenen natuursystemen die (mede) afhankelijk zijn van grondwater/kwelwater kunnen te maken krijgen met verdroging omdat door de droogte de grondwaterspiegel steeds lager wordt. Er is minder water beschikbaar in het groeiseizoen.

Door droogte kan in de landbouw een verlaging van opbrengsten plaatsvinden. Soms geldt een beregeningsverbod om zoetwater te sparen. De waterstand kan zodanig dalen, dat het open water niet meer gebruikt kan worden als bluswatervoorziening, terwijl bij droogte de kans op (natuur)brand juist toeneemt.

C Is het al gebeurd?

Grondwaterstanden en verdroging worden in stedelijk gebied onvoldoende gemonitord om concrete uitspraken te doen. Tijdens korte (dagen tot maanden) periodes van droogte treedt overduidelijk schade op aan groen en natuur. In 2015 was door het droge voorjaar schade zichtbaar aan begroeiing in de Breda.

D Kan het vaker gebeuren?

Door de toename van temperatuur en straling, neemt de potentiële verdamping toe. In 2 van de vier scenario's neemt de zomerneerslag af en ook het aantal regendagen, waardoor het dan duidelijk droger wordt.



*Verdroogd den-
nenbos (bron:
fotobankna)*



*Verdroogd
stadsgroen
(bron: foto-
bankna)*

Effect 7 Stormen, hagelbuien en windstoten

A Wanneer ontstaat het?

Er zijn verschillende vormen van extreme windsnelheden. We spreken van een storm als er langdurige en harde wind optreedt. We spreken van windstoten als er sprake is van korte en harde wind, met name tijdens onweer. Af en toe treden ook windhozen op.

B Is dat erg?

Stormen en windstoten kunnen veel schade en ongemak veroorzaken. Ze kunnen leiden tot individuele slachtoffers, bij markten en evenementen kunnen veel doden en gewonden vallen (Appelpop). Schade kan ook ontstaan door losgewaaide gevelplaten of andere losgewaaide onderdelen van een constructie. Ook schade aan bebouwing door bomen of constructie onderdelen die op de bebouwing vallen. Ook schade aan vitale infrastructuur (ICT) is mogelijk bij het omwaaien van zendmasten. In natuurgebieden kan het omwaaien van (enkele) bomen gewenst zijn als onderdeel van de natuurlijke dynamiek.

C Is het al gebeurd?

Tot nog toe zijn in Breda en 's-Hertogenbosch geen grote problemen bekend met stormen en windstoten.

D Kan het vaker gebeuren?

Men verwacht meer schade door wind, dit wordt veroorzaakt door de toename van windstoten bij onweer. De gemiddelde en extreme wind tijdens stormen verandert niet significant



*Stormschade
Breda (bron: on-
bekend)*



*Stormschade
Breda (bron: on-
bekend)*

Effect 8 Ongecontroleerde natuurbrand

A Wanneer ontstaat het?

In bos en heidegebieden kan brand ontstaan als er langere tijd weinig of geen neerslag is gevallen. De kans neemt toe bij hogere temperaturen, veelwind en/of een lagere luchtvochtigheid. Spoorbermen liggen vaak hoger en droger dan de omgeving, daardoor kunnen bermbranden ontstaan.

Natuurbranden ontstaan eerder op droge zandbodems, bijvoorbeeld op begroeide stuifduinen. Branden kunnen zich uitbreiden via droge strooisellagen op de grond en in de bodem zelf.

B Is dat erg?

Bosbranden kunnen veel menselijk leed en economische schade veroorzaken, evenals ernstige schade aan flora en fauna.

C Is het al gebeurd?

In de omgeving van Breda hebben de laatste jaren diverse branden plaatsgevonden. In gemeente 's-Hertogenbosch zijn geen ongecontroleerde natuurbranden opgetreden. Veel natuurgebieden rondom de stad zijn natte natuur en dus weinig kwetsbaar voor brand.

D Kan het vaker gebeuren?

De kans op bosbranden neemt toe, als het duidelijk droger wordt in de toekomst. Door de hogere temperaturen, is het te verwachten dan in de toekomst meer mensen verkoeling zoeken in het buitengebied. Daardoor zou ook de kans op bosbranden toe kunnen nemen.

Effect 9 Bodemdaling

A Wanneer ontstaat het?

Door lagere grondwaterstanden kan oxidatie van veenbodems optreden, dat leidt tot een versnelde veenafbraak. Dit zorgt voor inklinking en onherstelbare bodemdaling. De lagere grondwaterstanden kunnen ontstaan door toename van verdamping (door hogere temperaturen) en door waterpeilverlaging in landbouwgebieden.

B Is dat erg?

Bodemdaling is vooral een probleem bij ongelijkmatige zettingen, waardoor fundamente van bebouwingen kunnen breken. Bij veel bodemdaling kan er eerder wateroverlast optreden.

C Is het al gebeurd?

In Breda en 's-Hertogenbosch wordt weinig bodemdaling verwacht. Het bebouwd gebied ligt grotendeels op zand (ophogingen) en nauwelijks op veen of klei.

D Kan het vaker gebeuren?

Bodemdaling kan versterkt worden door de toename van temperatuur en droogte.

Effect 10 Erosie

A *Wanneer ontstaat het?*

Bij kale droge grond kan er bij veel wind erosie optreden, bijv. bij geploegde akkerbouwpercelen of kale stukken in natuurgebieden. Dit kan met name gebeuren na langdurige perioden van droogte.

Ook kunnen er geulen ontstaan door afstromend water na regenval, dit kan gebeuren bij zowel langdurige veel regenval als korte en hevige buien.

B *Is dat erg?*

In Nederland is erosie geen groot probleem. Het kan wel leiden tot schade. Denk ook aan schade aan wegen en anderen infrastructuur bij het wegspoelen van de ondergrond, waardoor er gaten in het wegdek kunnen ontstaan..

C *Is het al gebeurd?*

In Breda en 's-Hertogenbosch niet van toepassing.

D *Kan het vaker gebeuren?*

Watererosie kan toenemen door toename van hevige regenval. Winderosie neemt mogelijk iets toe als het droger wordt.

Effect 11 Paalrot

A *Wanneer ontstaat het?*

Paalrot ontstaat als houten heipalen droog komen te staan, waardoor verrotting kan plaatsvinden.

B *Is dat erg?*

Voor veel Nederlandse steden leidt paalrot tot grote schades. Tilburg, Breda en 's-Hertogenbosch zijn grotendeels op zand gebouwd (natuurlijk of ophoging). Deze steden hebben weinig tot geen last van paalrot.

C *Is het al gebeurd?*

In 's-Hertogenbosch zijn slechts circa 10 panden met houten paalfunderingen. Door de peilbeheerste waterlopen hebben deze tot nog toe altijd voldoende water. Breda heeft geen funderingen kunnen ontdekken die kwetsbaar zijn voor paalrot.

D *Kan het vaker gebeuren?*

De kans op paalrot neemt toe bij verlaging van grondwaterstanden. Het is echter niet helemaal duidelijk wat er onder de KNMI'14 scenario's gebeurt met de grondwaterstanden. De jaarneerslag neemt in alle gevallen toe, maar door meer verdamping en de toename van neerslagextremen kan de aanvulling van grondwater misschien toch minder zijn of kunnen er meer fluctuaties door het jaar optreden in grondwaterstanden.

4 Tool Weerbericht 2050

4.1. Opzet van de tool

In dit rapport is de belangrijkste informatie verzameld om de aard en intensiteit van klimaatveranderingen in Breda, 's Hertogenbosch en Tilburg te kunnen begrijpen en overzien. Ook geeft het inzicht in de klimaateffecten.

In veel situaties is het zinvol om meer specifieke informatie te verkrijgen. Denk aan de volgende vragen:

- Is de kans op het optreden van stormen tijdens de carnavalsoptocht, zoals in 2016, in de toekomst groter als gevolg van klimaatverandering?
- Wordt de zomer van 2003 normaal rond 2050?
-
-

Wat is de tool Weerbericht 2050?

De tool geeft de mogelijkheid om meer gedetailleerde informatie voor de regio te verkrijgen over het huidige en toekomstige klimaat (rond 2050). Hij is bedoeld voor iedereen die wat meer wil weten over wat klimaat verandering zou kunnen betekenen voor zijn/haar specifieke situatie waarbij het weer van belang is.

De tool is “gevuld” met informatie voor de KNMI-waarneemlocatie bij Gilze Rijen, dit in overleg met de betrokken gemeenten. De waarnemingen uit het verleden zijn opgenomen, maar ook tijdreeksen voor de toekomst zijn toegevoegd. Deze data zijn niet direct zichtbaar voor de gebruiker, maar staan op verborgen tabbladen. In een aantal gevallen zijn ook waarnemingen voor andere stations rond Breda, Tilburg en 's Hertogenbosch opgenomen om te laten zien dat de trends vergelijkbaar zijn met die in Gilze Rijen (en in De Bilt).

De tool kan ook “gevuld” worden met waarnemingen en tijdreeksen voor de toekomst voor een andere locatie in de omgeving van de hier genoemde steden of voor een andere locatie in Nederland. Een groot deel van die informatie is te downloaden via de KNMI-website.

Hoe is de tool opgebouwd?

A Opstarten

De startpagina (Samenvatting) geeft een overzicht van de trends en van hieruit kan men direct naar meer gedetailleerde informatie per trend. Voor veel trends is een onderscheid gemaakt naar waargenomen trends in het verleden en verwachte trends in de toekomst. De trends voor de toekomst zijn gebaseerd op de meest recente KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. U kunt bij de meer gedetailleerde informatie komen door te klikken op "Verleden" of "Toekomst" achter de betreffende trend. Vanuit deze tabbladen met meer gedetailleerde informatie kunt u ook direct terug naar de samenvatting.

B Informatie over trends






Op de pagina's met meer gedetailleerde informatie staat boven aan de pagina welke informatie (figuren, tabellen, etc.) er te vinden is. Door op die titels te klikken komt u direct bij de betreffende informatie.

Weerbericht 2050: Gilze Rijen

Weerbericht 2050

Gilze Rijen: het klimaat nu en rond 2050

In de afgelopen eeuw hebben we in Nederland al verscheiden veranderingen in het klimaat waargenomen, m.n. vanaf de jaren '80. De in 2014 uitgebrachte KNMI'14 klimaatscenario's geven aan welke verdere klimaatsveranderingen we in Nederland verwachten. Deze trends zijn in de onderstaande tabel samengevat (linker kolom). Een meer gedetailleerd beeld van de mogelijke veranderingen **rond de steden Breda, Tilburg en 's Hertogenbosch** kan gekregen worden door op kolommen rechts te klikken: "Verleden" voor trends in het verleden, en "Toekomst" voor trends in de toekomst.

		Trend	
		Verleden	Toekomst
1. Temperatuur blijft stijgen		Verleden	Toekomst
2. Zachte winters en hete zomers komen vaker voor		Verleden	Toekomst
3. Jaarneerslag neemt toe		Verleden	Toekomst
4. Toename extreme buien		Verleden	Toekomst
5. Potentiele verdamping neemt toe		Verleden	Toekomst
6. Hoeveelheid zonnestraling neemt licht toe		Verleden	Toekomst
7. Meer droge zomers in twee (GH en WH) van de vier scenario's		Verleden	Toekomst
8. Veranderingen in windsnelheid klein		Verleden	Toekomst
9. Windstoten, hagel en onweer worden heviger		Verleden	Toekomst
10. Zeespiegel blijft stijgen en tempo van de zeespiegelstijging neemt toe		Verleden	Toekomst

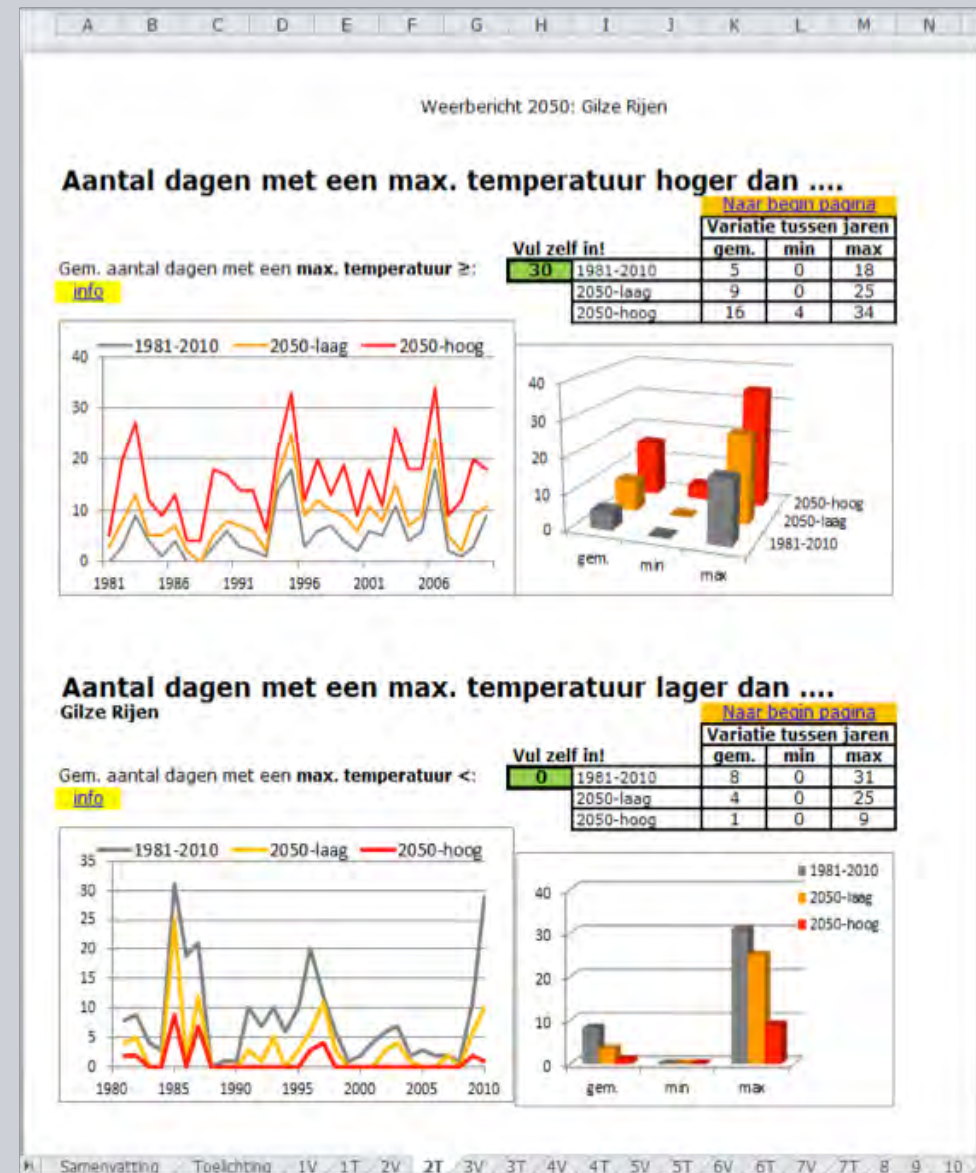
Samenvatting / Toelichting / 1V / 1T / 2V / 2T / 3V / 3T / 4V / 4T / 5V / 5T / 6V / 6T / 7V / 7T / 8 / 9 / 10

C Zelf info invullen

Bij temperatuur en neerslag is een aantal titels van tabellen en grafieken groen gemaakt. Bij deze onderdelen kunt u zelf aangeven wat voor u interessant is, bijv. een bepaalde grenswaarde voor de temperatuur of neerslag of een bepaalde datum in het jaar of in het verleden. Als u deze informatie in de groene vakken aangeeft (in de juiste vorm; zie figuur hiernaast), dan worden de tabellen, grafieken automatisch aangepast, zodat de voor u interessante informatie zichtbaar wordt.

D Achtergronden

Op een apart tabblad is extra informatie en toelichting toegevoegd. Bijv. over hoe de gegevens/grafieken te interpreteren, hoe de gegevens voor de toekomst worden gegenereerd. Daar is ook te vinden waar men terecht kan als men extra vragen heeft. De toelichting bevat ook een aantal van de hieronder genoemde mogelijk interessante links.



4.2 Overzicht van de beschikbare informatie

In het bijbehorende document “Tool Weerbericht 2050” is de onderstaande informatie te vinden voor Gilze Rijen. De onderstreepte titels met ☞ geven aan dat deze figuren en/of tabellen zijn opgenomen in dit rapport. De groene titels met ☑ geven aan dat het gaat om figuren en/of tabellen waar men zelf een grenswaarde of datum kan invullen.

1. Temperatuur blijft stijgen

☞ Verleden: Gemiddelde jaartemperatuur in het verleden voor verschillende stations

☞ Toekomst: Verandering in gemiddelde maximum en minimum temperaturen per jaar en seizoen

☞ Klimatogrammen voor het huidige en toekomstige klimaat

2. Zachte winters en hete zomers komen vaker voor

- Aantal zomerse dagen in het verleden

- Aantal vorstdagen in het verleden

☞ Toekomst: Maximale en minimale dagtemperaturen per jaar

- Toekomst: Stadseffect op de temperatuur: invloed op aantal dagen met een minimumtemperatuur ≥ 20 °C of het aantal dagen met een maximumtemperatuur ≥ 30 °C

☑ Toekomst: Aantal dagen met een minimum temperatuur lager dan

☑ Toekomst: Aantal dagen met een minimum temperatuur hoger dan

☑ Toekomst: Aantal dagen met een maximum temperatuur hoger dan

☑ Toekomst: Aantal dagen met een maximum temperatuur lager dan

☑ Weer/klimaatbericht: maximum en minimum temperatuur vanaf een bepaalde dag in het verleden en in de toekomst

☑ De temperatuur op een bepaalde dag in het verleden. En hoe ziet zo'n dag er in de toekomst uit?

3. Jaarneerslag neemt toe

☞ Verleden: Gemiddelde jaarlijkse neerslagsom

- Toekomst: Gemiddelde en maximale jaarneerslagsom

☞ Toekomst: Gemiddelde, minimum en maximum jaar- en seizoensneerslag

- Klimatogrammen voor het huidige en toekomstige klimaat

☑ Weer/klimaatbericht: gemiddelde en maximum neerslag vanaf een bepaalde dag in het verleden en in de toekomst

☑ De neerslag op een bepaalde dag in het verleden. En hoe ziet zo'n dag er in de toekomst uit?

4. Toename extreme buien

- Verleden: Aantal dagen per jaar met 10 mm of meer neerslag

- Toekomst: Gemiddelde maximale dagneerslag per jaar en maximale dagneerslag

☑ Toekomst: Aantal dagen per jaar met een neerslag hoger dan

☑ Toekomst: Aantal dagen per jaar met een neerslag lager dan

☑ Toekomst: Extreme neerslagstatistiek: neerslaghoeveelheid bij bepaalde herhalingstijd

5. Potentiële verdamping neemt toe

☞ Verleden: Potentiele verdamping (Makkink) per jaar

☞ Toekomst: Potentiele verdamping (Makkink) per jaar

6. Hoeveelheid zonnestraling neemt licht toe

- Verleden: Globale straling per jaar

- Toekomst: Globale straling per jaar en in de zomer

7. Meer droge zomers in twee (GH en WH) van de vier scenario's

☞ Verleden: Gemiddeld maximaal neerslagtekort per jaar

- Verleden: Gemiddelde en minimale daggemiddelde luchtvochtigheid per jaar

☞ Toekomst: Gemiddeld maximaal neerslagtekort per jaar

- Toekomst: Kans op verschillende maximale neerslagtekorten in het huidige en toekomstige klimaat

- Toekomst: Gemiddelde en minimale luchtvochtigheid

8. Veranderingen in windsnelheid klein

☞ Gemiddelde jaarlijkse windsnelheid in het verleden

☞ Verandering gemiddelde en extreme windsnelheid in de winter rond 2050

Aantal dagen met een windsnelheid hoger dan

9. Windstoten, hagel en onweer worden heviger

Maximale windstoot per jaar in het verleden

Maximale windstoot per jaar in de toekomst

Aantal dagen met een windstoot sterker dan

10. Zeespiegel blijft stijgen en tempo van de zeespiegelstijging neemt toe (niet regio-specifiek)

• Zeespiegelstijging in het verleden

Zeespiegelstijging in de toekomst

Bijlage: Links en/of documenten

Huidige klimaat

- Nederland algemeen: www.klimaatatlas.nl
- Extreme neerslagstatistiek Nederland: <http://www.meteobase.nl/> (data en rapport over update 2015 hier te vinden voor rond 2014)
- België: <http://www.meteo.be/meteo/view/nl/6042922-Algemeen+klimaat+Belgie.html>
- Lokale verschillen in klimaat in Nederland (niet weergegeven in de klimaatatlas): <http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubTR/TR323.pdf>
- Klimaatdata Nederland downloaden: <http://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie-metingen-en-waarnemingen>
- Metingen door burgers/weeramateurs: o.a. <https://wow.knmi.nl/>

Toekomstige klimaat en waargenomen veranderingen

- Nederland: www.klimaatscenarios.nl/; http://www.klimaatscenarios.nl/brochures/images/Brochure_KNMI14_NL_2015.pdf
- Extreme neerslagstatistiek Nederland: <http://www.meteobase.nl/> (data en rapport over update 2015 hier te vinden voor rond 2050 en 2085)
- Toekomstige klimaat België: http://www.milieurapport.be/Upload/main/0_Klimaatrapport/2015-01_MIRA_klimaatscenarios_TW.pdf; http://www.milieurapport.be/Upload/main/0_Klimaatrapport/342195_Klimaatrapport%20toegankelijk.pdf
- European Climate Assessment database (waarnemingen in heel Europa, klimatologie, trends, klimaatindices, etc.): <http://www.ecad.eu/>
- Tijdreeksen voor de toekomst in Nederland: http://www.klimaatscenarios.nl/toekomstig_weer/transformatie/index.html

Adaptatiemaatregelen in stedelijk gebied

- Climate app (overzicht adaptatiemaatregelen): <http://www.climateapp.nl/>
- Kennis[ortaal Ruimtelijke Adaptatie: <http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/nl/>

- ROADAPT: overzicht adaptatiestrategieën en maatregelen voor weginfrastructuur: http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/ROADAPT_integrating_main_guidelines.pdf
- Witteveen+Bos, BR424-35/15-003.517 definitief d.d. 27 februari 2015, Eindrapport CIWCC (TM15): ontwikkeling tool Climate Integrated Water Cycle Control System voor Breda.

Stadsklimaat

- Kennis voor Klimaat thema: <http://www.kennisvoorklimaat.nl/stadsklimaat>
- Kennis voor Klimaat case study Tilburg: <http://www.knowledgeforclimate.nl/urbanareas/researchthemeurbanareas/northbrabant>
- Kennis voor klimaat case studies Zuid-Holland: <http://www.kennisvoorklimaat.nl/HSHL05-HSRR04>; <http://www.kennisvoorklimaat.nl/stadsklimaat/HSRR05>
- PBL: biodiversiteit: effecten van klimaatveranderingen voor Nederland/
- Compendium voor de leefomgeving

Bronnen hoofdstuk 3

- KNMI, 2015. KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. Herziene uitgave 2015. KNMI, De Bilt, 36 pp. http://www.klimaatscenarios.nl/brochures/images/Brochure_KNMI14_NL_2015.pdf.
- KNMI/Noordhof, 2011. Bosatlas van het klimaat. <http://www.klimaatatlas.nl/>.

Fotowebsite

- www.fotobankna.nl

Colofon

19 september 2016

Auteurs:

- KNMI: Janette Bessembinder
- GrondRR: Vincent Grond

met medewerking van de overige leden van de projectgroep:

- Gemeente 's Hertogenbosch: Frya Macke en Sander Tax
- Gemeente Tilburg: Petra Mackowiak
- Gemeente Breda: Vincent Kuiphuis en Frans Keulaars, met medewerking van: Merlijn Hoftijzer
- Provincie Noord Brabant: Frank van Lamoen