

# Klimaatstresstest

# Gemeente Heusden

22 april 2020

## Contactpersoon

**SIMONE MOL**  
Adviseur Stedelijk Water

T +31 650736782

M +31 650736782

E [simone.mol@arcadis.com](mailto:simone.mol@arcadis.com) M +31 (0) 6  
5073 6782

E [simone.mol@arcadis.com](mailto:simone.mol@arcadis.com)

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018

5200 BA 's-

Hertogenbosch

Nederland

---

<b>SAMENVATTING</b>	<b>6</b>
Resultaat klimaatstresstest per thema in hoofdlijnen	7
Resultaat sectoranalyse in hoofdlijnen	8
Nieuwsberichten uit de regio over de risico's van klimaatverandering	10
Gemeente Heusden is al goed op weg	10
Aanbevelingen voor vervolg	10
<b>1 INLEIDING</b>	<b>12</b>
1.1 Het klimaat verandert	12
1.2 Verantwoording	13
1.3 Leeswijzer	14
<b>2 WATEROVERLAST</b>	<b>15</b>
2.1 Neerslagpatroon	15
2.2 Water op straat	16
2.3 Overstromingsrisico watersysteem	19
2.4 Grondwateroverlast	21
<b>3 DROOGTE</b>	<b>23</b>
3.1 Neerslagtekort	24
3.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden	24
3.3 Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging	25
3.4 Knelpunten waterkwaliteit	27
3.5 Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade	27
<b>4 HITTE</b>	<b>29</b>
4.1 Zomerse en tropische dagen per jaar	29
4.2 Hittestress door warme nachten	29
4.3 Oppervlaktetemperatuur	30
4.4 Opwarming oppervlaktewater	33
<b>5 OVERSTROMING</b>	<b>35</b>
5.1 Overstromingsdiepte	35
<b>6 AANPAK SECTORANALYSE</b>	<b>37</b>
<b>7 SECTOR WATER EN RUIMTE</b>	<b>38</b>
7.1 Definitie sector en stakeholders	38
7.2 Praktijkervaringen van de gemeente	38

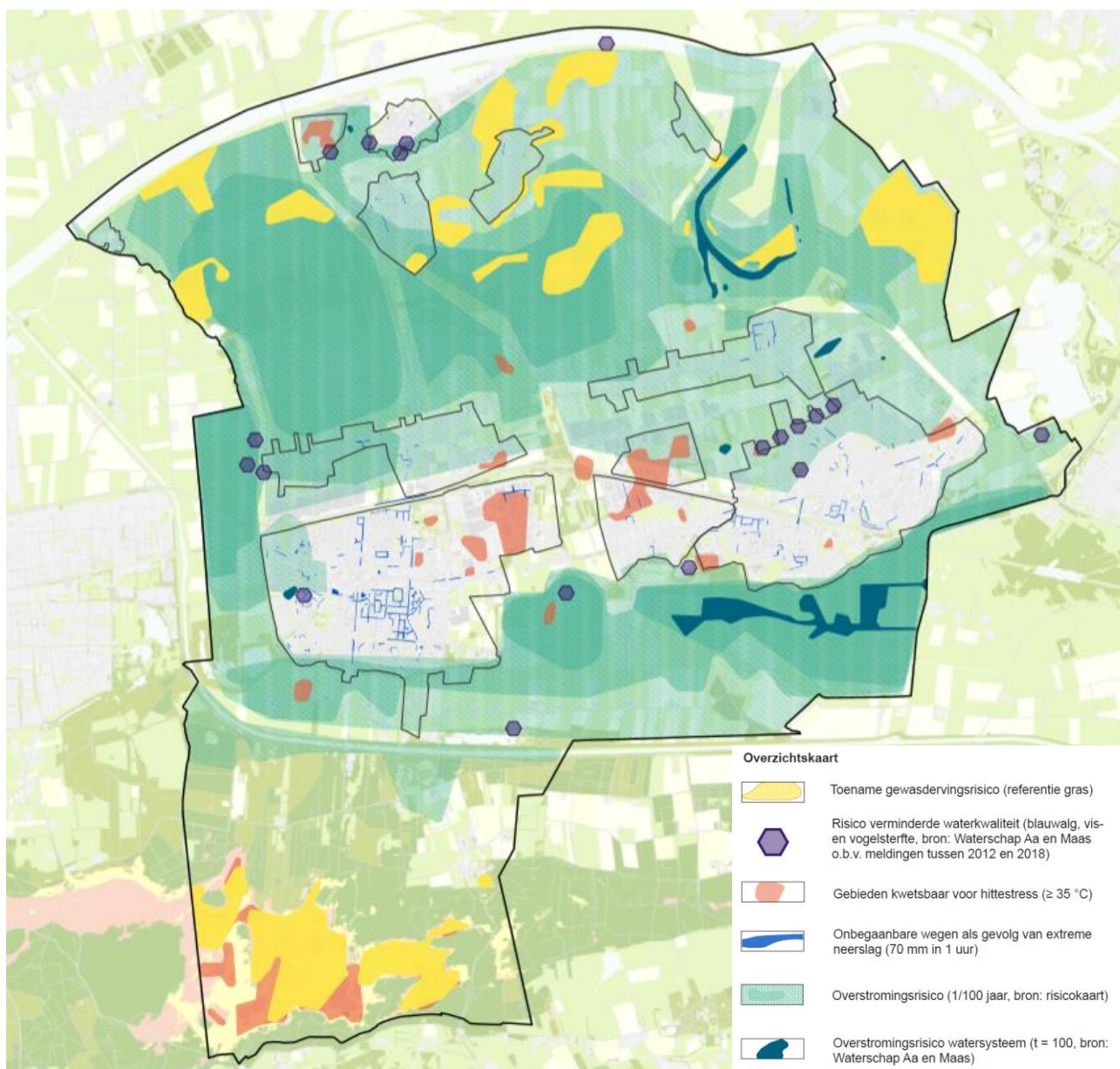
<b>8</b>	<b>SECTOR LANDBOUW, TUINBOUW EN VISSERIJ</b>	<b>40</b>
8.1	Definitie sector	40
8.2	Praktijkervaringen van de gemeente	40
<b>9</b>	<b>SECTOR GEZONDHEID</b>	<b>41</b>
9.1	Definitie sector	41
9.2	Praktijkervaringen van de gemeente	41
<b>10</b>	<b>SECTOR RECREATIE &amp; TOERISME</b>	<b>42</b>
10.1	Definitie sector	42
10.2	Praktijkervaringen van de gemeente	42
<b>11</b>	<b>SECTOR NATUUR</b>	<b>43</b>
11.1	Definitie sector	43
11.2	Praktijkervaringen van de gemeente	43
<b>12</b>	<b>SECTOR INFRASTRUCTUUR</b>	<b>44</b>
12.1	Definitie sector	44
12.2	Praktijkervaringen van de gemeente	44
<b>13</b>	<b>SECTOR ENERGIE</b>	<b>45</b>
13.1	Definitie sector	45
13.2	Praktijkervaringen van de gemeente	45
<b>14</b>	<b>SECTOR INFORMATIE TECHNOLOGIE EN TELECOM</b>	<b>46</b>
14.1	Definitie sector	46
14.2	Praktijkervaringen van de gemeente	46
<b>15</b>	<b>SECTOR VEILIGHEID</b>	<b>47</b>
15.1	Definitie sector	47
15.2	Praktijkervaringen van de gemeente	47
<b>BIJLAGEN</b>		<b>48</b>
<b>BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES</b>		<b>49</b>
A1.	Methodiek wateroverlast als gevolg van extreme neerslag	49
A2.	Methodiek droogte	49
A3.	Methodiek hitte	50
<b>BIJLAGE B KANSEN, BEDREIGINGEN EN SECTOREN</b>		<b>52</b>

Sector Water & Ruimte	52
Sector Landbouw, Tuinbouw en Visserij (LTV)	55
Sector Gezondheid	58
Sector Recreatie & Toerisme	64
Sector Natuur	67
Sector Infrastructuur	70
Sector Energie	72
Sector IT en Telecom	75
Sector Veiligheid	77
<b>BIJLAGE C RESULTATEN WATEROVERLAST</b>	<b>80</b>
C1. Water op straat	80
<b>BIJLAGE D RESULTATEN DROOGTE</b>	<b>81</b>
D1. Kwetsbaarheid verdroging	81
D2. Knelpunten waterkwaliteit	81
D3. Kwetsbaarheid droogte landbouw	81
<b>BIJLAGE E RESULTATEN HITTE</b>	<b>82</b>
E1. Kwetsbaarheid gemeente oppervlaktetemperatuur	82
E2. Kwetsbaarheid kernen oppervlaktetemperatuur	82
E3. Kwetsbaarheid gemeente 'mate van hittestress'	82
E4. Kwetsbaarheid kernen 'mate van hittestress'	82
<b>BIJLAGE F OVERZICHTSKAART KLIMAATEFFECTEN</b>	<b>83</b>

## SAMENVATTING

Het klimaat verandert. De temperatuur gaat omhoog en hittegolven komen vaker voor, het wordt droger en tegelijkertijd wordt de neerslag extremer. De gevolgen hiervan zijn nu al merkbaar via materiële, economische en volksgezondheidsschade. In 2014 is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie vastgesteld waarin gemeenten en ander overheden het doel hebben meegekregen om Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingericht te hebben.

Dit rapport richt zich op de eerste ambitie die in het Deltaplan is aangegeven, namelijk het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de buitenruimte op de vier klimaataspecten: **overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte** en **droogte** en op de impact daarvan op de **9 sectoren**: water en ruimte; natuur; landbouw, tuinbouw en visserij; gezondheid; recreatie en toerisme; infrastructuur; energie; IT en telecom; en veiligheid. De meest kwetsbare locaties voor klimaatverandering zijn weergegeven in Figuur 1, een grote versie van de kaart is te bekijken in Bijlage F.



Figuur 1 Verzamelkaart met de belangrijkste kwetsbare locaties voor klimaatverandering in de gemeente Heusden.

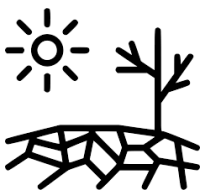
## Resultaat klimaatstresstest per thema op hoofdlijnen

### Wateroverlast



- Intensiteit buien neemt tot 2050 toe met 12 - 25% voor de gemeente Heusden. Dit leidt tot een verhoging van de risico's op wateroverlast, schade aan bebouwing en onbereikbaarheid van wegen.
- De jaarlijkse neerslag neemt in klimaatscenario WH2050 toe met circa 6 %.
- De meest kwetsbare locaties voor wateroverlast in de gemeente Heusden bevinden zich in de kernen Drunen, Vlijmen en Nieuwkuijk, met waterschade aan panden en onbegaanbaarheid van wegen als gevolg.
- De kans op grondwateroverlast neemt in stedelijk gebied in klimaatscenario WH2050 toe met circa 10 cm. Er zijn al meldingen gemaakt van verschillende parkeerkelders en kruipruimten met wateroverlast. In de noordelijke kernen van de gemeente Heusden bemoeilijken hoge grondwaterstanden de realisatie van bergings- en infiltratievoorzieningen.

### Droogte



- Het neerslagtekort stijgt van 210-270 mm naar 300-330 mm in 2050 en de periode zonder neerslag worden langer.
- Droogte kan gewasschade veroorzaken als de watertoevoer beperkt wordt en er een beregeningsverbod wordt ingesteld. Stedelijk groen, parken en bermen zijn bij droogte kwetsbaar voor schade/uitval.
- Het risico op (natuur)branden neemt toe. Voor de gemeente Heusden speelt dit specifiek in de Loonse en Drunense duinen.
- Bij langdurige droogte ontstaat schade aan oevers en watergangen waardoor oevervegetatie uitvalt, daarnaast zijn waterpartijen nu al gevoelig voor waterkwaliteitsproblemen zoals bijvoorbeeld blauwalg.
- Er zijn bij het Waterschap en gemeente Heusden meerdere meldingen van vis- en vogelsterfte door droogvallen en/of verslechterde waterkwaliteit bekend.
- Neerslagtekort met droogval en waterkwaliteitsproblemen als gevolgen, heeft tevens invloed op gezondheidsklachten en beperkt recreatieve mogelijkheden.

### Hitte



- Van 3 tot 6 tropische (>30° C) dagen in het huidige klimaat naar 15 tot 18 tropische dagen in 2050.
- Hittestress door warme nachten neemt toe van enkele dagen tot enkele weken per jaar in 2050. Hittestress kan onder andere leiden tot gezondheidsklachten en/of concentratieproblemen.
- In het gemeentelijke warmtebeeld is te zien dat Heesbeen, het oosten van Drunen, het noorden van Nieuwkuijk en de Loonse en Drunense duinen als hittegevoelig naar voren komen. Het gaat hier met name om industriegebieden, sportparken en stedelijk gebied.
- Er zijn bij het Waterschap meerdere meldingen van blauwalg in en om de Geersloot in Vlijmen en de vestingsgracht van Heusden bekend. Gevolgen zijn naast vissterfte ook kans op gezondheidsproblemen.

### Overstroming



- De gemeente Heusden is kwetsbaar voor overstroming. De kans op overstroming is klein, echter zijn de gevolgen bij een overstroming met een herhalingskans van eens in de honderd jaar groot. Vrijwel in het volledige noordelijke deel (grondgebied boven de A59) alsook het grondgebied ten zuiden van Drunen, Nieuwkuijk en Vlijmen tregen waterniveaus op tot 5,0 meter. De kernen en de Loonse en Drunense duinen zijn hoger gelegen en blijven grotendeels droog.
- Bij een dergelijke overstroming is er een kans dat mensen gewond raken of zelfs overlijden, daarnaast ontstaat er economische schade aan gebouwen en infrastructuur en maatschappelijke ontwrichting.
- Evacuatie is de enige mogelijke maatregel bij een dergelijke overstroming, waarbij de veiligheidsregio de lead heeft.
- Goede dijken en het borgen van de stabiliteit en kwaliteit van deze dijken in gemeentelijke plannen en ruimtelijke ontwikkelingen is van groot belang om het Waterschap en de veiligheidsregio te ondersteunen in het versterken van waterkeringen, zodat de overstromingskans in de toekomst (nog) kleiner wordt.

## Resultaat sectoranalyse op hoofdlijnen

### Water en Ruimte



- Grote delen van de gemeente Heusden maar, met name Vlijmen en Drunen, zijn kwetsbaar voor wateroverlast.
- De gemeente Heusden is met name kwetsbaar door de verdrongen riooloverstorten op watergangen (interactie oppervlaktwatersysteem).
- Poeltjes in de Loonse en Drunense duinen vertonen waterkwaliteitsproblemen en droogval.
- Funderingsschade door droogte wordt binnen de gemeente Heusden niet herkend.
- Door hitte is er een verminderde vraag naar tuinen op het zuiden.
- Bewerkbaarheid van gronden in omgeving (Oud)Heusden na natte periode slecht, waardoor beheer en onderhoud lastig is.

### Landbouw, tuinbouw en visserij



- De gemeente Heusden is de dans op gebied van droogte en wateroverlast tot nu toe nog redelijk ontsprongen. Grote schades door extreme neerslag zijn nog niet voorgekomen.
- Door het poldersysteem is er nog voldoende watertoevoer en zijn beregeningsverboden slechts enkele keren afgegeven, echter wordt verwacht dat beregeningsverboden in de toekomst zullen toenemen.
- De tuinbouw heeft echter wel een enorm contrast met het eigen land en de naastgelegen bossen geconstateerd, welke wel stonden te verdorren tijdens langdurige periode van droogte.

### Gezondheid

- Risico's van klimaatverandering op gezondheid worden door de gemeente Heusden erkend, zoals de toenemende kans op infectieziektes door bijvoorbeeld de blauwalg die nu al in behoorlijk wat wateren binnen de gemeente voorkomt.





- Een visie en beleid op gezondheid in relatie tot klimaatverandering ontbreekt echter nog binnen de gemeente. Met name de openbare ruimte heeft een belangrijke rol in klimaatadaptatie en het beperken van gezondheidsrisico's, waarbij aan thema's als biodiversiteit, tempering van hitte en het voorkomen van water op straat uit rioolstelsels moet worden gedacht.

## Recreatie en Tourisme



- Toename recreatie en toerisme bij extreme hitte wordt binnen de gemeente herkend. Hoewel niet alle locaties specifiek zijn ingericht als zwemwater, zijn De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roeivijver belangrijke recreatiegebieden.
- Een verslechterde waterkwaliteit door aanwezigheid van blauwalg wordt herkend. In de afgelopen 10 jaren is de hoeveelheid alsook de periode van blauwalg in de grotere wateren en de Afgedamde Maas toegenomen.
- Recreatie en evenementen zijn in toenemende mate kwetsbaar van klimaatextremen zoals neerslag, onweer en hitte.

## Natuur



- Toename kans (natuur)brand in onder andere de Loonse en Drunense duinen, waardoor ook de kwaliteit en kwantiteit van bluswater aandachtspunten zijn.
- Verdroging van kwetsbare natuur zoals in bijvoorbeeld het Vlijmens Ven.
- Droogte is voelbaar bij openbaar groen, het herplanten (van bomen) is echter vaak lastig door de drukte in de ondergrond.
- Toename kans op overleven van exoten, zoals bijvoorbeeld de grote waternevel.
- Toename kans op overlast door plaagdieren, zoals bijvoorbeeld de eikenprocessierups.

## Infrastructuur



- Schade aan het wegdek door droogte en hitte, zoals aan de vestingwallen en panden door verzakking alsook uitzettende betonplaten onder de A59.
- In Hedikhuizen hebben bewoners gevraagd om anderskleurig asfalt in verband met hittestress en schade aan het wegdek.
- Mogelijk een wateroverlast probleem bij Wolput (afslag A59 ter hoogte van Vijfhoeven) ten tijde van extreme neerslag.

## Energie, Informatie Technologie & Telekom en Veiligheid



- De effecten voor deze sectoren acteren overwegend op regionale schaal. Voor de sectoren energie en IT & Telekom gaat het met name om schade aan kabels en leidingen.
- Op lokale schaal speelt kwetsbaarheid van gemeentelijke ICT voorzieningen (hitte en overstrooming).
- Op het thema veiligheid is de bereikbaarheid tijdens extreme neerslagsituaties een risico.

## Nieuwsberichten uit de regio over de risico's van klimaatverandering

Nieuws van de boswachter

### Door droogte extra risico op vallende takken bij harde wind

08 AUGUST 2019 | SIMONE PRINSEN

Volgens de weersvoorspellingen gaat het komend weekend flink waaien. Door de harde wind kunnen er takken uit de bomen vallen. Bomen langs paden worden door onze boswachters regelmatig gecontroleerd. Dode takken worden uit veiligheidsoverwegingen verwijderd. Vanwege de droogte laten een aantal boomsoorten echter nu ook op het oog gezonde takken ineens vallen.



#### OPGELET BLAUWALG IN DE NIEUWKUIJKSE WIEL

Zojuist bericht ontvangen dat een hond ziek is geworden na het zwemmen in de Nieuwkuijkse wiel. Volgens de dierenarts is de oorzaak blauwalg.



▲ Bert van Opzeeland bij een dassenburcht. © Gert-Jan Buijs/BD

### Groei dassenpopulatie stagneert door droogte

2018 was geen best jaar voor de dassen in de Loonse en Drunense Duinen en omgeving. Voor het eerst vlakke de groei van het aantal dassen af. Oorzaak: Droogte.

Gert-Jan Buijs 09-01-19, 07:34 Bron: BD



Een rampjaar? Zo ver wil Bert van Opzeeland uit Vlijmen niet gaan. Hij is coördinator van de dassenwerkgroep Loonse en Drunense Duinen en omgeving. Maar de groei van de populatie is in één klap behoorlijk afgevlakt. En dat komt puur door de extreem droge zomer. „En ik denk dat dit ook nog door zal werken in 2019.”

Figuur 2 krantenartikelen uit de regio waaruit risico's ten aanzien van droogte en waterkwaliteit naar voren komen

## Gemeente Heusden is al goed op weg

Op een aantal beleids- en beheersvelden worden al stappen gezet om de gemeente Heusden robuuster en klimaatbestendiger in te richten, zo geldt bijvoorbeeld dat voor wateroverlast, maar ook de andere klimaatthema's slimme combinaties worden gemaakt, waarbij ruimte voor zon, wind en klimaatverandering worden gecombineerd. Een goed voorbeeld is het Geerpark, een nieuwbouwtwikkeling waar ruimte voor groen, water, biodiversiteit en het combineren van functies is meegenomen. En ook Dillenburg, waar grasbetontegels zijn gebruikt voor een parkeerplaats om zodoende de waterdoorlatendheid te vergroten. Tevens loopt in Venne-Oost (herinrichting van de Admiraalsweg) een project om de wijk klimaatbestendig in te richten met onder andere minder particuliere verharding, meer groen en biodiversiteit.

Deze kwetsbaarhedenanalyse brengt de kwetsbare locaties binnen de gemeente Heusden in kaart, waardoor hopelijk nog meer van deze slimme combinaties kunnen worden gerealiseerd.

## Aanbevelingen voor vervolg

De uitkomsten van de kwetsbaarheidsanalyse van deze stresstest kunnen verder worden gebruikt ter bevordering van de bewustwording, agendering, en ter prioritering van bepaalde thema's. De stresstest is een opmaat naar ambitie 2 uit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie; het voeren van risicodialogen en het opstellen

van een strategie. Met de risicodialogen kan worden toegewerkt naar een adaptatiestrategie en een gezamenlijke klimaatagenda in 2020.

#### Richting het voeren van risicodialogen

Met het bestuurlijk commitment aan de agenda klimaatadaptatie kan er naar een gezamenlijke klimaatagenda worden toegewerkt. Een belangrijke volgende stap is de risicodialoog. Veel partijen zullen betrokken moeten worden bij de gezamenlijke zoektocht naar maatregelen, oplossingen en meekoppelkansen. Hiertoe dient eerst een inventarisatie en analyse van belanghebbenden uitgevoerd te worden. Deze stakeholderanalyse brengt in kaart hoe het speelveld van ruimtelijke adaptatie er in de gemeente uitziet en op welke manier relevante partijen het beste betrokken kunnen worden. Wanneer duidelijk is wie de belangrijkste stakeholders zijn, kunnen de risicodialogen worden geselecteerd en geformuleerd. Welke risicodialogen er worden gevoerd, en wie daarbij worden betrokken, is afhankelijk van welke thema's prioriteit hebben.

Vanuit de voorliggende klimaatstresstest zijn de volgende klimaatdialogen geïdentificeerd:

1. Hoe kijken mensen en organisaties in Heusden naar klimaatverandering en wat doen ze er aan?
2. Bedrijventerreinen gebiedsdialogen
3. Landbouw en Natuur, een sectordialoog
4. Gemeentelijk klimaatadaptatiebeleid, een beleidsdialoog
5. Bebouwde omgeving en ontwikkelaars, een beleidsdialoog
6. Bestuurlijke dialoog om richting te geven aan de beleidsvorming t.a.v. de klimaatopgave

In de risicodialogen worden de opgave en ambities besproken en worden gezamenlijk mogelijke oplossingen en maatregelen verkend en onderzocht. Uiteindelijk leidt dit tot het opstellen van een gezamenlijke klimaatagenda.

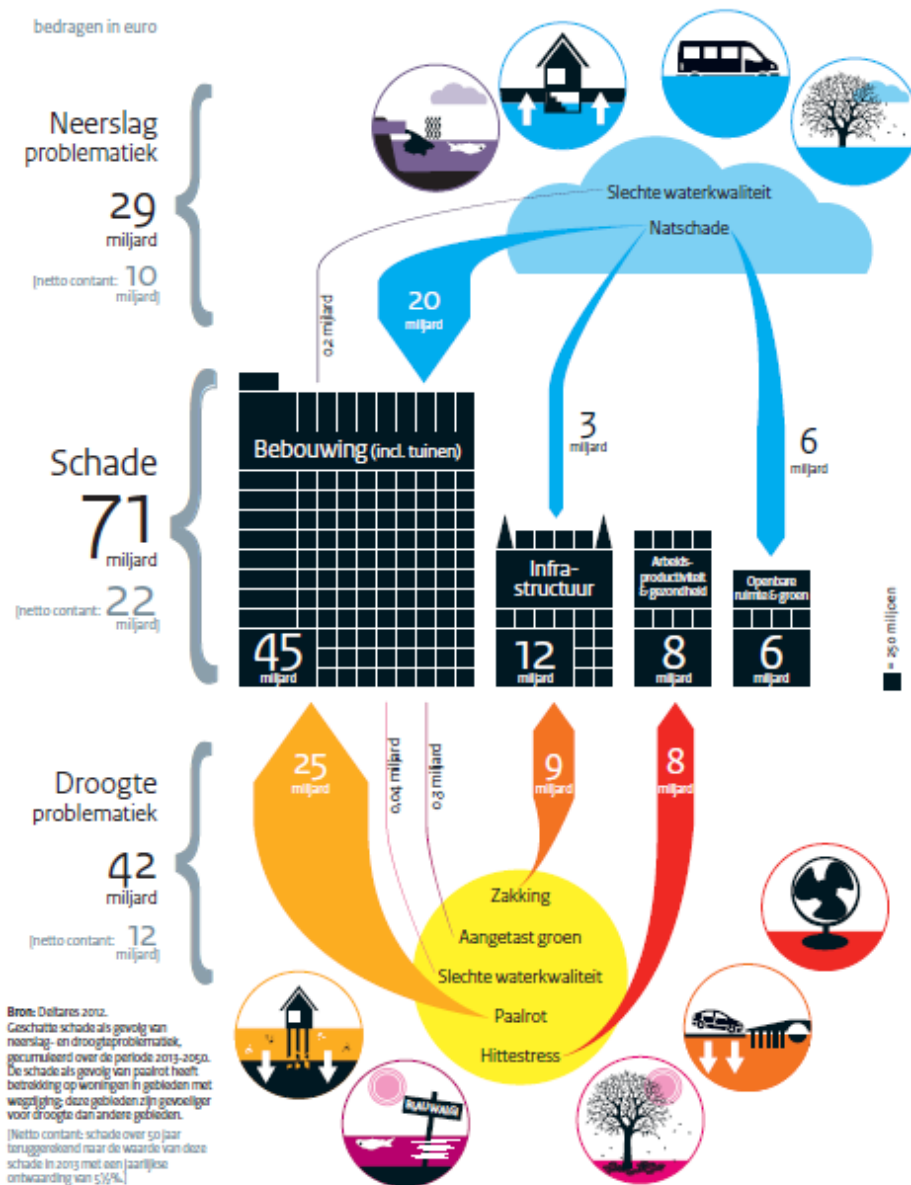
Daarnaast zijn er op regionale schaal (vanuit de watersamenwerkingen en vanuit de REKS) risicodialogen in gang gezet. Zo vinden er gesprekken plaats met Nutsbedrijven, de GGD, natuurbeheer organisaties en kennisinstituten. Deze zullen meegenomen worden in de bestuurlijke dialoog van punt 6.

# 1 INLEIDING

## 1.1 Het klimaat verandert

Het klimaat verandert. De temperatuur gaat omhoog en hittegolven komen vaker voor, het wordt droger en tegelijkertijd wordt de neerslag extremer. De gevolgen hiervan zijn nu al merkbaar via materiële, economische en volksgezondheidsschade. Volgens een recent gepubliceerd onderzoek (The Lancet rapport, 2018) is klimaatverandering het grootste gevaar voor de volksgezondheid: "Snelle klimaatverandering heeft ernstige gevolgen voor elk aspect van het menselijk leven, waardoor kwetsbare bevolkingsgroepen worden blootgesteld aan extreme weersomstandigheden, besmettelijke ziekten en verandering van de voedselzekerheid. De beschikbaarheid van veilig drinkwater en schone lucht komt in gevaar." De kosten van de klimaatopgave in Nederland zijn becijferd op €71 miljard tot 2050 (Manifest Klimaatbestendige stad, 2013). Om een prettig leefbare omgeving te behouden moeten we nu aan de slag!

### De Klimaatbestendige stad Opgaven



Figuur 3 Klimaatopgaven en kosten (bron: Manifest Klimaatbestendige stad. Coalities klimaatbestendige stad, 2013)

Het besef groeit dat dit niet meer uitsluitend met technische maatregelen is op te vangen (bijvoorbeeld grotere rioolbuizen of mechanische koeling), maar dat een integrale aanpak noodzakelijk is. Hierdoor kan een verbetering van de leefomgeving worden bereikt en kunnen toekomstige maatschappelijke kosten worden vermeden. Hoe dan ook, het veranderende klimaat zal meer en meer een ruimtelijk vraagstuk zijn. Hierbij is er een grote behoefte aan meer groen en meer ruimte voor water.

Het aanpassen aan een veranderend klimaat (adaptatie) is een geleidelijk proces waarbij elke ingreep in de openbare ruimte kan worden aangewend om de klimaatbestendigheid te verhogen. Aangezien in de bebouwde omgeving vrijwel continu wordt geïnvesteerd in de openbare ruimte is het goed om te weten wat kwetsbare locaties zijn en welke oplossingsrichtingen voorhanden zijn. Investerings van nu dienen bestand te zijn tegen de toekomstige effecten van extreem weer.

### Mitigatie en adaptatie

Mitigatie zijn maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen en er zo voor te zorgen dat de temperatuurstijging beperkt blijft (het voorkomen van verdere klimaatverandering). Naast mitigatie is aanpassing aan klimaatverandering nodig: klimaatadaptatie. Het gaat daarbij om het verminderen van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering, het verkleinen van de uiteindelijke effecten en het benutten van kansen die een veranderend klimaat biedt. Deze rapportage heeft vooral betrekking op klimaatadaptatie.

## 1.2 Verantwoording

In 2014 is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie vastgesteld waarmee gemeenten en andere overheden het doel hebben gekregen om Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingericht te hebben. Daarnaast is in dezelfde Deltabeslissing aangegeven dat in 2020 klimaatbestendigheid in beleid en handelen verankerd moet zijn bij alle overheden. Om overheden houvast te geven bij het invulling geven aan de Deltabeslissing<sup>1</sup> is op Prinsjesdag 2017 het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie gelanceerd. Het Deltaplan kent zeven ambities, tussendoelen en een planning om te komen tot een klimaatbestendig en waterrobuuste inrichting. De eerste ambitie "Kwetsbaarheid in beeld brengen" voor de vier klimaataspecten overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte, dient uiterlijk in 2019 te zijn afgerond. Vervolgens worden gemeenten geacht om in 2019/2020 risicodialogen te voeren met alle relevante stakeholders, een klimaatadaptatie-strategie op te stellen, een uitvoeringsagenda gereed te hebben en beleid op klimaatadaptatie te hebben vastgesteld. De ambities uit het Deltaplan zijn de volgende:

1. Kwetsbaarheid in beeld brengen
2. Risicodialoog voeren en strategie opstellen
3. Uitvoeringsagenda opstellen
4. Meekoppelkansen benutten
5. Stimuleren en faciliteren
6. Reguleren en borgen
7. Handelen bij calamiteiten



Figuur 4 Zeven ambities van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (bron: Deltaprogramma 2018. Ministeries van IenM en EZ, 2018)

<sup>1</sup> Voor de volledigheid dient te worden vermeld dat er naast het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie in 2016 de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) is uitgekomen. Waar het Deltaplan zich richt op het nemen van ruimtelijke maatregelen, zijn de maatregelen en thema's binnen de NAS voornamelijk niet-ruimtelijk van aard (bijv. inzet zorg bij hitte). De NAS richt zich dan ook op de sectoren, ketens, thema's en klimaatrisico's die niet in het Deltaplan aan bod komen.

Dit rapport richt zich op de eerste ambitie die in het Deltaplan is aangegeven, namelijk het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de buitenruimte op de vier klimaataspecten: **overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte** en op de impact daarvan op de negen sectoren: water en ruimte; natuur; landbouw, tuinbouw en visserij; gezondheid; recreatie en toerisme; infrastructuur; energie; IT en telecom; en veiligheid. Het doel van de eerste ambitie is om via een eerste, volledige en eenduidige analyse het inzicht en de bewustwording bij gemeenten te vergroten. Tevens beoogt deze ambitie een (bestuurlijke) agendering van de klimaataspecten en de vervolgstappen die genomen dienen te worden na het in beeld hebben van de kwetsbaarheden. Deze klimaatstresstest is hiermee input voor de volgende stappen van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie: risicodialoog voeren en strategie opstellen.

Voor het uitvoeren van de klimaatonderzoeken is gebruik gemaakt van de door Arcadis ontwikkelde KlimaatTRAP. Daarnaast is gebruik gemaakt van de studies in de Klimaateffectatlas, die analyses voor heel Nederland bevat voor het huidige klimaat en voor KNMI klimaatscenario WH2050.

### **KNMI klimaatscenario WH2050**

Hoe ons toekomstig klimaat er precies uit zal zien is onzeker. Op basis van de wereldwijde temperatuurstijging heeft het KNMI vier klimaatscenario's ontwikkeld voor Nederland. In de G-scenario's (gematigde temperatuurstijging) is er sprake van 1°C mondiale temperatuurstijging en in de W-scenario's (warm) 2°C, in 2050 ten opzichte van het 10 jaar langjarig gemiddelde van 1981-2010. In de GH- en de WH-scenario's is ook sprake van verandering van luchtstromingspatronen waardoor bijvoorbeeld de zomers droger worden.

## **1.3 Leeswijzer**

In deze rapportage zijn de effecten van klimaatverandering voor de gemeente Heusden weergegeven. De rapportage bestaat uit twee delen. Het eerste deel loopt tot en met hoofdstuk 5 en gaat in op de kwetsbaarheid van de vier klimaataspecten: wateroverlast door hevige neerslag, droogte, hitte en overstromingen. Het tweede deel behandelt de impact van deze klimaataspecten op de negen sectoren: water en ruimte, natuur, landbouw, tuinbouw en visserij, gezondheid, recreatie en toerisme, infrastructuur, energie, IT en telecom en veiligheid. De rapportage sluit af met conclusies en aanbevelingen voor het vervolgtraject: het voeren van risicodialogen en het opstellen van een klimaatadaptatiestrategie.

## 2 WATEROVERLAST

Met het veranderende klimaat verandert ook het neerslagpatroon. In de meeste gevallen is de verwachte toename in het jaarvolume neerslag beperkt, maar neemt vooral de intensiteit van de buien toe. De riolering, hemelwaterafvoer en drainage kunnen de grote hoeveelheid water in korte tijd dan niet altijd tijdig verwerken. Het overtollige regenwater kan in bebouwde gebieden, gebieden met ondoorlatende grondsoorten en verhardingen vaak moeilijk infiltreren in de bodem, met water op straat of maaiveld als gevolg. Bij een hevige bui stroomt het water naar de laagstgelegen gebieden waar mogelijk wateroverlast kan ontstaan. Door deze ontwikkeling zal in de toekomst de kwetsbaarheid van bebouwde- en landelijke gebieden voor regenwateroverlast toenemen.

Wateroverlast kan tot zowel ernstige sociale (gezondheidsrisico's door gemengd water op straat; beperkte beschikbaarheid wegen, spoorwegen en hulpdiensten; ongevallen) als economische (overstromingen van huizen / productie-installaties) gevolgen leiden. De toenemende kans op water op straat gebeurtenissen kan daarnaast vaker voor (kleinschalige) hinder zorgen. Zo kunnen verschillende sectoren onder druk komen te staan door wateroverlast. De impact op alle negen sectoren staat beschreven in de hoofdstukken 6 t/m 15.

Om de kwetsbaarheden van de gemeente Heusden met betrekking tot wateroverlast in beeld te brengen zijn onderstaande aspecten onderzocht. De paragrafen hieronder behandelen elk één aspect.

- Neerslagpatroon
- Water op straat
- Grondwateroverlast

Voor de analyses is gebruik gemaakt van het hydraulische rioolmodel van de gemeente Heusden en de Klimateffectatlas.

### 2.1 Neerslagpatroon

Zoals eerder vermeld is één van de gevolgen van klimaatverandering dat hevige regenbuien vaker voor zullen komen en vooral intenser zullen worden. Volgens het KNMI neemt tot 2050 de intensiteit van hevige regenbuien met 12 tot 25% toe. Deze toename hangt samen met de temperatuurstijgingen, omdat warmere lucht meer waterdamp kan bevatten. Hierdoor zal in de toekomst de kwetsbaarheid van bebouwde gebieden voor regenwateroverlast verder toenemen. Dat betekent dat dezelfde (of zelfs een grotere) hoeveelheid neerslag in een kortere tijdsperiode valt (met name in de zomer), of dat het juist langdurige zware regenval betreft (met name in de herfst en winter). Uit KNMI-scenario's (2014) blijkt dat de verwachte hoeveelheden jaarneerslag met circa 50 mm zullen toenemen in 2050 (Tabel 1).

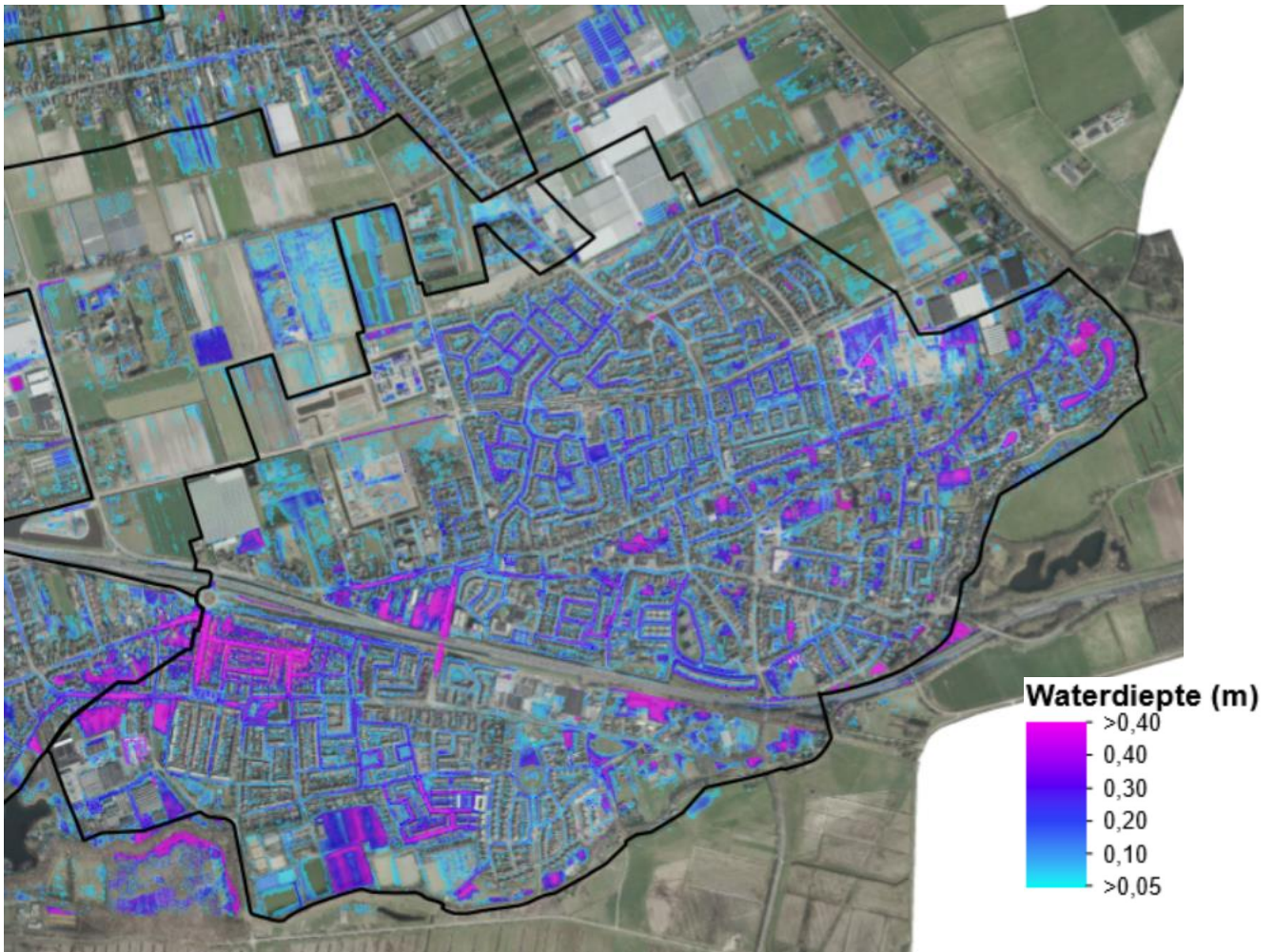
Tabel 1 Neerslagpatroon KNMI '14 klimaatscenario's huidig klimaat en WH2050; resultaten voor de gemeente Heusden

	Huidig	WH 2050
Jaarlijkse neerslag	800-850 mm	850-900 mm

Tabel 2: Standaarden klimaatbuien voor stresstest (bron: Stichting Rioned)

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingstijd [jaar]			
			Huidig klimaat	2030	2050	2085
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	60
		90	500	400	250	150
	2 uur	160	2000	1500	1000	600

Vooraf een toenemende frequentie van intensieve neerslag vergroot de kans op wateroverlast. Uit Tabel 2 blijkt dat de herhalingstijd in de toekomst sterk zal afnemen, wat betekent dat de kans op extreme buien dus sterk zal toenemen. Een voorbeeld van wateroverlast bij zo'n extreme bui (160mm/2uur) is weergegeven in Figuur 5 (volgende pagina).



Figuur 5 Wateroverlast kern Vlijmen: water op straat in meter waterdiepte bij een extreme bui van 160mm in 2 uur tijd.

## 2.2 Water op straat

Voor het analyseren van de kwetsbaarheid van de gemeente Heusden voor extreme neerslag is de bebouwde omgeving blootgesteld aan de in Tabel 2 weergegeven buien (zie vorige pagina). Dit zijn zogenoemde theoretische buien: neerslaggebeurtenissen van 70 mm in 1 uur, van 90 mm in 1 uur, en van 160 mm in 2 uur. Met het gebruik van deze neerslaggebeurtenissen met verschillende intensiteiten en duur, wordt in beeld gebracht waar, wanneer en bij welke intensiteit in de wijk water wordt verzameld. Middels een rioleringsmodel is vervolgens berekend waar 'water op straat' optreedt. Dat levert 2 zaken op: ten eerste kunnen we stellen dat bij meer dan 20 cm water op straat het aannemelijk is dat er water in gebouwen zal komen. We zien dat dat in verschillende kernen maar met name in Drunen, Vlijmen, Nieuwkuijk, Oudheusden en Heusden aan de orde is. Omdat we niet weten wat het vloerpeil van gebouwen is gaan we er hier vanuit dat als een weg onbegaanbaar is er tevens een reëel risico is op waterschade in gebouwen. Ten tweede is er een doorkijk gemaakt naar de begaanbaarheid van wegen. De methode van deze analyse is beschreven in Bijlage A en de rekenresultaten van wateroverlast zijn weergegeven in Bijlage C.

Als voorbeeld is op de volgende pagina in Figuur 6 een kaart voor de begaanbaarheid van wegen als gevolg van wateroverlast (bij 70 mm bui) in de kern Vlijmen weergegeven.





Figuur 6 Begaanbaarheid wegen als gevolg van wateroverlast bij een 70 mm bui in de kern Vlijmen.

### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

Onderstaand is per kern benoemd welke locaties op basis van de modelresultaten gevoelig zijn voor wateroverlast bij een neerslaggebeurtenis van 70 mm. Daarnaast is een analyse gemaakt waarin de begaanbaarheid van wegen en water tegen/in gebouwen in kaart gebracht wordt.

#### Doeveren

Uit de analyse blijkt dat er enkel vier locaties aan de zuidkant van de Dorpsstraat zijn waar gering water op straat kan optreden. De begaanbaarheid van de aanwezige wegen is tijdens deze neerslaggebeurtenis van 70 mm dan ook voldoende.

#### Drunen

De kern Drunen heeft tijdens een neerslaggebeurtenis van 70 mm de meeste slechte begaanbare en onbegaanbare wegen van de kernen in de gemeente Heusden:

- De meeste slecht en onbegaanbare wegen zijn gelegen ten zuiden van de Grotestraat. Het overgrote deel van de wegen in de wijk Venne-Oost (incl. Torenstraat, Admiraalseweg) zijn onbegaanbaar.
- Ook in de aangrenzende wijk Het Sempke zijn veel wegen slecht begaanbaar. Zo zijn de Rubenslaan, de Frans Halslaan en de daarbinnen gelegen plantsoenstraten onbegaanbaar.
- Overige voorbeelden van onbegaanbare wegen in Drunen zijn de straten rondom het noorden van het Breeveldpark, de Dillenburgerstraat, Stationsstraat, Zonnebloemlaan, Christiaan Huygensweg en Simon Stevinlaan in het bedrijventerrein.

#### Elshout

In de kern Elshout zijn de volgende wegen onbegaanbaar:

- De kruising van de Bredenkampweg en de Mariëndonkstraat, en de t-splitsing van de Mariëndonkstraat met de Wolfshoek en de Heusdenseweg.

- Verder zijn de bij elkaar gelegen Hertog Janstraat, De Omloop, Van Wassenaarstraat, Jan van Wijckstraat, Th. J. Rijkenstraat (noorden), H. van der Geldplantsoen, Norbertijnerstraat, Schanswijk (midden), gedeeltelijk slecht en onbegaanbaar.

Hiermee zijn op basis van de modelresultaten duidelijk een aantal aandachtsgebieden aan te wijzen tijdens een neerslaggebeurtenis van 70 mm, in de verder voldoende begaanbare kern.

#### Haarsteeg

De kern Haarsteeg blijft tijdens een neerslaggebeurtenis van 70 mm voldoende begaanbaar en uit de analyse zijn dan ook geen slecht begaanbare of onbegaanbare wegen naar voren gekomen.

#### Hedikhuizen

Op een aantal plekken op de Oude Schoolstraat en op het noorden van de aangesloten Kerkstraat kan water op straat voorkomen tijdens een neerslaggebeurtenis van 70 mm, maar uit de analyse blijkt niet dat deze straten hierdoor slecht begaanbaar en/of onbegaanbaar zijn.

#### Heesbeen

Alhoewel in de kleine kern van Heesbeen niet veel wegen voorkomen is de relatief laag gelegen Industrieweg gedeeltelijk slecht begaanbaar bij een neerslaggebeurtenis van 70 mm. De kruisingen met de Voorstraat en Grotestraat blijven wel voldoende begaanbaar.

#### Herpt

Circa de helft van de Akkerstraat is tijdens een neerslaggebeurtenis van 70 mm onbegaanbaar, waardoor ook de kruising met de Lage Hoef niet begaanbaar is. Daarbij is het gedeelte van de Achterweg, tussen de kruising met de Lage Hoef en de kruising met de Akkerstraat, slecht begaanbaar.

#### Heusden

In de kern Heusden zijn de volgende straten slecht begaanbaar of onbegaanbaar:

- Vooral de kruising van de Putterstraat met de Gasthuisstraat is onbegaanbaar waardoor deze straten gedeeltelijk onbegaanbaar zijn.
- Ook de Lombardstraat (gedeeltelijk), de Zustersteeg en de Weldijk (gedeelte aan de Demer) zijn onbegaanbaar.
- Tot slot zijn een aantal parkeerhofjes tussen de Wal en de Wijksestraat en tussen de Wijksestraat en de Ridderstraat slecht begaanbaar tot onbegaanbaar.

#### Nieuwkuijk

De straten in de kern Nieuwkuijk:

- Op de bedrijventerreinen zijn de Kerkstraat en de twee inritten van de Middelweg onbegaanbaar.
- Ten noorden van de A59 in Onsenoort zijn het noordelijke gedeelte van de Kuiper en de parkeerplaats van crematorium Maaslanden DELA slecht begaanbaar.
- In het woongebied zijn de slecht begaanbare wegen vooral gelegen ten zuiden van de Nieuwkuijksestraat (incl. de Nieuwkuijksestraat) en ten westen van de Kerkstraat. Voorbeelden van onbegaanbare wegen in deze gebieden zijn De Stenenborch, De Maashoven, Govaertstraat, Sint Crispijnstraat, Magnoliastraat en de Onsenoortsestraat.

#### Oudheusden

De volgende straten zijn in de kern Oudheusden slecht begaanbaar of onbegaanbaar:

- De belangrijkste onbegaanbare weg is de Everardus van Gochstraat en de parallel gelegen Suitbertusstraat is slecht begaanbaar. De straten tussen deze twee straten zijn ook slecht begaanbaar.
- Hetzelfde geldt voor zuidelijker gelegen wegen: Van Asbeckstraat, De Huterstraat, Christinastraat, Willem Alexanderstraat, Bernhardstraat, Julianastraat en de parkeervoorziening aan de Margrietstraat.
- Ook het noordelijke deel van de kern Oudheusden bevat slecht begaanbare wegen. De Herptseweg en het zuidelijke deel van het Hazepad zijn slecht begaanbaar tot onbegaanbaar. Tot slot is de Kooikershof onbegaanbaar.

### Vlijmen

De slechte begaanbaarheid van de wegen is in de kern Vlijmen vooral beperkt tot de buurt Vliedberg en het noorden van Vijfhoeven. Het centrum van Vlijmen-dorp is dus voldoende begaanbaar.

- Ten eerste zijn in Vliedberg meerdere slecht begaanbare en/of onbegaanbare wegen. De onbegaanbare wegen zijn: Jonkheer de la Courtstraat (noordelijk gedeelte), Oranjelaan, Beatrixlaan (noordelijk gedeelte), Irenelaan, Margrietlaan, Marijkelaan, Henriklaan, Konijnenbergstraat, Burgemeester van Houtplein (oostelijk gedeelte), Nassaulaan, Theodoor van Thuldenstraat (westelijk gedeelte), Jacob van Ruijsdaelstraat, Rembrandstraat (noordelijk gedeelte), Jan Steenstraat, Nicolaas Beetstraat, Brederostraat, Guido Gazellestraat, Pieter Langendijkstraat, Jacob Catsstraat, Bilderdijkstraat.
- Ten tweede zijn ten noorden van de A59 de Tunnelweg en het oostelijke gedeelte van de Wolput onbegaanbaar.
- Ten derde is een groot deel van de wegen, ten noorden van de Vijfhoevenlaan en de Rooms Katholieke Basisschool, slecht begaanbaar tot onbegaanbaar. Voorbeelden zijn de onbegaanbare Copernicuslaan en Adenauerlaan.
- Tot slot zijn de Wilhelminastraat (oostelijk) en de Meliestraat (incl. kruising met de Molenstraat) onbegaanbaar, en het Meliepark slecht tot onbegaanbaar.

## 2.3 Overstromingsrisico watersysteem

Bij hevige neerslag kan het watersysteem de afvoer niet aan en lopen de laaggelegen delen onder water (inundatie). Onder het watersysteem worden de regionale beken en rivieren verstaan, niet de grote rivieren (deze zijn opgenomen in hoofdstuk 5).

In het Provinciaal milieu- en waterplan 2016 – 2020 zijn de gebieden opgenomen die inunderen. De overstromingsgebieden zijn weergegeven in figuur 6 en omvatten de locaties die van oudsher al regelmatig inunderen (natuurlijke overstromingsgebieden), gebieden die de afgelopen periode door de waterschappen concreet zijn ingericht (gestuurde waterbergingsgebieden) voor waterberging en gebieden die gedurende de planperiode van de waterbeheerplannen van de waterschappen concreet ingericht zullen worden (in te richten waterbergingsgebieden).



Figuur 7 Overstromingsgebieden regionale waterberging

### Hoe kwetsbaar is gemeente Heusden?

Aanvullend op deze gebieden Het waterschap toetst het watersysteem elke 6 jaar aan de normen uit de Verordening Water. Bij de laatste doorrekening NBW (2019) zijn er binnen de gemeente Heusden geen gebieden naar voren gekomen met berekende wateroverlast vanuit het oppervlaktewatersysteem. Het

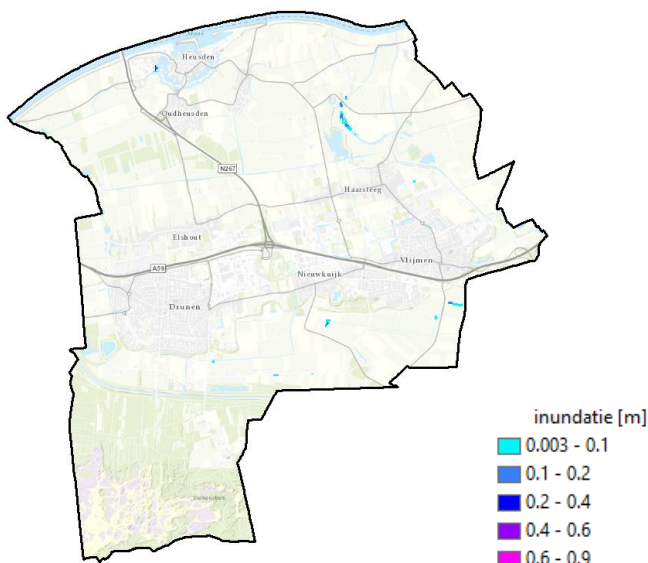
waterschap heeft echter ook met extremen gerekend (boven normatieve buien). Op de volgende pagina's zijn de resultaten weergegeven van onderstaande neerslaggebeurtenissen:

- T=10 → 60 mm in 3 dagen - wintersituatie;
- T=100 → 90 mm in 3 dagen - wintersituatie;

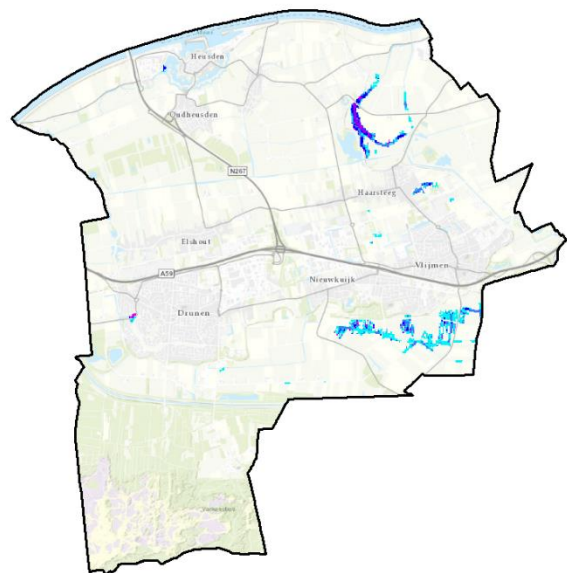
De belangrijkste watergangen in de gemeente Heusden zijn het Koningsvliet en de Koppelsloot en het Drongelens kanaal. De afvoer van overtollig regenwater vindt plaats via het lokale netwerk van watergangen. Een deel wordt op de Maas geloosd via gemaal Groenendaal en het grootste deel wordt geloosd via het Koningsvliet en gemaal Gansoyen op het Drongelens Kanaal. Het Drongelens Kanaal stroomt vanuit 's-Hertogenbosch ten zuiden van Nieuwkuijk/Vliedberg en Drunen en ten noorden van de Drunensche Heide onder vrij verval richting de Maas en watert zo een groot deel van het beheersgebied van waterschap Aa en Maas af. Het Drongelens Kanaal heeft primair een afwateringsfunctie, mede ten behoeve van de hoogwaterbescherming voor de stad 'sHertogenbosch.

In

en Figuur 8 zijn de inundatie gebieden te zien in een 1 inunderen zijn hoofdzakelijk gebieden die zijn aangewezen mogen lopen. De gebieden zijn onderdeel van de Veror Geconcludeerd kan worden dat de risico's voor overstr Heusden beperkt is.



Figuur 9 inundatie T=10 → 90 mm 3 dagen – wintersituatie (T=100) (bron: waterschap Aa en Maas)



Figuur 8 inundatie T=100 → 90 mm in 3 dagen - wintersituatie (bron: waterschap Aa en Maas)

Naast de overstromingen uit het watersysteem speelt in Heusden dat er een grote interactie is tussen het oppervlaktewatersysteem en het riolsysteem. Dit valt buiten de normering van het NBW en blijft daarom buiten beeld in de NBW toetsing. Daar vinden wel studies en verkenningen over plaats. In de watersamenwerkingen komt dit aan de orde en het waterschap is bezig dit nader uit te werken samen met de gemeente. Een voorbeeld is het verdrinken van de overstort bij de Kastanjelaan in Drunen. Deze veroorzaakt veel water op straat. Daar is in het waterplan Heusden een onderzoeksmaatregel opgenomen om deze locatie nader met het waterschap te onderzoeken.

## 2.4 Grondwateroverlast

In de KNMI '14 klimaatscenario's neemt de neerslag in de winter toe, terwijl de verdamping ongeveer gelijk blijft. Een gevolg daarvan is dat de aanvulling van het grondwater in de winter toeneemt, de grondwaterstand stijgt, kwel (uittredend grondwater) toeneemt en daarmee de kans op overlast groter wordt. De kans op overlast kan sterk worden beïnvloed door lokale omstandigheden, zoals een door graafwerk verstoorde bodem, de constructiekenmerken van gebouwen of lokale ondoorlatende bodemlagen. Grondwateroverlast ontstaat wanneer gebruiksfuncties worden aangetast door hoge grondwaterstanden.

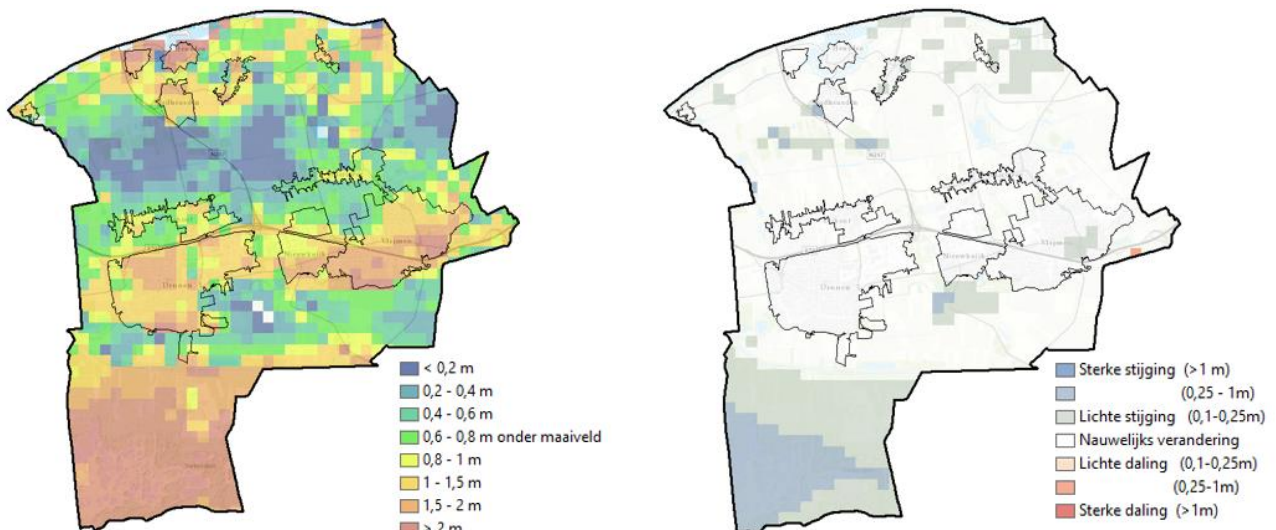
Typen grondwateroverlast die vaak voorkomen zijn:

- Hoge luchtvochtigheid in huis en schimmelvorming door natte kruipruimtes of optrekkend vocht in muren
- Doorslaand vocht in kelders
- Drassige tuinen en langdurig natte groenstroken in de wijk
- Schade aan stedelijk groen en omwaaien van bomen door verdrinking van wortels
- Schade aan panden als gevolg van wijziging in de opwaartse waterdruk onder de fundering
- Spoorvorming en ongelijkmatige verzakking van wegen en straatverharding

### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

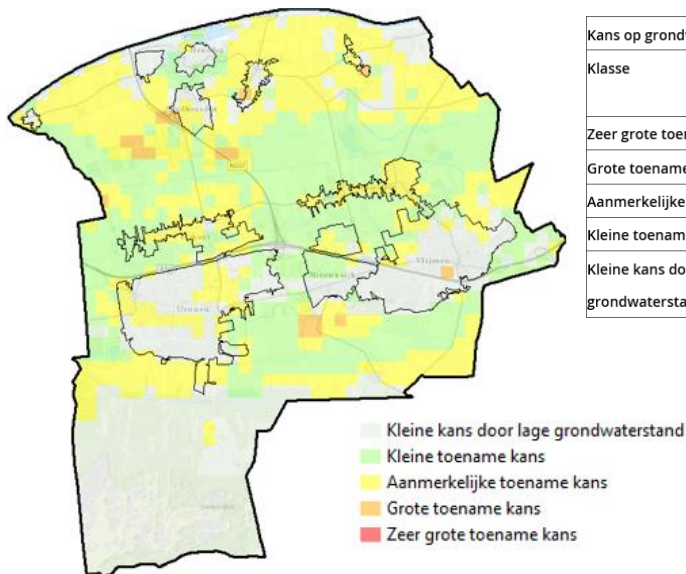
In de kaart uit de Klimateffectatlas in Figuur 10 is op gemeenteniveau globaal aangegeven in welke zones de kans op grondwateroverlast toeneemt. Uit de analyse van de Klimateffectatlas kan worden opgemaakt dat binnen klimaatscenario WH2050 wordt verwacht dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand met name in het zuiden (Loonse en Drunense Duinen) van de gemeente licht tot sterk stijgt (zie Figuur 11). Omdat de gemiddeld hoogste grondwaterstand hier reeds diep lag (zie Figuur 11), wordt ook na een stijging van de grondwaterstand hier geen overlast verwacht (zie Figuur 12). Voor het overige gedeelte van de gemeente is de kans op een toename van grondwateroverlast in 2050 klein tot aanmerkelijk. Dit betekent dat er in stedelijk gebied een stijging van de GHG is berekend van 10 cm en in het landelijk gebied een stijging van maximaal 20 cm. Slechts enkele plaatsen in landelijk gebied zijn geclassificeerd als locaties met een grote toename kans op grondwateroverlast, waarbij een stijging van 20 tot 50 cm wordt berekend.

De gevolgen van een dergelijke stijging van de grondwaterstand zijn op verschillende locaties in stedelijk gebied al merkbaar. Zo zijn er bij de gemeente Heusden meldingen gemaakt van grondwateroverlast in (parkeer)kelders en kruipruimten. Daarbij bemoeilijken hoge grondwaterstanden in de noordelijke kernen van de gemeente de realisatie van bergings- en infiltratievoorzieningen. Op deze locaties en locaties waar het risico sterk toeneemt kan het nodig zijn om extra voorzieningen te treffen om het grondwaterpeil te beheersen, of om aanvullende constructievoorschriften te gebruiken om de kwetsbaarheid van gebouwen en infrastructuur te beperken. De gemeente heeft weliswaar een zorgplicht voor grondwater maar deze beperkt zich tot de openbare ruimte. Hierbij mag zij geen maatregelen treffen of nalaten die de aan de grond gegeven bestemming onmogelijk maken. Dat maakt dat de gemeente ten aanzien van grondwaterproblematiek op particulier gronden of gebouwen niet aan zet is om maatregelen te treffen. Geadviseerd wordt om de grondwaterstand te blijven monitoren middels onder andere het uitgebreide bestaande gemeentelijke grondwatermeetnet.



*Figuur 11 GHG huidig klimaat. (bron: Klimaateffectatlas, geraadpleegd op 9 mei 2019)*

*Figuur 10 Verschil GHG huidige- en klimaatscenario WH2050. (bron: Klimaateffectatlas, geraadpleegd op 9 mei 2019)*



Kans op grondwateroverlast 2050			
Klasse	Grondwater stijging	Grondwaterstijging	Grondwaterdiepte (m)
	landelijk (m)	stad (m)	
Zeer grote toename kans	>0,5	>0,3	<1,1
Grote toename kans	0,2-0,5	0,1-0,3	<1,1
Aanmerkelijke toename kans	0,05-0,2	0,03-0,1	<1,1
Kleine toename kans	<0,05	<0,03	<1,1
Kleine kans door lage grondwaterstand			>1,1

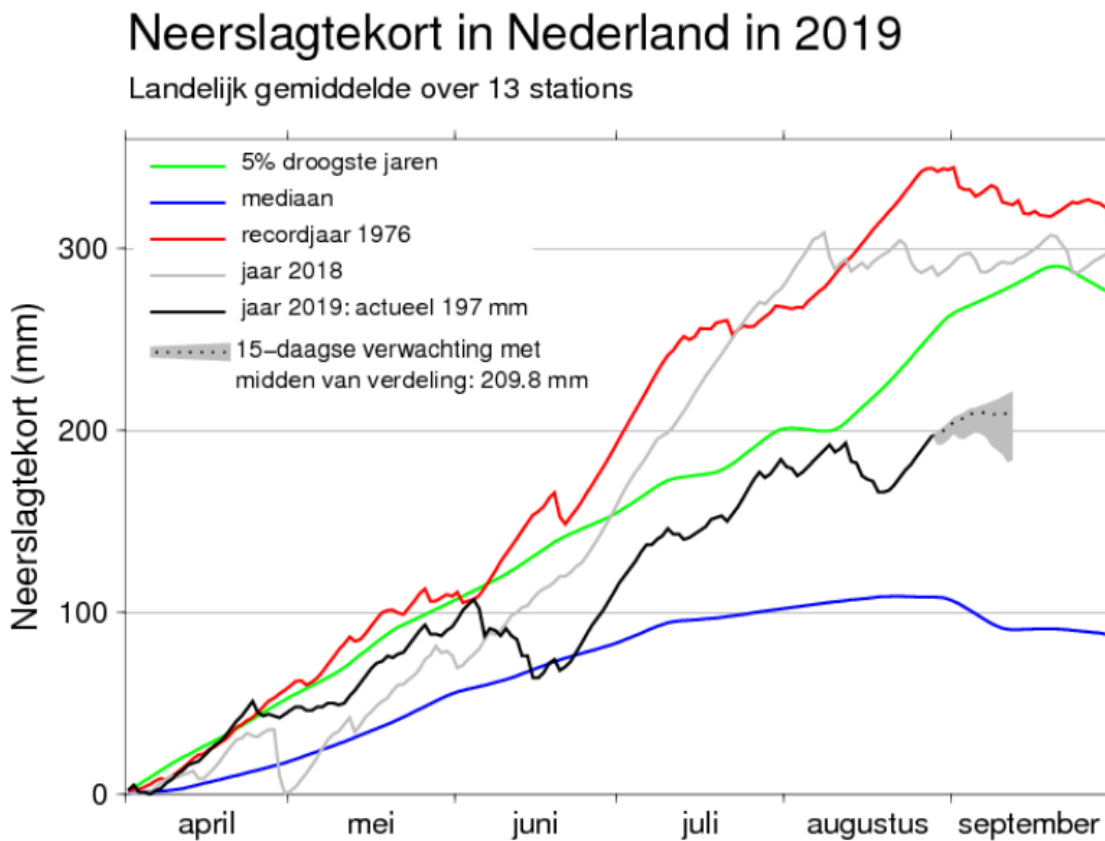
*Figuur 12 Kans toename grondwateroverlast van huidig klimaat naar klimaatscenario WH2050. (bron: Klimaateffectatlas, geraadpleegd op 9 mei 2019)*

### 3 DROOGTE

Het KNMI berekent dat de kans op drogere zomers toeneemt. Hierbij zal de totale neerslagsom in de zomer afnemen, waarbij ook het aantal opeenvolgende droge dagen stijgt. Droogte wordt veroorzaakt door een hoge verdamping en een tekort aan neerslag. Bij zonnig weer met hoge temperaturen en veel wind verdampt veel vocht. Naast veranderende weersomstandigheden heeft verdroging veelal onderstaande menselijke oorzaken (Groenblauwe netwerken. Potz, 2016):

- Ontwatering en versnelde afwatering (drainage) voor de landbouw veroorzaken landelijk circa 60% van de verdroging.
- Grondwateronttrekkingen voor drink- en industriewater en beregening veroorzaken circa 30% van de verdroging.
- Overige oorzaken, zoals de toename van verhard oppervlak, bebossing (=toename verdamping) en zandwinning dragen voor circa 10% bij.

In juli 2018 werd een nieuw droogterecord gevestigd met een maandelijks gemiddelde neerslag van 11 mm., normaal is dat die maand 78 mm. In Figuur 13 hieronder is te zien dat het neerslagtekort in 2019, met uitzondering van een week in juni, groter is dan de mediaan van de jaren waarin het neerslagtekort is gemeten.



(c) KNMI, bijgewerkt 2019-08-28, 15:30 UT

Figuur 13 Neerslagtekort in Nederland in 2019. Landelijk gemiddelde over 13 stations. (bron: KNMI, geraadpleegd op 29 augustus 2019)

In het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (zie Figuur 3 in paragraaf 1.1). Door droogte kunnen dan ook verschillende sectoren onder druk komen te staan. Zo wordt de voedselproductie van de landbouwsector bedreigd. De droge perioden vinden immers over het algemeen plaats in de zomerperiodes tijdens het groeiseizoen (1 april t/m 30 september voor de meeste gewassen). Andere voorbeelden van kwetsbaarheden van sectoren zijn de drinkwaterproductie uit oppervlaktewater, natuurbranden, en koeling voor de industrie en energiecentrales. De impact van droogte op alle negen sectoren staat beschreven in de hoofdstukken 6 t/m 15.

In dit hoofdstuk is de kwetsbaarheid van de gemeente Heusden met betrekking tot droogte in kaart gebracht voor onderstaande aspecten. De paragrafen behandelen elk één aspect:

- Neerslagtekort
- Ontwikkeling gemiddelde laagste grondwaterstand
- Kwetsbaarheid van vegetatie
- Knelpunten waterkwaliteit
- Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade (als gevolg van paalrot)

### 3.1 Neerslagtekort

Het neerslagtekort is een maat voor de droogte en volgt uit het verschil tussen verdamping en neerslag. Als de referentieverdamping hoger is dan de neerslag is er sprake van een neerslagtekort. Het potentieel maximaal neerslagtekort treedt doorgaans aan het einde van de zomer op. Een toename van het neerslagtekort kan leiden tot verdere afname van de waterbeschikbaarheid in grond- en oppervlaktewater en een toename van de watervraag voor peilbeheer en beregening (o.a. gewassen). Tot slot kan ook de waterkwaliteit onder druk komen te staan door bijvoorbeeld verminderde doorstroming van oppervlaktewater.

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

Uit de modelresultaten (2014) van KNMI-klimaatscenario WH2050 blijkt dat het potentieel jaarlijks gemiddelde neerslagtekort in het huidige klimaat 150-180 mm bedraagt, en kan oplopen tot 210-240 mm in 2050. Daarnaast is het potentieel tienjarig neerslagtekort in het huidige klimaat 210-240 mm, wat kan oplopen tot 270-330 mm in 2050. Zoals hierboven vermeld heeft dit toenemende neerslagtekort nadelige gevolgen voor de beschikbaarheid van water (voor onder andere de landbouw) en de waterkwaliteit. Daarmee ontstaan er risico's voor de gemeente Heusden als het gaat om agrarische bedrijfsvoering, de leefbaarheid van de bebouwde kernen en de recreatieve functie van de verschillende wateren in de gemeente (zoals de roeivijver).

### 3.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden

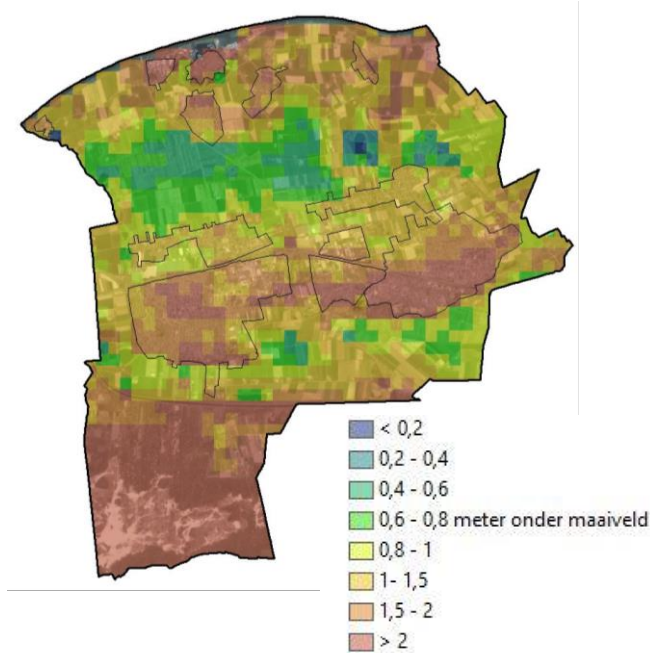
Ten tijde van droogte wordt de grondwaterstand minder aangevuld door neerslag, terwijl de watervraag stijgt en er dus meer beroep wordt gedaan op grond- en oppervlaktewater. Een te lage grondwaterstand kan schadelijk zijn voor vegetatie en bodemstabiliteitschade ontstaan. Het is daarom van belang om de kwetsbaarheid van de grondwaterstand inzichtelijk te maken. De analyse van de Klimateffectatlas bevat kaarten waarin de verschilsituatie tussen het verwachte gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van het huidige klimaat ten opzichte van het klimaatscenario WH2050 wordt weergegeven. Deze kaartbeelden zijn gebaseerd op het Nationaal Water Model, waarin geen rekening gehouden is met specifieke lokale factoren zoals onttrekkingen of bemalingen. Wel in de analyse van de kaarten rekening gehouden met de verandering van klimaat en water- en landgebruik.

De GLG wordt doorgaans aan het einde van de zomerperiode bereikt. In het merendeel van Nederland is er geen duidelijke ontwikkeling in de GLG (een lichte daling van 5 tot 10 centimeter). Op een deel van de hoge zandgronden wordt juist een stijging van de GLG berekend. De stijging in de hoge zandgronden is een gevolg van een toename van het jaarlijks neerslagoverschot, veroorzaakt door een toename van de winterneerslag. Omdat de grondwaterstand in deze gebieden ver onder het maaiveld ligt, heeft de verwachte toename van de verdamping hier minder effect op de grondwaterstanden.

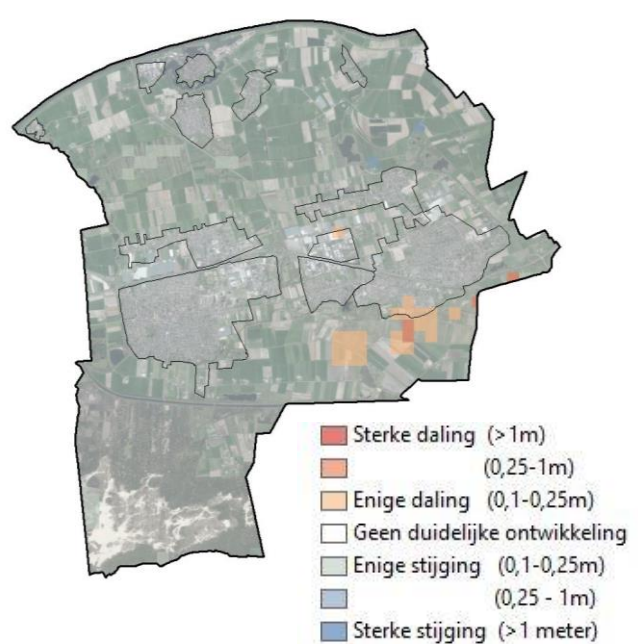
#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

De Loonse en Drunense Duinen zijn relatief hoog gelegen, waardoor de grondwaterstand relatief diep zijn gelegen (> 2 m-mv). Ook in de kernen ligt het maaiveld hoger waardoor de grondwaterstanden relatief diep zijn (1 tot >2 m-mv). Hogere grondwaterstanden komen voor in het natuurgebied Hooibroeken en De Oosters ten noorden van de kern Elshout. Figuur 14 geeft de gemiddeld laagste grondwaterstand weer voor de gemeente Heusden in het huidige klimaat weer. In Figuur 16 is te zien hoe deze zich zal ontwikkelen in klimaatscenario WH2050. Hieruit blijkt dat de grondwaterstand ten zuiden van Vlijmen enige daling (10 tot 25 cm) tot lokaal matige (25 tot 100 cm) daling voor zal komen. Dat zijn nu net gronden die ingericht zijn voor natte natuur. Er ontstaat hier dus een grotere kwetsbaarheid voor de gestelde natuurdoelen.





Figuur 14 Gemiddeld laagste grondwaterstand huidig klimaat (bron: Klimaat-effectatlas, geraadpleegd op 9 mei 2019)



Figuur 15 Verandering gemiddeld laagste grondwaterstand klimaatscenario WH2050 ten opzichte van huidig klimaat (bron: Klimaat-effectatlas, geraadpleegd op 9 mei 2019)

### 3.3 Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging

Een tekort aan neerslag en extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot verdroging van vegetatie. De gevolgen hiervan verschillen per type vegetatie (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

Wanneer gras onvoldoende wateraanvoer krijgt leidt dit tot verdroging van de graslaag. De graslaag droogt uit wat leidt tot een verkleuring van de gras-vegetatielaag. Doordat de graslaag onvoldoende vocht kan onttrekken leidt dit ook tot een tekort aan voedingsstoffen. Daarnaast zal het gras de verdamping beperken, om zodoende zo lang mogelijk vocht vast te houden. Dit gaat ten koste van de groei en vitaliteit en kan leiden tot (tijdelijke) uitval van de graslaag (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

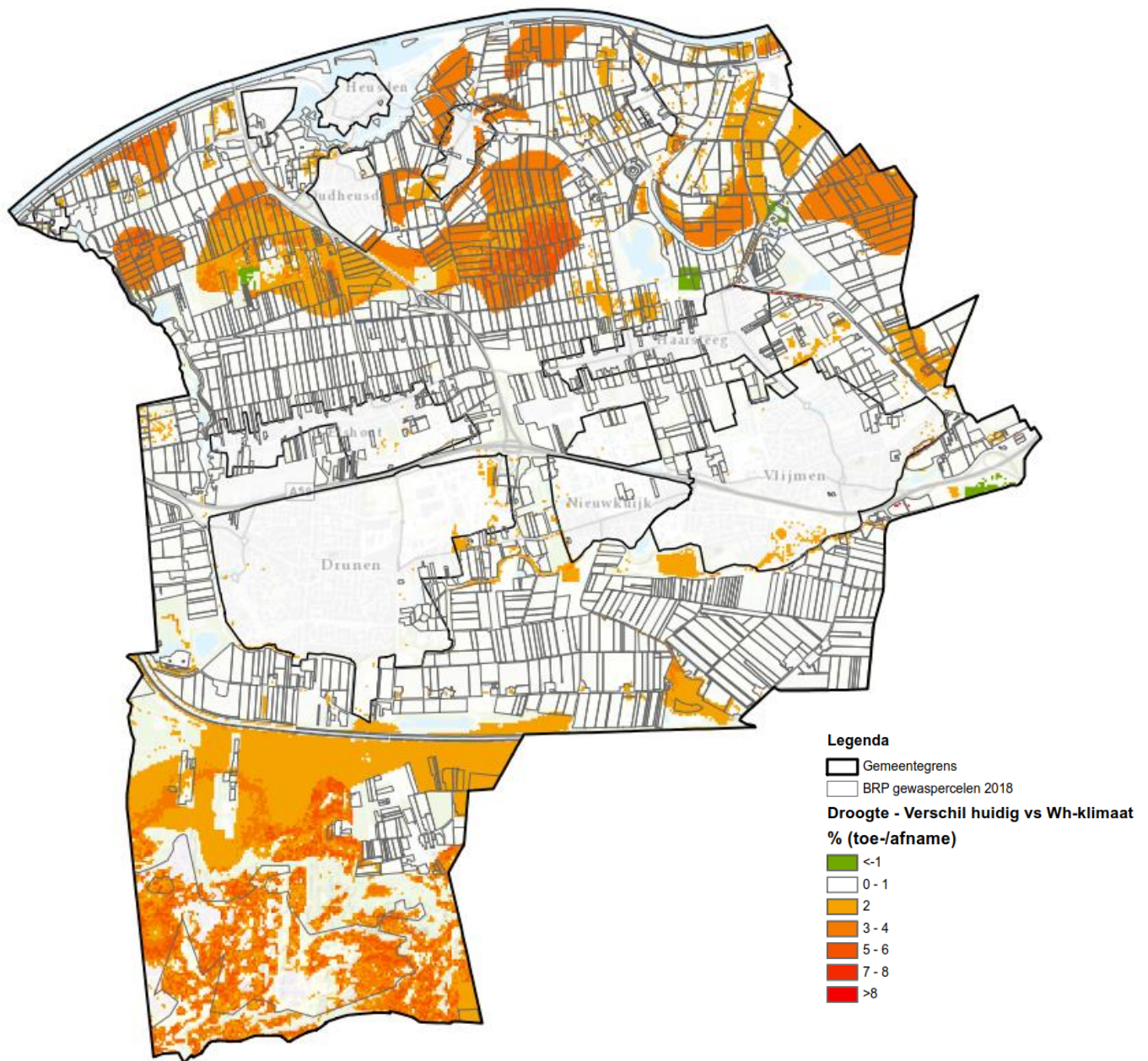
De gevolgen van droogte voor struiken en bomen valt te verdelen onder (vroegtijdig) bladafval en uitval (Hoogvliet et al, 2012). Dit ontstaat bij een onvoldoende watertoevoer of een snelle daling van de grondwaterstand. Tevens kunnen er nieuwe ziektes en plagen ontstaan die in het huidige klimaat nog geen rol spelen. Daarentegen kunnen de bestaande ziektes en plagen verdwijnen omdat deze mogelijk niet bestand zijn tegen het toekomstige klimaat (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

Een tekort aan neerslag en extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot verdroging van vegetatie. De gevolgen hiervan verschillen per type vegetatie (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012):

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

Om inzichtelijk te maken welke gebieden de vegetatie (met gras als referentiegewas) kwetsbaar is voor verdroging, is gebruik gemaakt van de Water Wijzer Landbouw (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>). Deze tool is geschikt voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities (in dit geval klimaatverandering) op gewasopbrengsten. Hierbij wordt het bodemtype, grondwaterstand en verschillende klimaatscenario's beoordeeld. Verdere informatie over de methodologie is beschreven in Bijlage A. De landbouwgronden

De hoofdclassificering van bodemsoorten in de gemeente Heusden bestaat voornamelijk uit klei en zavel aan de noordzijde en zandgronden aan de zuidzijde van de gemeente. Van de landbouwpercelen bestaat 62% grasland en 37% bouwland (waarvan 63% mais).



*Figuur 16 Kwetsbaarheid van gras voor verdroging.*

Uit Figuur 16 blijkt dat met name de Loonse en Drunense duinen droogtegevoelige is. De zandgronden zijn hier leemarm en houden het vocht niet goed vast. Aan de noordzijde van de gemeente zijn hoofdzakelijk de zware kleigronden droogtegevoelig. Een zware toplaag droogt op den duur zo sterk uit dat de plantenwortels het zwaar te verduren krijgen en de kans bestaat dat een deel van het gewas afsterft. Een ander nadeel van zware klei als toplaag is dat er sneller krimpscheuren in ontstaan dan in lichtere toplagen. Een lichte toplaag droogt oppervlakkig weliswaar relatief snel uit maar beschermt als het ware de laag die er onder ligt.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat sommige vegetatie meer watervraag heeft dan gras. Ook komt het voor dat het grondwater lager dan de gemiddeld laagste grondwaterstand staat. Dit betekent dat een groter gebied dan weergegeven kwetsbaar kan zijn voor verdroging van vegetatie.

Wat daarnaast opvalt is dat er slechts ten dele droogtegevoeligheid wordt aangegeven in de kernen. Dat betekent echter niet dat hier geen kwetsbaarheid is. We kennen uit de jaren 2018 en 2019 met lange droge zomers een relatief grote uitval van gemeentelijke groenvoorzieningen

### 3.4 Knelpunten waterkwaliteit

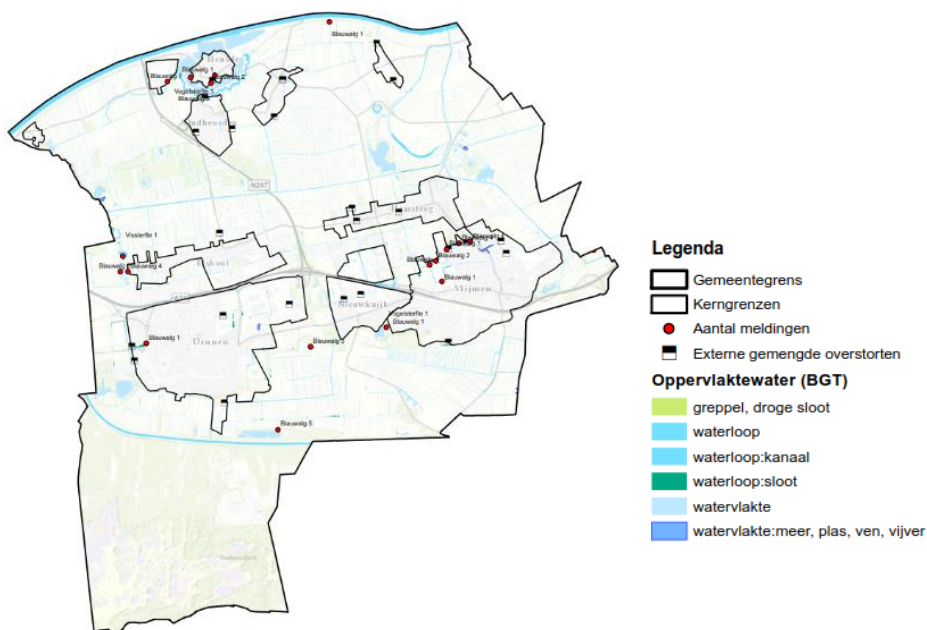
Perioden van droogte zullen leiden tot lagere waterstanden in oppervlaktewateren en temperatuurstijging van het oppervlaktewater zal vaker voorkomen. Dit veroorzaakt een afname van de waterkwaliteit (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012). Een verminderde waterkwaliteit kan leiden tot (onomkeerbare) schade aan oevers en een verslechtering van de habitat voor flora en fauna. Daarnaast wordt de kans op blauwalg en botulisme groter, met gevolgen voor de gezondheid van mens en dier (Hoogvliet et al, 2012). Als laatste kan het negatieve gevolgen opleveren voor de recreatiesector (zowel recreanten als exploitanten) (de Jonge, 2008). Naast de trends van droogte en temperatuurstijging zijn een aantal knelpunten die bepalend zijn voor de waterkwaliteit. Zo is de doorstroming van het water van belang, omdat het zorgt voor 'verversing' van het oppervlaktewater. Een geïsoleerde waterpartij is daarom minder klimaatbestendig dan watergangen met doorstroming (afhankelijk van de mate van doorstroming). Maar ook afvalwater uit lozingspunten van gemengde riolen kunnen de waterkwaliteit negatief beïnvloeden. Meldingen hierover kunnen inzicht geven in de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de loop der jaren.

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

Een toename van overstorten vanuit het gemengde stelsel kan mogelijk leiden tot een vermindering van de waterkwaliteit. In de gemeente zijn met name gevallen van blauwalg bekend (zie Figuur 17). Dit blijkt ook uit de meldingen van blauwalg, vissterfte en vogelsterfte die het waterschap Aa en Maas tussen 2012 en 2018 heeft ontvangen. De meeste meldingen zijn gedaan ter plaatse van de Geersloot in Vlijmen en de vestinggracht van Heusden. Meldingen van vissterfte zijn bekend bij onder andere De Nieuwe Wiel. Tot slot is vogelsterfte gemeld ter plaatse van de gracht in Heusden. Echter zijn niet alle meldingslocaties verbonden met watergangen waarop overstorten lozen.

Daarnaast zijn er al verschillende plaatsen in Heusden waar waterkwaliteitsproblemen aan de orde zijn, enkele voorbeelden: De Elshoutse Wielen en het Oude maasje in Oudheusden. Door klimaatverandering zal dit alleen nog maar toenemen.

In lange perioden van droogte schade op aan de oevers van watergangen. Dit manifesteert zich door uitvallen van oevervegetatie wat op zijn beurt de waterpartijen kwetsbaar maakt voor waterkwaliteitsproblemen.



Figuur 17 Knelpunten waterkwaliteit: oppervlaktewater en de locaties van gemengde externe overstorten.

### 3.5 Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade

Een dalende grondwaterstand kan bodemdaling veroorzaken waardoor verschillende typen funderingen onder druk komen te staan. Extreem lage grondwaterstanden kunnen vooral in klei- en veengebieden leiden tot extra bodemdaling (PBL, 2011). Hierbij verandert de bodemsamenstelling waardoor een herverdeling van de belasting van de fundering op de ondergrond ontstaat, en de aanwezige stalen funderingen in deze gebieden verzakken. Tevens kan bodemdaling leiden tot (ongelijke) zetting van de bodem waardoor negatieve kleef bij houten paalfunderingen kan ontstaan. Bij negatieve kleef hangt zakkende grond aan de houten paalfundering,

wat kan resulteren in schade aan de fundering en bebouwing. Dit effect is niet van toepassing op betonnen paalfunderingen omdat hier bij het ontwerpproces al rekening mee is gehouden. Tot slot kan bodemdaling ook verzakking van infrastructuur veroorzaken (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

### **Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden voor bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade?**

De gemeente Heusden is vrijwel niet gevoelig voor bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade. In het noorden van de gemeente, nabij de kern Herpt, ligt een kwetsbare locatie voor bodemdaling (*Figuur 18*). In het huidige klimaat zal op deze locatie tot 2050 circa 3 tot 20 cm daling plaatsvinden. Dit is te verklaren doordat de bodem hier geclassificeerd is als klei op veen. Deze bodemsoorten zijn gevoelig voor bodemdaling. In de rest van de gemeente zijn geen gevoelige locaties voor bodemdaling. Kijkend naar funderingsschade, is de kans erg klein. Panden met kans op schade bevinden zich met name in en rondom de kern Herpt, doordat enkele panden in deze kern zijn geclassificeerd als woningen met een bouwjaar voor 1970. Achtergrondinformatie over de opbouw van de analyse is te vinden in Bijlage D.



*Figuur 18 Bodemdaling huidig klimaat: aanvullend in cm. (bron: Klimaateffectatlas, geraadpleegd op 12 april 2019)*

## 4 HITTE

Met een gemiddelde temperatuur van 19 graden in de Bilt, was de zomer van 2018 de warmste die ooit is gemeten. De op één na warmste zomer was in 2003 met gemiddeld 18,6 graden. Afgelopen zomer, op 25 juli 2019, is zelfs het nationale hittestress record verbroken met een temperatuur van 40,7 graden, gemeten te Gilze-Rijen (KNMI, 2019).

De stijging van de gemiddelde jaartemperaturen in Nederland brengt nauwelijks acute problemen met zich mee. Dergelijke problemen doen zich juist voor bij pieken in de temperatuur, zoals op tropische dagen en tijdens warme nachten. Zo kunnen vooral bij kwetsbare groepen, zoals zieken en ouderen, gezondheidsproblemen optreden (hittestress) zoals vermoeidheid, concentratieproblemen en hoofdpijn. Tevens neemt het risico op uitdroging en oververhitting toe en kunnen mensen in het ergste geval aan hittestress overlijden. In Nederland ligt tijdens hittegolven het sterftecijfer 12% hoger dan normaal. Naast deze impact op gezondheid heeft hitte ook impact op andere sectoren door bijvoorbeeld arbeidsuitval, schade aan infrastructuur en gebouwen door het uitzetten van materialen. De impact van hitte op alle negen sectoren staat beschreven in de hoofdstukken 6 t/m 15.

In dit hoofdstuk is de kwetsbaarheid van de gemeente Heusden met betrekking tot hitte in kaart gebracht voor de onderstaande aspecten. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van de Klimaat-effectatlas, met uitzondering van het thermisch infraroodbeeld van de satelliet. De paragrafen behandelen elk één aspect:

- Zomerse en tropische dagen per jaar
- Hittestress door warme nachten
- Oppervlaktetemperatuur
- Opwarming oppervlaktewater

### 4.1 Zomerse en tropische dagen per jaar

Het aantal dagen waarop het warm wordt in Nederland zal de komende jaren verder toenemen. Bij temperaturen boven 25 °C kan dit gevolgen hebben voor de gezondheid van kwetsbare groepen zoals ouderen en jonge kinderen. Als de temperatuur in de buurt van 30 °C komt, lopen ook andere groepen risico op gezondheidsklachten wanneer zij zich intensief inspannen of langere tijd onbeschermd in de zon bevinden. Zoals eerder vermeld veroorzaakt hittestress gezondheidsproblemen.

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

In Tabel 3 is de verwachting van het KNMI voor de ontwikkeling van het aantal zomerse en tropische dagen weergegeven. Afgaande op de KNMI-klimaatscenario's kan het aantal zomerse dagen in 2050 zijn verdubbeld. Het aantal tropische dagen neemt mogelijk nog sterker toe. De jaarextremen zullen ook sterk toenemen: de temperatuur op de heetste dag van het jaar zal in 2050 1,0 tot 3,8 graden hoger liggen dan nu het geval is.

Tabel 3 Ontwikkeling zomerse en tropische dagen in de omgeving van gemeente Heusden

	Huidig	2050 WH Scenario
Aantal zomerse dagen (max. $\geq 25$ °C)	20 - 30	50 - 60
Aantal tropische dagen (max. $\geq 30$ °C)	3 - 6	15 - 18
Langste reeks opeenvolgende zomerse dagen	7 - 9	11 - 15

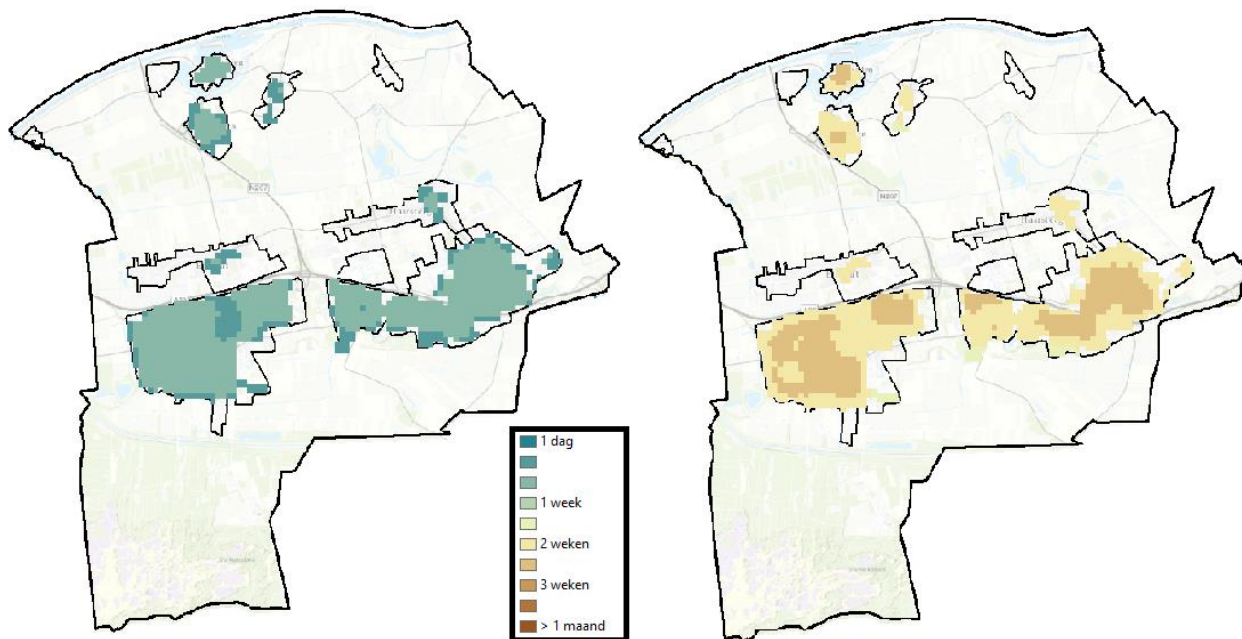
Het toenemende aantal zomerse en tropische dagen kunnen leiden tot hittestress, met onder andere gezondheidsklachten en concentratieproblemen als gevolg. De meest kwetsbare locaties bevinden zich binnen de kernen met speciale focus op kwetsbare groepen als ouderen.

### 4.2 Hittestress door warme nachten

Wanneer het aantal zomerse en tropische dagen toeneemt, zal ook het gemiddeld aantal tropische nachten per jaar toenemen. Tijdens een tropische nacht daalt de temperatuur niet onder de 20 °C. In buurten met veel verharding is minder groen aanwezig met minder verdamping als gevolg. Hierdoor loopt de temperatuur verder op. Door de aanwezigheid van gebouwen en menselijke activiteit koelt het 's nachts ook minder snel af.

## Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

De ontwikkeling van het aantal tropische nachten in de gemeente Heusden is weergegeven in Figuur 19. Toename aantal warme nachten/ hittestress gemeente Heusden: huidig klimaat (links) en in 2050 (rechts) (bron: Klimateffectatlas) Figuur 19. Het aantal tropische nachten per jaar ligt momenteel rond enkele dagen per jaar voor de kernen van gemeente Heusden. In 2050 zal dit in het meest extreme geval zijn gestegen tot meer dan twee weken per jaar. De ruimtelijke kenmerken van bebouwde gebieden (veel verharding, weinig groen) dragen hier in grote mate aan bij. Het toenemende aantal zomerse nachten kan leiden tot hittestress, met onder andere gezondheidsklachten en slapeloosheid met concentratieproblemen als gevolg. De meest kwetsbare locaties bevinden zich binnen de kernen met speciale focus op kwetsbare groepen als ouderen.



Figuur 19 Toename aantal warme nachten/ hittestress gemeente Heusden: huidig klimaat (links) en in 2050 (rechts) (bron: Klimateffectatlas)

## 4.3 Oppervlaktetemperatuur

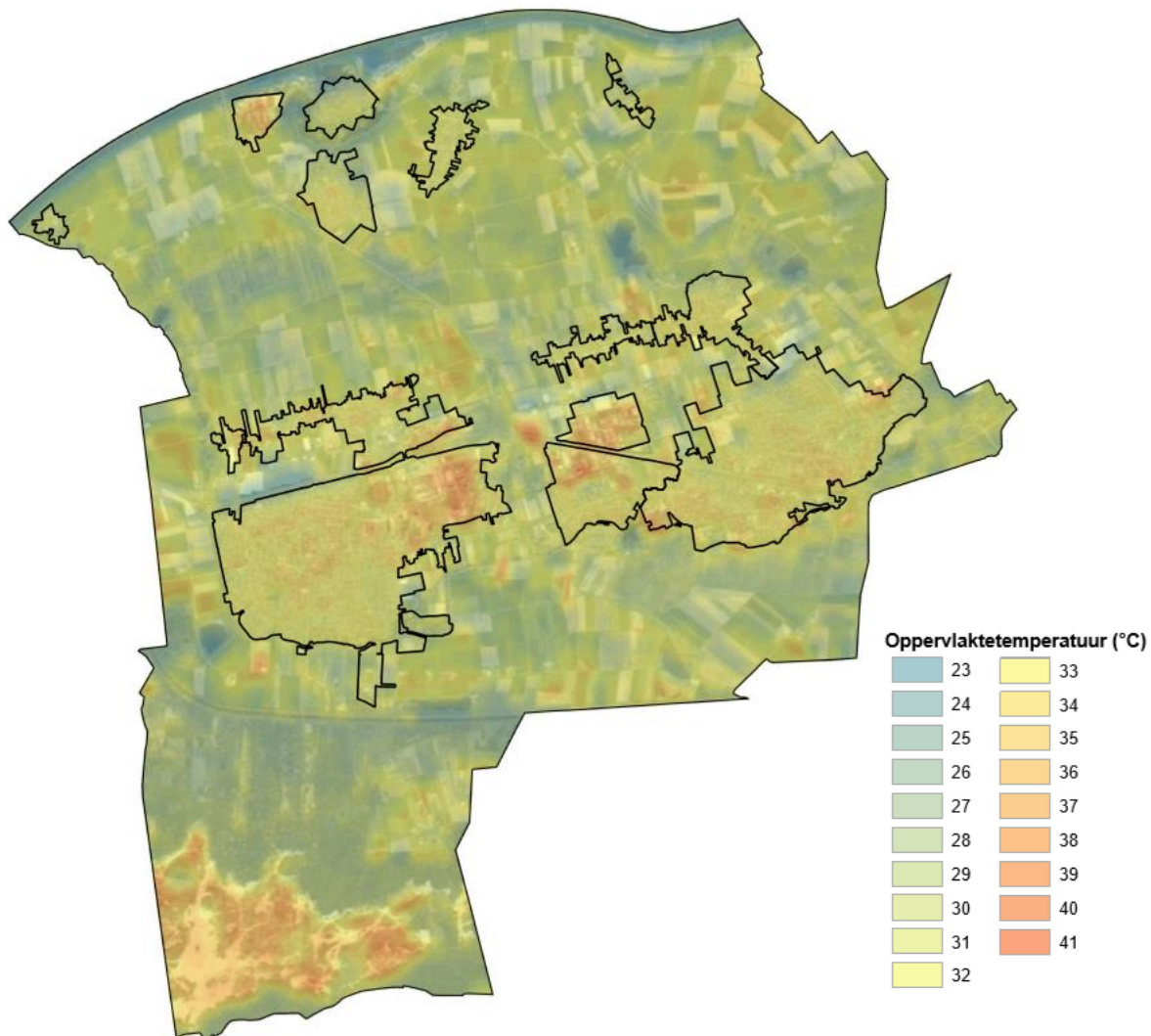
Voor de analyse van de oppervlaktetemperatuur is gebruik gemaakt van een thermisch infrarode opname van de Landsat 8 satelliet. Het grote voordeel van deze opname is dat het in één oogopslag een waarheidsgetrouw en gemeente dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. Het is dus in zekere zin op te vatten als een praktijkmeting. Verschillen in oppervlaktetemperatuur ontstaan door het in meer of mindere mate aanwezig zijn van verharding, vegetatie, water en schaduw. Meer informatie over het satellietbeeld is te vinden in de methodebeschrijving in bijlage A. Voor alle resultaten uit de oppervlaktetemperatuur-analyse geldt dat deze betrekking hebben op de zogenoemde stralingstemperatuur van het oppervlak (zoals dat loodrecht van boven zichtbaar is). Ter vergelijking kan men denken aan de warmte die je aan de binnenkant van een elektrische oven voelt "stralen". De door een mens ervaren temperatuur (gevoelstemperatuur) is, buiten de bovengenoemde stralingstemperatuur, onder meer afhankelijk van de lokale (relatieve) luchtvochtigheid, windsnelheid en temperatuur van de aangevoerde lucht.

De resultaten uit de oppervlaktetemperatuur-analyse zijn vervolgens geclassificeerd naar 'ervaren mate van hittestress'. Een onderzoek in Rotterdam in 2010 toonde aan dat het temperatuurverschil binnen en buiten de stad 's nachts oploopt tot 8 °C (Nijhuis en Streng, 2011). Het geschatte verschil in gevoelstemperatuur liep op tot 15 °C. De gevoelstemperatuur werd in dit project geschat op basis van een indeling van de omgevingstemperatuur in vijf klassen: comfortabel (18-23 °C), lichte warmtestress (23-29 °C), matige warmtestress (29-35 °C), sterke warmtestress (35-41 °C) en extreme warmtestress (>41 °C).

In bijlage E zijn op zowel gemeente- als kernniveau de resultaten van de hitte-analyse weergegeven.

## Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

In het gemeentelijke warmtebeeld (Figuur 20) is te zien dat buiten de kernen een aantal akkers met hoge temperaturen naar voren komen. De oorzaak hiervan is vermoedelijk gelegen in het feit dat ten tijde van het ingevlogen satellietbeeld er een aantal akkers braak lagen. Hierdoor is er weinig verdamping en warmt de bodem op. Ten opzichte van het landelijk gebied zijn in de kernen hogere temperatuurwaarden gemeten. Verder komt de mate van hitte in kernen meer warmte voor. Binnen kernen houdt verdere differentiatie met name verband met de mate van verhardingsgraad en de aan- of afwezigheid van vegetatie en water.



Figuur 20 Oppervlaktetemperatuur: hitte-analyse van de gemeente Heusden.

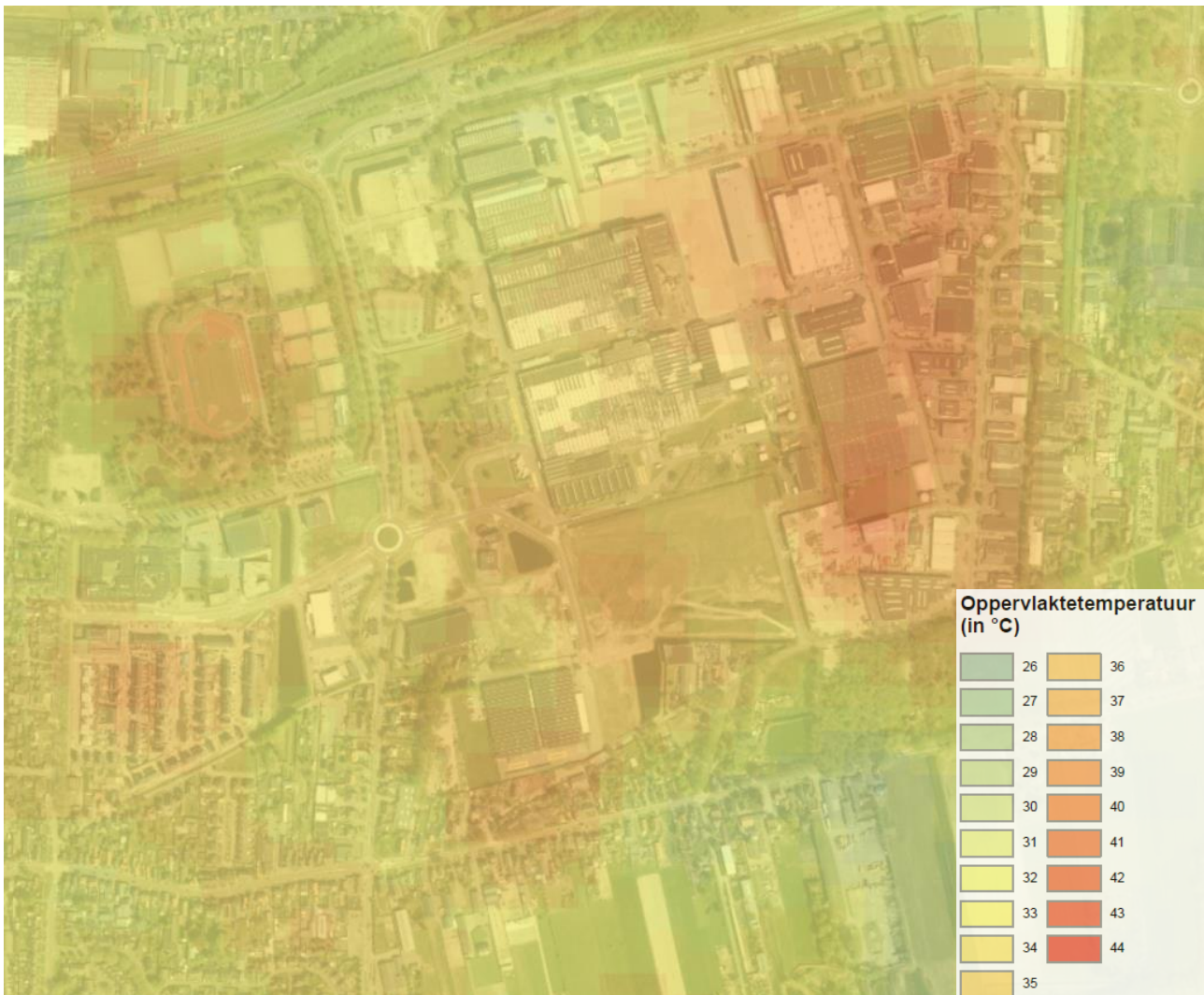
### Doeveren

In Doeveren worden vanwege de landelijke ligging van de kern geen hitte-eilanden waargenomen. De oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 28 °C en 32 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Wel is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Doeveren. Tot slot is het verkoelend effect van oppervlaktewater de Bergsche Maas terug te zien.

### Drunen

In Drunen is één sterk hitte-eiland te identificeren en daarnaast nog enkele gebieden daar omheen waar het ook wat warmer is dan de omliggende gebieden. Het grote hitte-eiland ligt in het noordoosten van de kern, deze is in

Figuur 21 waar te nemen. De temperaturen reiken hier tot de 40 °C en zijn maar liefst 5 - 10 °C hoger dan omliggende gebieden. In dit gebied wordt dan ook sterke hittestress ervaren. Uit de analyse van de luchtfoto blijkt dat op de locatie van het hitte-eiland een groot industrieterrein gelegen is. Hier is relatief weinig verdamping vanwege een hoog percentage verharding. Dit zorgt ervoor dat er weinig verkoeling mogelijk is en temperaturen oplopen. Het grote verschil met de omgeving wordt daarnaast versterkt door de aanwezigheid van landbouwgebieden. Vermoedelijk waren deze velden in bloei tijdens de satellietopname. Hierdoor vindt er veel verdamping plaats met een verkoelend effect. Ten westen van dit industrieterrein komen enkele kleinere gebieden voor, waar de temperaturen een stuk warm zijn dan omliggende gebieden. Ook hier wordt sterke hittestress ervaren, welke veroorzaakt wordt door een braakliggend terrein en een sportpark met een kunststof atletiekondergrond en velden van kunstgras. Daarnaast is in het gehele centrum veel bebouwing en relatief weinig ruimte voor groen. Door deze verhouding vindt weinig verkoeling door verdamping plaats en lopen de temperaturen op. In het centrum kan dan ook hittestress ervaren worden.



Figuur 21 Thermisch infrarood satellietbeeld van kern Drunen. (datum: 26 juli 2018)

#### Elshout

In Elshout is één hitte-eiland te identificeren in het oosten van de kern. Oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 33 °C en 38 °C, met licht tot sterke hittestress als gevolg. Dit hitte-eiland wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een klein industrieterrein. Verder is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Elshout.

#### Haarsteeg

In Haarsteeg wordt vanwege de landelijke ligging van de kern geen hitte-eilanden waargenomen. Oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 30 °C en 34 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Wel is



duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Haarsteeg.

#### Hedikhuizen

In Hedikhuizen wordt vanwege de landelijke ligging van de kern geen hitte-eilanden waargenomen. Oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 27 °C en 34 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Wel is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Hedikhuizen

#### Heesbeen

In Heesbeen is één sterk hitte-eiland te identificeren in de gehele kern. De oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 30 °C en 38 °C, met licht tot sterke hittestress als gevolg. Dit hitte-eiland wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een industrieterrein.

#### Herpt

In Herpt wordt vanwege de landelijke ligging van de kern geen hitte-eilanden waargenomen. De oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 31 °C en 33 °C, met matige hittestress als gevolg. Wel is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Herpt.

#### Heusden

In Heusden is één licht hitte-eiland te identificeren in het centrum van de kern. De oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 26 °C en 33 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Dit hitte-eiland wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van veel verharding in het centrum. Verder is duidelijk te zien dat de temperaturen in de naastgelegen omgeving koeler zijn door de aanwezigheid van veel oppervlaktewateren. De omliggende oppervlaktewateren zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving.

#### Nieuwkuijk

In Nieuwkuijk is één sterk hitte-eiland te identificeren in het noorden van de kern. De oppervlaktetemperaturen liggen in de kern tussen de 30 °C en 40 °C, met licht tot sterke hittestress als gevolg. Dit hitte-eiland wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een groot industrieterrein ten noorden en zuiden van de A59. De rest van de kern ervaart grotendeels matige hittestress. Er is één klein gebied waar de hittestress als licht ervaren wordt. In dit gebied, ten noorden van de Nieuwkuijksestraat, is een hoger percentage groen aanwezig waardoor oppervlaktetemperaturen minder snel oplopen.

#### Oudheusden

In Oudheusden is één licht hitte-eiland te identificeren in het centrum van de kern. De oppervlaktetemperaturen liggen hier tussen de 29 °C en 34 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Dit hitte-eiland wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van veel verharding in het centrum. Verder is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Oudheusden.

#### Vlijmen

In de kern Vlijmen zijn enkele kleine hitte-eilanden te identificeren. In het noordoosten van de kern en in het zuidwesten van de kern. De oppervlaktetemperaturen in de kern liggen tussen de 28 °C en 38 °C, met licht tot sterke hittestress als gevolg. De net genoemde hitte-eiland in het noordoosten wordt veroorzaakt door een braakliggend terrein. Het andere hitte-eiland in het zuidwesten wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een klein industrieterrein.

## **4.4 Opwarming oppervlaktewater**

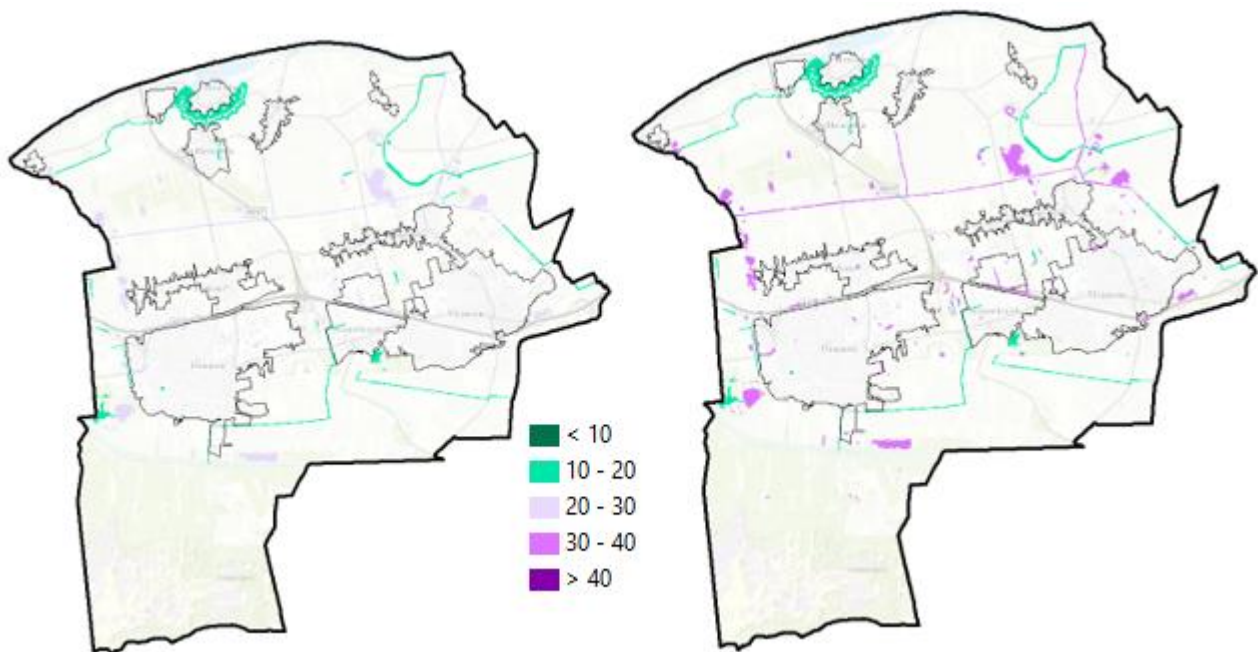
De toename van zomerse en tropische dagen heeft gevolgen voor het oppervlaktewater. Tijdens langdurig warme periodes kan met name stilstaand oppervlaktewater sterk opwarmen. Ook bij langdurige droogte verdampt veel water, neemt het volume af en warmt water sneller op. Dit kan nadelige effecten hebben voor de waterkwaliteit wat een bedreiging kan vormen voor ecologie en recreatie.

De Klimateffectatlas toont de langste aaneengesloten periode van dagen per jaar, waarin de watertemperatuur hoger is dan 20°C. Vanaf die temperatuur gedijen (ongewenste) exotische planten en dieren, blauwalgen, ziekteverwekkers- en -verspreiders beter. De analyse in paragraaf 3.4 'Knelpunten waterkwaliteit (H3. Droogte)' heeft tevens invloed op het gedijen van ziekteverwekkers. Oppervlaktewater dat méér dan drie meter diep is, is niet opgenomen in het kaartbeeld van de Klimateffectatlas. De weersinvloeden en locatie specifieke factoren zoals waterdiepte en bebouwingsdichtheid zijn opgenomen in het rekenmodel.

### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

In Figuur 22 is de opwarming van het oppervlaktewater in de gemeente weergegeven met een doorkijk naar 2050. Tot 2050 is de verwachting dat het aantal opeenvolgende dagen waarop het oppervlaktewater warmer is dan 20 °C toeneemt van 10-30 opeenvolgende dagen in het huidige klimaat, naar 10-40 dagen in 2050. Momenteel is er sprake van 10 tot 30 opeenvolgende dagen met oppervlaktewater boven deze waarde voor een aantal oppervlaktewateren binnen de gemeente. Zoals eerder beschreven kan dit nadelige effecten hebben op de waterkwaliteit.

In een aantal oppervlaktewateren spelen nu al waterkwaliteitsproblemen. Zo zijn de Elshoutse Wielen en de roeivijver kwetsbaar voor blauwalg. In diverse watergangen speelt nu al een probleem met kroos en draadalgen; dit zal door temperatuurstijging verder gaan toenemen.



Figuur 22 Langste opeenvolgende reeks dagen met oppervlaktewater > 20 °C; huidig (links) en in klimaatscenario WH2050 (rechts) (bron: Klimateffectatlas, geraadpleegd op 28 februari 2019)

## 5 OVERSTROMING

Nederland is beschermd tegen hoogwater door waterkeringen. Ons land staat internationaal bekend om onze sterke dijken, maar toch kunnen ook wij te maken krijgen met de gevolgen van het doorbreken van een dijk. Omdat de effecten van een overstroming groot kunnen zijn en per locatie sterk kunnen verschillen, is het waardevol om inzicht te krijgen in de kans op zo'n overstroming. Deze kans kan in de toekomst anders zijn dan nu, bijvoorbeeld door veranderende neerslagpatronen.

Als overstromingen plaatsvinden, zal er economische schade optreden aan bijvoorbeeld gebouwen en infrastructuur en ontstaat grote maatschappelijke ontwrichting. Ook is er een kans dat mensen gewond raken of zelfs overlijden als gevolg van verdrinking, onderkoeling of verminderde bereikbaarheid van hulpdiensten. In werkelijkheid kan de overstromingskans in de toekomst ook kleiner zijn, omdat de sterkte van de waterkeringen in 2050 groter kan zijn.

In dit hoofdstuk is de kwetsbaarheid van de gemeente Heusden met betrekking tot overstromingen in kaart gebracht voor de onderstaande aspecten. Hierbij is gebruik gemaakt van de analyses van de risicokaart.

### 5.1 Overstromingsdiepte

De overstromingsdiepte bepaalt de mate waarin een gebied wordt blootgesteld aan de effecten van een overstroming. Het is één van de factoren die van belang is voor de hoeveelheid schade en slachtoffers bij een overstroming. Ook bij beperkte overstromingsdiepten, bijvoorbeeld van een halve meter, kan de impact groot zijn. Dit omdat elektriciteit, drinkwater, telecom en internet dan vaak niet meer beschikbaar zijn.

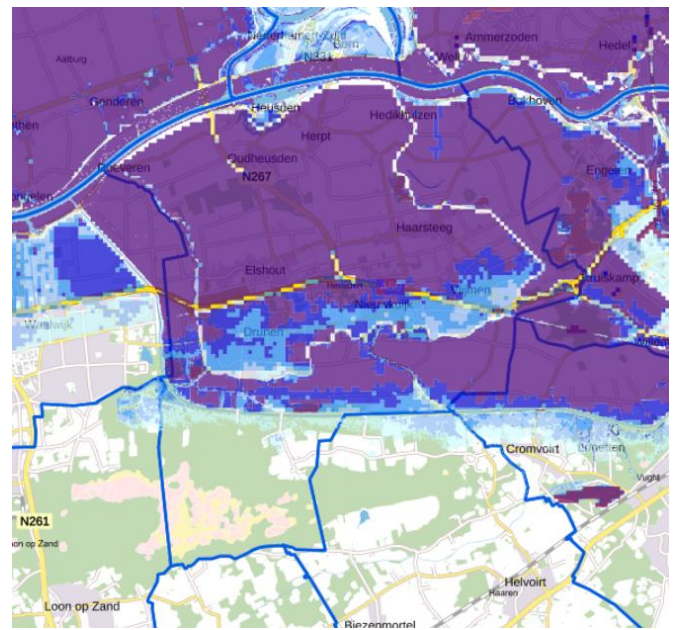
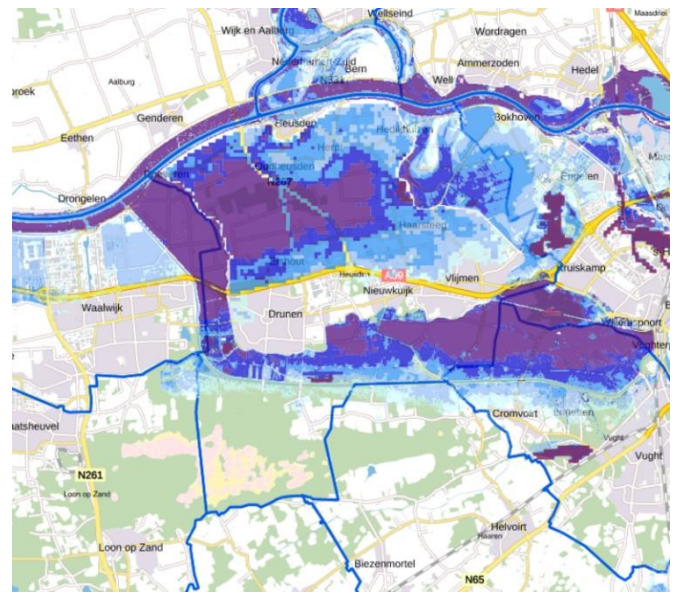
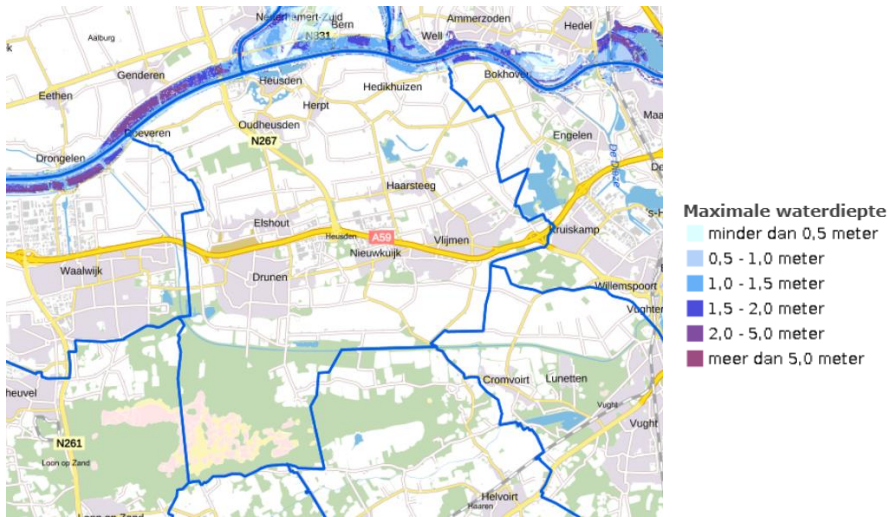
De kwetsbaarheid van de gemeente Heusden voor overstromingen is in deze stresstest in beeld gebracht via data van risicokaart.nl (Figuur 23). De kaarten laten zien welke gebieden kunnen overstroomd worden en welke overstromingsdiepte maximaal kan optreden. De kaarten zijn gebaseerd op overstromingsscenario's met drie verschillende waarschijnlijkheden, 1) grote kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 10 jaar kunnen worden getroffen, 2) middelgrote kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 100 jaar kunnen worden getroffen, en 3) kleine kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 1000 jaar kunnen worden getroffen. De kaarten geven het ruimtelijke beeld van alle mogelijke overstromingen op allerlei plaatsen en vanuit diverse bronnen. De getoonde overstromingen treden in de werkelijkheid nooit allemaal tegelijkertijd op.

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Heusden?

De effecten van een overstroming zijn in de gemeente Heusden groot, echter is het risico en de kans op overstroming erg klein.

Bij een overstroming met een kans van eens per tien jaar blijkt volgens data van risicokaart.nl dat het grondgebied van de gemeente Heusden enkel in het noordoostelijke deel (Hedikhuizen) bij een doorbraak van keringen overstroomt, met overstromingsdieptes van 0,5 tot 1,5 m. Kijkend naar een middelgrote overstromingskans (eens per honderd jaar), zijn de gevolgen van een mogelijke overstroming veel groter. Bij een dergelijk overstroming overstroomt vrijwel het volledige noordelijke deel (grondgebied boven de A59) alsook het grondgebied ten zuiden van Drunen, Nieuwkuijk en Vlijmen. Overstromingsdieptes variëren van 0,5 tot 5,0 meter, waarbij het noordwesten en zuidoosten van de gemeente het hardst worden getroffen. De Loonse en Drunense duinen blijven droog. Bij een overstroming met een kleine kans (eens per duizend jaar) overstroomt het volledige grondgebied van de gemeente Heusden. Enkel de Loonse en Drunense duinen blijven droog. Overstromingsdieptes liggen voor het gehele gebied tussen de 2,0 en 5,0 meter, behalve ter hoogte van de kernen Drunen, Nieuwkuijk en Vlijmen, waar de dieptes wisselen van 1,0 tot 2,0 meter.

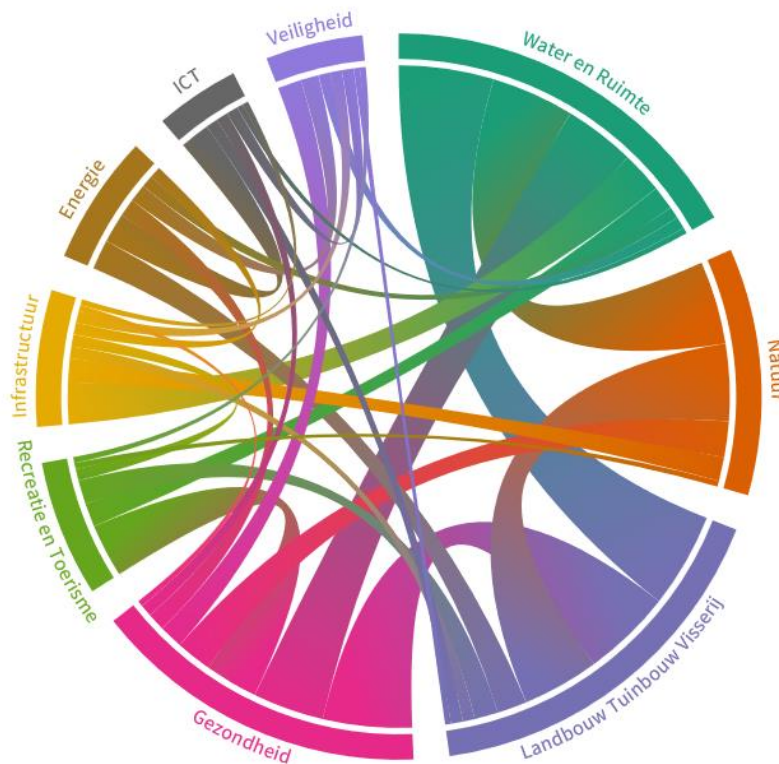
Bij dergelijke overstromingen (met name 1/100 en 1/1.000) is evacuatie de enige maatregel. Het takenpakket van evacuatie ligt bij de veiligheidsregio. Zoals gezegd is het risico op overstroming erg laag. Het Waterschap en de veiligheidsregio stellen dat de kwaliteit en stabiliteit van de dijken momenteel onder controle zijn. Om de kans op overstromingen nu en in de toekomst (nog verder) te verkleinen, kan de gemeente Heusden het Waterschap en de veiligheidsregio ondersteunen door het belang van goede dijken en de stabiliteit en kwaliteit van goede dijken te borgen in gemeentelijke plannen en ruimtelijke ontwikkelingen.



Figuur 23 Kans op overstroming: Boven: Grote kans (1/10 jaar), midden: middelgrote kans (1/100 jaar) en onder: kleine kans (1/1.000 jaar)

## 6 AANPAK SECTORANALYSE

De impact van klimaatverandering op de gemeente Heusden is voor hitte, droogte, wateroverlast en overstroming in voorgaande hoofdstukken inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse blijkt dat sommige locaties binnen de gemeentelijke grenzen kwetsbaar zijn voor hittestress, wateroverlast en droogte. Voor een goede aanpak van deze effecten van klimaatverandering is een gedegen inzicht nodig. Om dit te bereiken zijn de effecten in beeld gebracht voor negen sectoren die in de Nationale Adaptatie Strategie door het Rijk zijn opgesteld (Figuur 24). Er is sprake van een breed scala aan effecten, die ingrijpen op verschillende schaalniveaus. De effecten kunnen omvangrijk zijn, beperkt maar talrijk, op korte termijn plaatsvinden of in de loop van de eeuw pas optreden. Ook zijn cumulatieve effecten mogelijk, zowel binnen sectoren als tussen sectoren onderling. Deze zogenaamde cross-sectorale effecten worden in onderstaand figuur weergegeven. Deze cross-sectorale effecten betreffen indirecte effecten die invloed hebben op meerdere sectoren. Het figuur laat zien dat tussen de sectoren water en ruimte, gezondheid, natuur en landbouw, tuinbouw en visserij de meeste gezamenlijke effecten zijn. Ook tussen IT en telecom en de sector energie is een duidelijke overlap aan indirecte effecten aanwezig. Voor de uitwerking van een klimaatstrategie en tijdens de risicodialoog is het van belang om rekening te houden met de integraliteit en impact van maatregelen op verschillende sectoren.



Figuur 24 Overzicht cross-sectorale effecten

Per sector is een studie verricht waarin de directe en indirecte effecten zijn geïventariseerd en de verschillende stakeholders zijn benoemd. Tijdens een werksessie zijn de resultaten van de Klimaatstresstest gepresenteerd aan vertegenwoordigers van diverse beleidsvelden binnen de gemeentelijke organisatie en enkele externe vertegenwoordigers van sectoren. In de navolgende hoofdstukken worden de sectoren geanalyseerd. Verdiepende informatie over de potentiële effecten van klimaatverandering voor de betreffende sector is opgenomen in Bijlage B.

De resultaten van de klimaatstresstest (H2 t/m 5) en specifiek de navolgende sectoranalyse (H7 t/m H15) bieden een basis voor de aankomende klimaatdialogen.

## 7 SECTOR WATER EN RUIMTE

### 7.1 Definitie sector en stakeholders

De sector Water & Ruimte omvat de waterinfrastructuur, de bouwsector en de ontwikkeling van bestaande bouw en openbare ruimte (ruimtelijke ordening).

De belangrijkste stakeholders die een specifieke rol hebben en krijgen in adaptatie voor deze sector zijn:

- Gemeenten: grote rol op lokaal niveau door het verankeren van adaptatie in lokaal beleid en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, provincies: grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid, de inzet van keuringsdiensten en kennisdeling met overige stakeholders. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische bedrijven: bedrijven van akkerbouwers, tuinbouwers, veehouderijen en vissers kunnen adapteren door maatregelen te treffen zoals het aanpassen van hun bedrijfsvoering en de ruimtelijke inrichting. Daarbij kunnen bedrijven zich verenigen en kennis delen. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische ondernemersorganisaties en vakbonden: voornamelijk een adaptatierol in informatievoorziening (bijv. kennisdelen, voorlichting). Ondersteuning bieden aan ondernemers bij adaptatiesamenwerkingen.
- Waterpartners: drinkwaterbedrijven, Rijkswaterstaat en waterschappen.

### 7.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Over het algemeen is er de afgelopen jaren weinig wateroverlast in de gemeente Heusden ervaren. Waar in de omgeving, met onder andere Den Bosch en Tilburg, hevige regenbuien zijn gevallen, is Heusden “de dans tot nu toe ontsprongen”. Zo was 2016 een natte zomer, waarbij met name rondom Eindhoven buien met een herhalingskans van 1/500 jaar vielen met veel schade aan gebouwen en kassen als gevolg. Ook in Heusden was het nat, maar van een ondergelopen situatie was geen sprake. Waar de laatste echte wateroverlast binnen de gemeente uit 2011 dateert, worden klimaatverandering en de mogelijke risico's wel erkend en herkend.
- Een aantal kernen maar met name Vlijmen, Nieuwkuijk, Drunen en Oudheusden zijn kwetsbaar voor wateroverlast. Zo weet men nog goed de wateroverlast uit 2011 in de Drunense wijk Venne-Oost waar het water op straat bleef staan en water via de wc's omhoogkwam.
- De gemeente is met name kwetsbaar bij overstorten op relatief kleine watergangen, ofwel de haarvaatjes van het watersysteem. De sloten die nu in de gemeente liggen zijn zeer smal en in combinatie met een relatief hoog percentage verharding is de waterberging momenteel vrij gering en onvoldoende voor de toekomstige neerslagtrends. De grote vraag binnen de gemeente is dan ook “waar kunnen we het water kwijt, waar gaan we de extra ruimte vinden?”. Het rioleringsstelsel ligt er en de ondergrond is (over)vol. Ruimte om ergens anders water op te vangen moet worden gevonden.
- De effecten van droogte zijn binnen de gemeente Heusden momenteel met name merkbaar bij de poeltjes in de Loonse en Drunense duinen die waterkwaliteitsproblemen vertonen en droogvallen.
- Funderingsschade door droogte wordt binnen de gemeente Heusden niet herkend.
- Dat hitteoverlast daadwerkelijk speelt, merkt de gemeente in een verminderde vraag naar tuinen op het zuiden bij locatieontwikkelingen.
- De bewerkbaarheid van gronden in de omgeving van Heusden/Oud Heusden is na natte periode merkbaar slechter dan de rest van de gemeente. Hierdoor is maaien/beheer en onderhoud voor de gemeente op deze locaties lastig.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

Aandachtspunten en signaleringen die tijdens de werksessies zijn benoemd zijn:

- Binnen het thema wateroverlast ziet de gemeente met name uitdagingen in het creëren van voldoende ruimte om lokaal water op te vangen en vast te houden. Voor regionale wateropvang ter ontlasting van Den Bosch en omgeving zijn namelijk al verschillende waterbergingsgebieden ingericht (zoals de aanpassing van de loop via het Vlijmens Ven). Deze waterbergingsgebieden zijn enkel ter ondersteuning van het afvoeren van regionaal water, en ontlasten Drunen en Vlijmen bijvoorbeeld niet ten tijde van extreme neerslag.

- Geplande inbreidingslocaties in Vlijmen en Drunen zijn kwetsbaar voor wateroverlast. Hier moet goed worden nagedacht over waterberging. Ontwikkelen is mogelijk, maar het stellen van voorwaarden zoals waterdoorlatende verharding en groene daken aan de ontwikkeling is noodzaak.
- Voor wateroverlast, maar ook de andere klimaatthema's geldt dat slimme combinaties, waarbij ruimte voor zon, wind en klimaatverandering worden gecombineerd, binnen de gemeente als oplossing worden gezien. Een goed voorbeeld is het Geerpark, een nieuwbouwoontwikkeling waar ruimte voor groen, water, biodiversiteit en het combineren van functies is meegenomen. Of de herinrichting van het Van Greunsvenpark in Vlijmen waar ruimte is gekomen voor waterberging, koelte, meer biodiversiteit en recreatie. Ondanks deze goede voorbeelden is klimaatverandering in de gemeente nog te weinig geïntegreerd in planprocessen. Dat heeft enerzijds zijn oorzaak in de financiële overwegingen en anderzijds blijft er een te grote behoefte bestaan aan het verharderen van de openbare ruimte. Ruimtes die beschikbaar zijn voor klimaatverandering, functioneren nu soms te weinig. Zo zijn er wadi's waar niet of nauwelijks water in staat en liggen er veel ongebruikte kansen voor dubbelgebruik of wel het combineren van functies. Voor wat betreft klachten aangaande wateroverlast, hebben meldingen hoofzakelijk betrekking op water op straat en water in de woning vanuit lozingstoestellen (toilet).
- Verder speelt ook de vraag hoe groot de inspanning van de gemeente moet en kan zijn in het treffen van maatregelen. De gemeente heeft 25% van grond in eigen bezit met daarin een eigen rioleringsstelsel, maar hoe kunnen we wateroverlast op de overige 75% van de grond aanpakken? En is het überhaupt erg als er 20 centimeter water voor drie uur op straat blijft staan? Kansen worden gezien door de haarvaten van het watersysteem te benutten, wat betekent dat het waterverhaal al in de tuin van de burgers begint. Samenwerking met burgers en bedrijven wordt door de gemeente daarom ook als noodzakelijk en wenselijk gezien. Het vragen naar de behoefte en wat er binnen de eigen leefomgeving als belangrijk wordt gezien, worden naast het luisteren naar burgerinitiatieven, het opzetten van acties en stimulansregelingen, als elementen gezien om eigenaarschap bij de burgers te creëren, waardoor gezamenlijk richting een klimaatrobuuste gemeente kan worden gewerkt. Er zijn momenteel al afkoppelsubsidies beschikbaar binnen de gemeente, maar hier wordt nog niet veel gebruik van gemaakt. Een reden die genoemd wordt is dat aanvragen relatief vaak worden afgewezen, wat de stimulerende werking tenietdoet.
- Bewustwording en bewustzijn aangaande klimaatverandering verschilt sterk binnen de gemeente. Zo is er in de kern van Heusden veel minder bewustzijn dan in de kleinere kernen met meer ruimte en grotere tuinen, waarschijnlijk omdat hier gewoonweg meer ruimte is om maatregelen te treffen. De 'gewone burger' is zich niet bewust van water en waar het blijft. Normaliter stroomt regenwater direct weg, waarna het ook direct vergeten wordt. Om bewustwording te vergroten is de gemeente Heusden momenteel een samenwerking met de HAS gestart, waarin klimaatverandering en de effecten worden gevisualiseerd en daarmee grijpbaar worden gemaakt voor alle inwoners van de gemeente.
- Het creëren van bewustzijn rondom klimaatverandering is noodzakelijk, omdat naast wateroverlast door extreme neerslag ook de gevolgen van droogte en hitte steeds in grotere mate zullen voorkomen. Om droogte te bestrijden dient meer ruimte voor groen en infiltratie in de bebouwde omgeving gereserveerd te worden. In nieuwe wijken is dit al wel onderdeel van de inrichting, maar in bestaande wijken is ruimte zeer gering.
- Binnen de gemeente is warmtebestendig bouwen niet vastgelegd en gaat het enkel over energieneutraal en bijna energieneutraal bouwen. Op locaties waar warmtebestendig wordt gebouwd, dient de isolatie hittestress tegen te gaan, echter worden klachten over hitteoverlast regelmatig ontvangen. Hierbij zouden bomen een belangrijke oplossing kunnen zijn, echter spelen gevolgen voor een verminderde opbrengst van zonnepanelen een belangrijk rol.

## 8 SECTOR LANDBOUW, TUINBOUW EN VISSERIJ

### 8.1 Definitie sector

De sector Landbouw, Tuinbouw & Visserij (LTV) omvat alle veehouderijen, alle typen open teelten, bedekte en onbedekte tuinbouw en visserij. De recreatieve visserij behoort niet tot deze sector en valt onder de sector recreatie en toerisme.

### 8.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen & aandachtspunten klimaatadaptatie

In de gemeente Heusden zijn het met name de klimaateffecten van droogte en wateroverlast die bedreigingen vormen voor de agrarische sector, "...de ondergrond is te droog waardoor water niet goed in de bodem kan infiltreren. Hierdoor moeten we bij piekbuien het water snel wegpompen om wateroverlast te voorkomen, terwijl we het water in drogere perioden wel nodig hebben" aldus de ZLTO.

Over het algemeen geldt echter dat de gemeente Heusden de dans tot nu toe is ontsprongen. Droogte en wateroverlast hebben binnen de agrarische sector nog niet echt tot grote problemen geleid. Dit komt met name omdat het poldersysteem bestaat uit peilgestuurde gebieden en er tot nu toe nog heel beperkt een beregeningsverbod is geweest. Zo heeft de tuinbouw in de afgelopen zomers stevig beregend. De tuinbouw (waaronder de boomkwekerijen bij Giersbergen) contrasteerde echter enorm tegenover de naastgelegen bossen die stonden te verdorren. De verwachting is echter dat er steeds vaker een beregeningsverbod zal gaan gelden en droogte en wateroverlast binnen de agrarische sector wel degelijk tot problemen zullen gaan leiden. Voor nu en in de nabije toekomst geldt dat het noodzakelijk is water op te vangen, en langzaam over de gebieden te verspreiden.



## 9 SECTOR GEZONDHEID

### 9.1 Definitie sector

De sector Gezondheid bestaat uit alle zorg verlenende diensten gericht op de mens voor zowel genezing, verzorging en verpleging en preventie als maatschappelijke zorg. Onderstaande subsectoren zetten in op gezondheid en o.a. de gevolgen van het klimaat op de gezondheid. Tevens kan iedere inwoner ook zelf preventiemaatregelen treffen om zich te “wapenen” tegen de negatieve gevolgen van het klimaat op gezondheid (b.v. bij hitte extra drinken):

- Medisch- specialistische zorg (ziekenhuizen en specialistenpraktijken)
- Geestelijke gezondheidszorg (Psychiatrie, ambulante geestelijke gezondheidszorg, verslavingszorg)
- Huisartsenzorg
- Verloskunde
- Ouderenzorg
- Gehandicaptenzorg (Lichamelijk en geestelijk gehandicaptenzorg)
- Jeugdzorg, kinderopvang, peuterspeelzaal, buitenschoolse opvang & internaten
- Sociaal & cultureel werk en ouderenwerk
- Overige zorginstellingen (Ambulancediensten, psychologie, alternatieve gezondheidszorg)
- Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (gemeentelijk als intergemeentelijk)

### 9.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Risico's van klimaatverandering op gezondheid worden door de gemeente Heusden erkend. Binnen de gemeente ontbreekt gezondheid echter nog als aspect in het beleid en de omgevingsvisie. De gemeente ziet hoofdzakelijk een taak om burgers preventief te informeren over de risico's en hoe deze te voorkomen dan wel beperken. Hierin baseert de gemeente zich op advies van de GGD en wordt het nationale hitteplan van het RIVM gevolgd. Advies wordt vervolgens via de gemeentelijke website en sociale media gedeeld, waar een filmpje met daarin Claudia de Breij vertellend over het nationale hitteplan een voorbeeld van is.
- Voor wat betreft arbeidsomstandigheden en hittestress, is er op bedrijventerreinen momenteel aandacht voor hitte, maar zijn de maatregelen werkgeversspecifiek. Over het algemeen wordt het advies van de FNV gevolgd, waarbij het onder andere over het instellen van een tropenrooster voor buitenmedewerkers, extra drinkvoorzieningen en pauzes gaat. Op dit moment is er binnen de gemeente behoefte aan gemeentelijk beleid aangaande hittestress en te nemen maatregelen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in specifieke buitenwerkzaamheden.
- De gemeente ziet de toenemende kans op infectieziektes als groot risico. Dit komt bijvoorbeeld omdat blauwalg nu al in behoorlijk wat water voorkomt (
- In de openbare ruimte spelen gezondheidsaspecten zoals water op straat vanuit gemengde rioolstelsels, waterkwaliteitsproblemen zoals blauwalg, en hitte.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- De gemeente voorziet de grootste risico's rondom kwetsbare groepen. Hierbij gaat het vooral om ouderen, die bij warm weer nu al overlast van de hitte ervaren. Naast verpleeg- en verzorgingsehuizen, gaat het hier ook om ouderen die nog thuis wonen. Om de kwetsbare locaties (ofwel hittestress met ouderen locaties) te lokaliseren, is het idee geopperd om de hitte-eilandkaart over de sociale kaarten van de gemeente te leggen.
- Naast de gemeente neemt ook de veiligheidsregio hitte als specifiek risico binnen klimaatverandering mee (Regionaal risicoprofiel Veiligheidsregio Noord Brabant 2018). De veiligheidsregio voert regie op de voorbereiding van de gevolgbestrijding samen met haar partners en gaat na of en op welke wijze ze nog meer kan betekenen naast de gevolgbestrijding.
- Vanuit de watersamenwerking is in de regio Noord Oost Brabant een verdiepingsslag uitgevoerd naar klimaatadaptatie. Vanuit die verdiepingsslag worden nu vanuit de regio gesprekken opgestart met de GGD om te verkennen waar de kwetsbaarheden liggen op het gebied van gezondheid.

## 10 SECTOR RECREATIE & TOERISME

### 10.1 Definitie sector

De sector Recreatie & Toerisme omvat inrichtingen en activiteiten omtrent vrijetijdsbesteding buitenshuis in Nederland, de mensen die er werkzaam zijn en de binnen- en buitenlandse gebruikers ervan. Voorbeelden van inrichtingen en activiteiten zijn: (buiten)sporten (watersport, wintersport, visserij, fietsen, wandelen); horeca (eetgelegenheden als restaurants en cafés en accommodaties als hotels, hostels, campings); in- en outdoor uitjes (dierentuinen, attractieparken, bowlingscentra). Met 'gebruikers' wordt verwezen naar de bezoekers, recreanten en toeristen. Voor hen zijn de weersomstandigheden een bepalende factor in het besluitvormingsproces omtrent vrijetijdsbesteding (van Minnen & Amelung, 2012) (de Jonge, 2008). Klimaatverandering heeft daarom invloed op dit besluitvormingsproces. Daarnaast is het aannemelijk dat de invloed van klimaatverandering op recreatie groter is dan op toerisme omdat keuzes voor vakantiebestemmingen (toerisme) vaak op langere termijn worden gemaakt, wanneer er minder bekend is over de weersomstandigheden (de Jonge, 2008). Bij recreatie kan deze keuze ook op het laatste moment worden genomen.

Verwacht wordt dat de volgende stakeholders een rol kunnen hebben in klimaatadaptatie:

- Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Gemeenten: Adaptatie in lokaal beleid verankeren en het treffen van adaptatiemaatregelen (bijv. ruimtelijke inrichting openbare ruimte, voorzieningen m.b.t. RT), vooral voor RT-voorzieningen waarvan de gemeente eigenaar is.
- Ondernemers (vooral sportaccommodaties en evenementenorganisaties): Adapteren door het uitvoeren van maatregelen (ruimtelijke inrichting, functiegebruik etc.) en informatievoorziening (voorlichting).

### 10.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- De impact van klimaatverandering op de sector recreatie en toerisme wordt binnen de gemeente herkend. Steeds meer mensen zoeken bij warm weer verkoeling op in het water. Hoewel niet alle locaties specifiek zijn ingericht als water, zijn De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roeivijver belangrijke recreatiegebieden.
- Met name hitte gerelateerde bedreigingen en kansen in relatie tot de sector recreatie en toerisme worden herkend. Hierbij gaat het met name om een verslechterde waterkwaliteit door aanwezigheid van blauwalg. In de afgelopen 10 jaren is de hoeveelheid alsook de periode van blauwalg in de grotere wateren en de Afgedamde Maas toegenomen.
- Evenementen krijgen te maken met afgelastingen door klimaateffecten zoals hitte. Er is bijvoorbeeld al een keer een volleybalevenement deels afgelast.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- Kijkend naar hitte en evenementen, worden er in de gemeente Heusden een redelijk aantal evenementen tijdens potentieel warme perioden georganiseerd. Hierbij valt te denken aan de 80 van de Langstraat. Bij de vergunningverlening van evenementen moet rekening gehouden worden met weersextremen en grote evenementen moeten een calamiteiten draaiboek hebben. Aanpassingen in starttijden zijn nog niet nodig geweest. Momenteel is het onduidelijk wanneer een evenement wordt afgeblazen, omdat het turn-key (ofwel het moment dat de mogelijke risico's overschreden worden) niet is vastgelegd. Daarbij komt dat het niet duidelijk is wie het doorslaggevende besluit over het wel of niet afblazen van een evenement dient te nemen. Het afblazen van een evenement en de (financiële) consequenties liggen op het gebied van communicatie, verzekeringstechnisch gevoelig en zijn tamelijk ingewikkeld.
- Op de sportvelden binnen de gemeente Heusden wordt enerzijds ervaren dat de velden te nat zijn, anderzijds spelen de negatieve effecten van droogte. In de toekomst ziet de gemeente onderhoud aan sportvelden als aandachtspunt. Niet kunnen sporten door afgekeurde velden roept namelijk meer klachten en meldingen vanuit burgers op dan verdort openbaar groen.

## 11 SECTOR NATUUR

### 11.1 Definitie sector

De sector Natuur (N) omvat alle flora en fauna in Nederland, in zowel gebieden met de bestemming natuur, als soorten en ecosystemen in gebieden met een andere bestemming zoals industriegebieden of binnensteden. Flora en fauna die door de mens wordt gehouden volgens menselijke doelstelling, zoals vee en huisdieren vallen hier dus niet onder. De definitie is afgeleid van een onderzoek van Wageningen UR en Stroming (Braakhekke, et al., 2014, p. 9), dat is opgesteld ter voorbereiding op de NAS, waarin de sector Natuur wordt beschouwd als: 'alles wat zichzelf ordent en handhaaft, al of niet beïnvloed door menselijk handelen, maar niet volgens menselijke doelstellingen'. In deze factsheet wordt niet gebruik gemaakt van een verdeling van subsectoren. De volgende stakeholders hebben een rol zullen in adaptatie:

- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in regionaal beleid en samenwerking met gemeenten, landelijke en regionale natuurbeheerder. Omdat de aanpak voor natuurlijkontwikkeling veelal op regionale schaal plaatsvindt heeft een provincie een grote rol.
- Gemeenten: Op lokaal niveau adaptatie verankeren in lokaal beleid, samenwerken met buurgemeenten en provincie. Informatievoorziening (kennisdeling, bewustwording etc.) richting gebruikers van natuurgebieden.
- Eigenaren natuurgronden: Uitvoeren van adaptatiemaatregelen in de ruimte.
- Natuurbeheerders: Partijen als Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten, maar ook beheerders op kleinere schaal, hebben een belangrijke adaptatierol door het uitvoeren van maatregelen en door informatievoorziening (agenderen bij andere partijen, voorlichting).

### 11.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Binnen de gemeente Heusden bevindt zich een verscheidenheid aan natuurgebieden, waaronder de Loonse en Drunense Duinen alsook een aantal bosgebieden en stedelijk groen die met name kwetsbaar zijn door toenemende hitte en verdroging. Zo vergroot toenemende hitte de kans op natuur- en bosbranden met grote gevolgen voor de natuur. Naast de eigenlijke brand, kan ook het blussen van de brand voor schade zorgen. De waterkwaliteit van bluswater kan door toenemende hitte behoorlijk verschillen, waardoor natuur onherstelbaar beschadigd raakt door bijvoorbeeld het blussen met nutriëntenrijk water bij schrale natuur.
- Droogte speelt ook in het gebied van Vlijmens Ven waar de gerealiseerde natuur schade kan ondervinden van een lagere grondwaterstand in droge perioden.
- Naast kwaliteit is ook de kwantiteit van bluswater een aandachtspunt in de gemeente Heusden. Extra oppervlaktewater is benodigd, waarbij gedacht kan worden aan het doorbreken van de visvijver in Vlijmen.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- Ook na een bepaalde tijd en ernst van droogte is schade aan de natuur onherstelbaar. In de gemeente wordt bij aanplant al rekening gehouden met droogteresistente soorten alsook het aanplanten van oudere weerbaardere planten. Dit is echter niet geborgen in het beleid, waarbij de keuzes momenteel veelal gebaseerd zijn op ervaringen uit het verleden.
- Daarbij geldt dat meer bomen en groen in de gemeente wenselijk zijn, maar het huidig beleid in het groenbeheerplan juist gericht is op de kap van bomen. Bladval wordt door burgers vaak als hinderlijk ervaren en parkeerplaatsen worden veelal boven bomen verkozen. Desalniettemin wordt het belang van bomen in sommige gevallen wel herkend. Zo zijn bomen aan de Kastanjelaan na instemming van de bewoners gekapt, waarna gedurende de hete zomer veel klachten van hitteoverlast zijn ontvangen. Herplant van bomen is vaak echter lastig door ruimtegebrek in de drukke ondergrond met de vele leidingen en kabels.
- Verder kijkend naar biodiversiteit, krijgen een aantal soorten door het veranderende klimaat steeds meer vrij spel. Zo is er een toename van de Japanse Duizendknoop, watervanel en processierups. Om snelle verspreiding te beperken zet de gemeente in op monocultuurbestrijding, waaronder een beperking op het toegestane percentage eiken.

## 12 SECTOR INFRASTRUCTUUR

### 12.1 Definitie sector

De sector Infrastructuur omvat de infrastructuur voor het transport van voertuigen, vaartuigen en vliegtuigen. Bij deze sector wordt onderscheid gemaakt in enerzijds de fysieke objecten van infrastructuur (risico's fysieke infrastructuur) zelf en anderzijds het gebruik ervan (systeemrisico's). De infrastructuur voor het transporteren van water valt onder de sector Water & Ruimte, voor energie onder de sector Energie, voor ICT onder de sector ICT, voor visvaart onder de sector Landbouw, Tuinbouw, Visserij en recreatief vaarvervoer onder de sector Recreatie & Toerisme. Met 'wegen' wordt dus enkel gerefereerd naar de wegen voor voertuigen en niet naar spoor- en vaarwegen.

Verwacht dat de volgende stakeholders een rol zullen krijgen in adaptatie:

- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Gemeenten: Grote rol in adaptatie voor de lokale infrastructuur door verankering in beleid, het uitvoeren van maatregelen (vooral ruimtelijke inrichting) en informatievoorziening (kennisdelen, voorlichting etc.).
- Rijkswaterstaat: Grote rol in adaptatie omdat de meeste bedreigingen impact hebben op deze partij en deze relatief grote rol (invloed) heeft in de aanleg, beheer en onderhoud van de grote wegen en vaarwegen. Dit omvat dus zowel het uitvoeren van maatregelen als informatievoorziening (kennisdelen, samenwerkingen etc.).
- ProRail, spoorvervoerders: Grootste rol in adaptatie voor de subsector spoorwegen, betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- Luchthavens, vliegmaatschappijen: Grootste rol in adaptatie voor de subsector luchtvaart., betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- Havenschappen, havenbedrijven, vaarbedrijven: Adaptatie door het uitvoeren van maatregelen (ruimtelijke inrichting, plannings).

### 12.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Binnen de gemeente Heusden gaat het binnen de sector infrastructuur met name om schade aan het wegdek door droogte en hitte. Zo is er schade ondervonden aan de vestingwallen en panden door verzakking. Verder zijn er in het verleden problemen geweest met uitzettende betonplaten onder de A59, welke bij reconstructie overigens zijn verholpen.
- Voor wat betreft infrastructuur en de bereikbaarheid van de gemeente Heusden ten tijde van extreme neerslag, zijn er meerdere kwetsbare locaties. Enkele voorbeelden zijn: Jonkheer de la Courtstraat, Torenstraat.).

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- In Hedikhuizen is vanuit bewoners de vraag gekomen of er in plaats van een zwarte deklaag bijvoorbeeld een bruine deklaag op het asfalt kan worden toegepast. Mogelijk wordt dit een pilot, om te zien wat het effect van een anderskleurige deklaag op hittestress alsook het eventuele smelten van (de slijtlagen van) het asfalt is.

## 13 SECTOR ENERGIE

### 13.1 Definitie sector

De sector Energie omvat de gehele energie infrastructuur, d.w.z. de hele keten van de productie van energie tot aan de levering bij de eindgebruiker. Dit omvat zowel energie van fossiele bronnen als hernieuwbare bronnen. Opmerkelijk van deze sector is de vitale rol die het speelt voor de Nederlandse maatschappij. De sectoren ICT, Gezondheid, Infrastructuur, Landbouw, Tuinbouw, Visserij, Water en Ruimte en Veiligheid worden steeds afhankelijker van de sector Energie. Bij uitval van de energievoorziening zullen de economische schade van de indirecte effecten voor deze andere sectoren dan ook groter zijn dan de economische schade van de energie-infrastructuur voor de sector Energie zelf.

De onderstaande stakeholders kunnen een rol krijgen in adaptatie. De maatregelen en beleidsontwikkelingen kunnen vaak gecombineerd worden met klimaatmitigatie.

- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Gemeenten: Op lokaal niveau adaptatie in beleid verankeren (vooral m.b.t. energievoorziening van MKB en huishoudens) en informatievoorziening (bijv. voorlichting).
- Elektriciteits- en gasproducenten: Adaptatiemaatregelen treffen om de weerbaarheid van de energie-infrastructuur te verbeteren.
- Landelijke en regionale beheerders (transmissie en distributie): Adaptatiemaatregelen treffen om de weerbaarheid van de energie-infrastructuur te verbeteren.
- Energiemaatschappijen: Aanpassing van bedrijfsvoering en producten en informatievoorziening over adaptatie en mitigatie naar klanten.
- Eindgebruikers: Kans op overbelasting van het net verkleinen door gedragsverandering.

### 13.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Geen specifieke kwetsbare locaties, kwetsbare locaties zijn gemeentebreed.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- Lokaal hebben de gevolgen van klimaatverandering op de energiesector met name betrekking op schade aan kabels en leidingen door wateroverlast. De grondwaterstand in de gemeente is dermate hoog dat projecten opgeschoven worden naar medio 2020, omdat de situatie in de grond dan beter is. Daarbij komt dat ondanks uitblijvende hevige regenval, de kans op wateroverlast inclusief uitval van voorzieningen wordt erkend.
- Op regionaal gebied is in het regionaal risicoprofiel uit 2018 van de Veiligheidsregio Brabant Noord verstoring van telecommunicatie en ICT opgenomen. Specifiek wordt klimaatverandering als trend benoemd. Door koelwaterbeperkingen voor energiecentrales kan leiden tot een tekort aan elektriciteit. Uitval van elektriciteit heeft kan leiden tot uitval van diverse andere vitale systemen, zoals telecommunicatie, ICT, rioolwaterzuiveringsinstallaties en trein- en luchtvaartverkeer. Daarnaast wordt het maatschappelijk verkeer ernstig verstoord. Stuwen, gemalen en sluizen kunnen functioneren niet meer of kunnen niet meer worden aangestuurd. Het tempo en de gevolgen van mogelijke uitval zijn nog onvoldoende in beeld. De capaciteit van de regio om deze risico's aan te kunnen is mogelijk onvoldoende. In 2019 is het programma Vitale Infrastructuur (waaronder de energie sector valt) gestart, waarin het verstevigen van het netwerk en de verbetering van samenwerking met partners centraal staat.

## 14 SECTOR INFORMATIE TECHNOLOGIE EN TELECOM

### 14.1 Definitie sector

De sector ICT omvat alle product- en dienstverlening omtrent informatie- en communicatietechnologie. Door de toename van de inbedding van ICT in het functioneren van de maatschappij wordt het steeds lastiger om deze sector te definiëren. In het verleden werden telecommunicatie en ICT nog vaak als twee verschillende subsectoren beschouwd. Zo wordt ook in de NAS geschreven over ICT en Telecom. Met telecommunicatie worden radio, televisie, telefonie en internet bedoeld. Door de opkomst van computersystemen en internet wordt telecom in de praktijk echter vaak ook als ICT beschouwd. Analoge radio, televisie en telefonie (PSTN, ISDN, COAX) verdwijnen immers langzaam en steeds meer service providers stoppen met deze diensten.

De volgende stakeholders hebben een rol in adaptatie:

- Rijksoverheid, provincies: Verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid.
- Gemeenten: Op lokaal niveau adaptatie in beleid verankeren (vooral m.b.t. energievoorziening van MKB en huishoudens) en informatievoorziening (bijv. voorlichting).
- ICT-operators: Zeer grote rol omdat de sector sterk geprivatiseerd en commercieel is en dus veel invloed heeft op de fysieke infrastructuur en bedrijfsvoering. Het uitvoeren van maatregelen ligt vooral in handen van deze verzameling van stakeholders.

### 14.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Gemeentebreed zijn er kwetsbare locaties.
- In het oog springen een paar gemeentelijke locaties: de servers van de gemeente staan op de tuinlaag die onder het straatniveau is gelegen. Het gemeentehuis ligt in een kwetsbaar gebied voor hemelwater dus dat vraagt om aandacht.
- De serverruimte in de gemeentewerf is kwetsbaar voor hitte, daar is aandacht voor in het vergroten van de koelcapaciteit.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- Lokaal hebben de gevolgen van klimaatverandering op de ICT sector met name betrekking op schade bij de aanleg van kabels en leidingen door wateroverlast. De grondwaterstand in de gemeente is dermate hoog dat projecten opgeschoven worden naar medio 2020, omdat de situatie in de grond dan beter is. Daarbij komt dat ondanks uitblijvende hevige regenval, de kans op wateroverlast inclusief uitval van voorzieningen wordt erkend.
- Op regionaal gebied is in het regionaal risicoprofiel uit 2018 van de Veiligheidsregio Brabant Noord versterking van telecommunicatie en ICT opgenomen. Bij uitval van telecom of ICT kunnen veel mensen en organisaties hinder van ondervinden, waaronder hulpverleningsorganisaties. Het tempo en de gevolgen van mogelijke uitval zijn nog onvoldoende in beeld. De capaciteit van de regio om deze risico's aan te kunnen is mogelijk onvoldoende. In 2019 is het programma Vitale Infrastructuur (waaronder de ICT sector valt) gestart, waarin het verstevigen van het netwerk en de verbetering van samenwerking met partners centraal staat.

## 15 SECTOR VEILIGHEID

### 15.1 Definitie sector

De sector Veiligheid (V) omvat alle hulp- en veiligheidsdiensten. De term 'veiligheid' kan worden gedefinieerd als een balans tussen mogelijke risico's (hazards) en beschermende maatregelen daartegen. De mate van afwezigheid van risico's bepaald de benodigde mate van de aanwezigheid van bescherming. Wanneer dit voldoende in balans is kan men 'ongestoord functioneren'. De sector is sterk verweven met andere sectoren. In het Nationale Veiligheidsprofiel 2016 wordt daarom onderscheid gemaakt in vijf typen nationale veiligheidsbelangen (zie tabel hieronder). De typen veiligheid zijn onderling met elkaar verbonden. Wanneer bijvoorbeeld de fysieke veiligheid onder druk komt te staan kan dit de economische veiligheid belemmeren. De volgende stakeholders hebben een rol in adaptatie:

- Ministerie van Justitie en Veiligheid (incl. AIVD, MIVD), Ministerie van Defensie: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal beleid, het treffen van maatregelen en informatievoorziening.
- Veiligheidsregio, politie, brandweer, gemeenten en GHOR (geneeskundige hulp bij ongevallen): De Veiligheidsregio is al een samenwerking tussen verschillende stakeholders en zijn van groot belang voor adaptatie voor zowel informatievoorziening (voor beleidsontwikkeling) als het uitvoeren van maatregelen. Eerste hulpdiensten zoals politie en brandweer hebben ook een belangrijke rol voor informatievoorziening (vooral voorlichting) en het treffen van maatregelen (zowel preventief als in nood).
- Provincies, gemeenten: Informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.) en samenwerking met de andere stakeholders. Gemeenten zijn voornamelijk van belang voor bevolkingszorg als onderdeel van de Veiligheidsregio's.
- Beveiligingsbedrijven: Rol in het treffen van maatregelen en het leveren van kennis over veiligheid bij klanten.
- Medische hulpdiensten (GHOR, ziekenhuizen, huisartsen etc.): Grote rol in adapteren voor voldoende fysieke veiligheid door het uitvoeren van maatregelen en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).

### 15.2 Praktijkervaringen van de gemeente

#### Praktijkervaringen kwetsbare locaties

- Tijdens extreme hitte is een toename van zwemmers in de Maas geconstateerd. In kader van de veiligheid wordt dit de komende jaren een steeds groter aandachtspunt.
- De bluswatervoorziening is een punt van aandacht. Er is al een vraag om bijvoorbeeld oppervlaktewater beter bereikbaar te maken voor de winning van bluswater.

#### Aandachtspunten en signaleringen klimaatadaptatie

- Op regionaal gebied zijn in het regionaal risicoprofiel uit 2018 van de Veiligheidsregio Brabant Noord de aspecten overstrooming door hoogwater in de Maas en natuurbranden opgenomen.
- Voor wat betreft natuur- en bosbranden zijn er in de gemeente Heusden een groeiend aantal meldingen, met een grote brand in de Loonse en Drunense Duinen medio 2018 als voorbeeld. Berm branden zijn door het maaiselbeleid afgenomen. Kijkend naar de situatie op regionaal gebied, is er een verdubbeling in natuurbranden: "Voor natuur
- branden werd de brandweer ruim duizend keer gealarmeerd, bijna een verdubbeling ten opzichte van 2017. Er waren drie keer zoveel meldingen van bosbranden als in 2017. In totaal werd de brandweer vorig jaar 360 keer gealarmeerd voor bosbranden. Van deze branden vond ruim 60 procent plaats in het warme en droge derde kwartaal (Brabants Dagblad, 20-03-2019).
- De bereikbaarheid van de kernen voor de hulpdiensten bij extreme neerslagsituaties wordt steeds verder bemoeilijkt.

## BIJLAGEN

- Bijlage A: Methodebeschrijving kwetsbaarheidsanalyses
- Bijlage B: Tabellen en toelichting sectoren
- Bijlage C: Resultaten wateroverlast
- Bijlage D: Resultaten droogte
- Bijlage E: Resultaten hitte
- Bijlage F: Overzichtskaart Klimaataspecten



## BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES

Hieronder zijn de methodebeschrijvingen voor de klimaataspecten wateroverlast als gevolg van extreme neerslag, droogte en hitte weergegeven.

### A1. Methodiek wateroverlast als gevolg van extreme neerslag

De kwetsbaarheidsanalyse voor het aspect extreme neerslag is gebaseerd op de factoren inundatiediepte en kwetsbare objecten/functies.

Met gebruik van het hydraulisch rekenmodel Infoworks ICM is een maaiveldmodel van het stedelijk gebied van Heusden gebouwd. Door middel van dit model zijn stroming en waterdieptes bij verschillende neerslaggebeurtenissen berekend. Het uitgangspunt hierbij is dat het water over maaiveld gaat stromen omdat de riolering volledig gevuld is en geen water meer afvoert.

De waterdieptes zijn inzichtelijk gemaakt door het gebruik van 3 gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen welke afkomstig zijn uit de bijsluitende gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie. De neerslaggebeurtenissen betreffen twee gebeurtenissen in één uur en een neerslaggebeurtenis in twee uur:

- 44 mm in 1 uur. Hoogst gemeten uursom ter plaatse van KNMI-station De Bilt tot 2014.
- 70 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsstijd van eens in de 200 jaar van voorkomen.
- 90 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsstijd van eens in de 500 jaar van voorkomen.
- 160 mm 2 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsstijd van eens in de 2000 jaar van voorkomen.

Voor de laatste drie neerslaggebeurtenissen geldt de voorspelling dat de herhalingsstijd gehalveerd is in 2050.

Het model is binnen één/twee uur met de volledige neerslagsom belast waarna het water over het maaiveld stroomt en zich in het oppervlaktewater en de laagste punten verzamelt. De stroming en maximale waterdiepte geven een indicatie van de gevoeligheid. De waterdieptes zijn voor de verschillende neerslaggebeurtenissen vanaf 0,05 m diepte ruimtelijk weergegeven.

Na het inzichtelijk maken van de maximale waterdiepten is de kwetsbaarheid van gebouwen en wegen in beeld gebracht. Voor de kwetsbaarheid van gebouwen is de maximale waterstand tegen het gebouw berekend. Vervolgens zijn de gebouwen ingedeeld in drie klasse welke de kwetsbaarheid aantonen:

- Geen water tegen het gebouw.
- Water tegen het gebouw, maar onder drempelniveau.
- Water tegen het gebouw en boven het drempelniveau.

De begaanbaarheid van wegen is afhankelijk van de maximale waterdiepte en de toegestane snelheid op een weg. Bij een hogere waterdiepte worden minder hoge snelheden bereikt als bij lage waterdiepte. Daarnaast zorgt een specifieke waterdiepte voor meer overlast op een snelweg dan op een lokale weg. Toegestane snelheden liggen hoger op een snelweg en men zal eerder last ondervinden van bijvoorbeeld aquaplaning. De begaanbaarheid van wegen is onderverdeeld in drie klassen:

- Goed begaanbaar, mogelijke snelheid ligt hoger dan de toegestane snelheid.
- Slecht begaanbaar, mogelijke snelheid ligt lager dan de toegestane snelheid, maar boven de 0 km/h.
- Onbegaanbaar, mogelijke snelheid is gelijk aan nul.

### A2. Methodiek droogte

Ter bepaling van de klimaatbestendigheid voor het thema droogte zijn de factoren vegetatie, neerslagtekort, bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsproblematiek onderzocht.

Voor de resultaten van de onderwerpen neerslagtekort, bodemdaling en zettingsgevoeligheid is gebruik gemaakt van de Klimateffectatlas. Voor de onderwerpen vegetatie en funderingsproblematiek is gebruik gemaakt van door Arcadis opgestelde onderzoeksmethodieken. Deze zijn hieronder verder toegelicht.

### **Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging**

Om inzichtelijk te maken welke gebieden gevoelig zijn voor verdroging met betrekking tot vegetatie, is gebruik gemaakt van de Water Wijzer Landbouw (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>). Deze tool is geschikt voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities (in dit geval klimaatverandering) op gewasopbrengsten.

Door de klimaatverandering zullen (langere) perioden van droogte vaker voorkomen. Wanneer er langere tijd geen neerslag valt, zijn gewassen afhankelijk van vochtlevering uit het grondwater door capillaire nalevering. De mate van capillaire nalevering verschilt per grondsoort en het effect per gewasstype. Om een eenduidige vergelijking te maken van droogtegevoelige gebieden is over de gehele gemeente uitgegaan van 1 referentietype gewas (gras). De gegenereerde kaartbeelden geven inzicht in welke gebieden gevoelig zijn voor gewasderfing in het huidige klimaat en de toename in vergelijking met het toekomstige klimaat (Wh-scenario; KNMI, 2015) als gevolg van droogte.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van:

- Eigenschappen van bodem (BOFEK2012)
  - o Bodemkaart uit de jaren 70
  - o Grondverbeteringen kunnen niet meegenomen zijn.
- Eigenschappen van gewassen (BRP gewassen)
- Grondwaterkarakteristieken (GLG/GHG): waterschap Aa en Maas
- KMNI-weerstation De Bilt → weer en klimaatscenario's:
  - o Huidige klimaat (1985-2010)
  - o Wh-klimaat (2036-2065).

Voor de eigenschappen van de bodem en gras is gebruik gemaakt van een studie van STOWA (STOWA-rapport 2018-48).

De grondwaterstand die is meegenomen in de analyse betreffen de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Hiervoor is het grondwatermodel gebruikt van het waterschap.

### **Kwetsbaarheid van funderingsschade als gevolg van paalrot**

Houten paalfunderingen zijn voornamelijk voor 1950 toegepast en worden over het algemeen alleen gebruikt op klei- en veengronden. Panden die voor 1950 gebouwd zijn op klei- en veengronden zijn dus kwetsbaar voor paalrot wanneer de grondwaterstand daalt. Tussen 1950 en 1970 zijn in mindere mate houten paalfunderingen toegepast. Panden gebouwd in deze periode op klei- en veengronden zijn mogelijk kwetsbaar voor paalrot.

## **A3. Methodiek hitte**

Voor het in beeld brengen van de hittegevoeligheid van de gemeente is voor de volgende onderwerpen gebruik gemaakt van de Klimateffectatlas; zomerse en tropische dagen per jaar, hittestress door warme nachten, opwarming oppervlaktewater en kwetsbare groepen voor hitte.

Daarnaast is gebruik gemaakt van een satellietbeeld in het thermisch infrarode spectrum. De sensorwaarden van dit satellietbeeld zijn gebruikt om de oppervlaktetemperatuur te berekenen. De temperatuurwaarden die hier uit voortkomen zijn bedoeld om de verschillen binnen de gemeente en binnen kernen te kunnen differentiëren. Hieronder is deze methodiek toegelicht.

### **Satellietbeeld thermisch infrarood**

In de stresstest is gebruik gemaakt van een thermisch infrarode opname van de Landsat 8 satelliet. Het grote voordeel van deze opname is dat het in één oogopslag een waarheidsgetrouw en gemeente dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. Het is dus in zekere zin op te vatten als een praktijkmeting. Daarbij moet wel in acht worden genomen dat de Landsat opname enkel de (ruwe) sensorwaarden bevat van de oppervlaktetemperatuur zoals gemeten door de satelliet.

In de stresstest zijn de sensorwaarden omgezet naar oppervlaktetemperatuur door middel van een aantal wiskundige formules. Allereerst is de temperatuur aan de 'top van de atmosfeer' (ongeveer 100km hoogte)

vastgesteld. Aan de top van de atmosfeer kan de balans tussen de inkomende straling van de zon en de uitgaande straling vanuit de aarde berekend worden. Samen met temperatuurconstanten gemeten door de satelliet kan deze temperatuur aan de top van de atmosfeer bepaald worden. De tweede stap is om de emissiviteit (in andere woorden de mate van uitgestraalde warmte) van het aardoppervlak vast te stellen aan de hand van de mate van vegetatie per gebied. Vegetatie gebruikt een groot deel van zichtbaar licht voor fotosynthese en kaatst dit licht dus nauwelijks terug, dit terwijl nabij-infrarood licht niet gebruikt wordt en dus geheel wordt teruggekaatst. De teruggekaatste straling van zichtbaar en nabij-infrarood licht wordt door de satelliet gemeten, zodoende kan het verschil in deze teruggekaatste straling worden bepaald. Aan de hand hiervan kan de absorptie van licht door het aardse oppervlak en via een vaste omrekenmodule de emissiviteit van warmte aan het aardoppervlak vastgesteld worden. Tot slot is met behulp van deze berekende emissiviteit, de temperatuur aan de top van de atmosfeer omgezet in oppervlaktetemperatuur.

De opnamecyclus van de Landsat 8 satelliet bedraagt 16 dagen. De omloopbaan van de satelliet om de aarde heeft enige overlap met zichzelf, waardoor het voor de meeste plaatsen mogelijk is om ongeveer elke 8 dagen een opname te verkrijgen. De opnamebaan is zo ingesteld dat, boven de Benelux, de opname altijd om 10:30 (UTC) wordt gemaakt. Dit komt vervolgens overeen met 11:30 (wintertijd) of 12:30 (zomertijd).

Een satellietopname is in principe alleen bruikbaar voor de op dat moment onbewolkte gebieden in het opnamebeeld.




























## BIJLAGE B KANSEN, BEDREIGINGEN EN SECTOREN

### Sector Water & Ruimte





















#### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

















#### Hitte










Klimaat-effect	Kans / bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie strategie
<b>Extremen nemen toe</b>			
WR1 Verslechtering drinkwaterinfrastructuur			(Hoofd)waterleidingen V
WR2 Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers			Bouwplaatsen , bedrijventerreinen V
WR3 Toename kans op brand			Natuur- en bosgebieden met o.a. de Loonse en Drunense duinen, stedelijk groen, bermen en groene daken VBM
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
WR4 Afname (zwem)waterkwaliteit			Wateren, waaronder De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roeivijver. VBM
<b>Zachte winters</b>			
WR5 Minder waterkwaliteitsproblemen door afname gebruik strooizout			Oppervlaktewater nabij wegen -
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
WR6 Toename verzilting door verdamping			Verzilting geen risico binnen de gemeente V
WR7 Toename druk op drinkwaterproductie			Drinkwaterproductie Vlijmen, alsook druk op drinkwaterkwaliteit door hogere bodemtemperatuur V
WR8 Toename gebruik water en ruimte voor recreatie	 		Natuur- en bosgebieden (o.a. Loonse en Drunense Duinen), stedelijk groen, ecologische verbindingzones, kansen voor vergroenen van schoolterreinen VBM
WR9 Toename vraag warmtebestendige gebouwen			Multifunctionele accommodaties, waaronder scholen, sportzalen, culturele centra en overige openbare gebouwen V
<b>Groeiseizoen begint eerder en duurt langer</b>			
WR10 Toename groenbeheer- en onderhoud door langer groeiseizoen onkruid			Gehele gemeente VBM
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater en warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
WR11 Mogelijke veranderingen ecologische waterkwaliteit en bouwbeperking door verschuiving soorten	 		Gehele gemeente V

## Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans / bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie strategie
<b>Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater</b>			
WR12 Afname watercontaminatie door verdunning vanwege toename neerslag			Oppervlaktewater en riooloverstort, en foutaansluitingen bij afkoppelen (onderzoek naar gedaan)
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
WR13 Toename erosie en sedimentatie			(Beek)lopen, risico beperkt
WR14 Toename schade aan gebouwen			Wateroverlastlocaties, waaronder Drunen en Vliedberg in Vlijmen
WR15 Beperking bouwwerkzaamheden			Bouwplaatsen en bedrijventerreinen
<b>Hogere luchtvochtigheid</b>			
WR16 Corrosie gebouwen en waterwerken			Metalen damwanden (o.a. havens in Heusden), waterkeringen, bebouwing
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, toename meerdaagse natte periodes</b>			
WR17 blootstelling aan ziekteverwekkers bij water op straat			Wateroverlastlocaties, waaronder Drunen en Vliedberg in Vlijmen
WR18 Mogelijke verandering ecosysteem en ecologische waterkwaliteit	 		Oppervlaktewateren en natuur- en bosgebieden
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
WR19 Afname waterkwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater			Oppervlaktewateren met overstortlocaties

## Droogte

Klimaat-effect	Kans / Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie strategie
<b>Zeespiegelstijging, afname neerslag</b>			
WR20 Verzilting oppervlaktewater en bodem	 		Verzilting geen risico binnen de gemeente
<b>Toename verzilting riviermonding, afname rivierafvoer zomer</b>			
WR21 Verzilting innamepunten drinkwater			De gemeente Heusden bevindt zich in het drinkwaterbeschermingsgebied van de Biesbosch (Evides inamepunt)
WR22 Beperking drinkwaterproductie door afname beschikbaarheid zoet water			Drinkwaterproductie Vlijmen, geen direct risico verzilting
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
WR23 Druk op drinkwaterproductie en transport door toename watervraag			Waterleidingen
WR24 Overstromingsrisico door drogere veendijken			Geen veendijken aanwezig
<b>Extremen nemen toe</b>			
WR25 Beperking groenonderhoud (door beregeningsverbod)			Natuur- en bosgebieden, stedelijk gebied en parken
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			

WR26 Afname waterkwaliteit door ziekteverwekkers			Wateren, waaronder De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roeivijver alsook de visvijver in Vlijmen	VBM
<b>Toename bodemdaling</b>				
WR27 Bedreiging bebouwing, cultureel erfgoed en waterinfrastructuur door bodemdaling				
WR28 Toename waterbeheer door bodemdaling				
<b>Toename verzilting grondwater</b>				
WR29 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit	 		Verzilting binnen de gemeente geen risico	

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers*

De toename van extreme hitte veroorzaakt een bedreiging voor bouwmedewerkers door de toename van hitte gerelateerde klachten (Meijs, et al., 2018). Veelvoorkomende klachten door hitte zijn krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten (Keatinge, 2003). Deze klachten kunnen ontstaan door een slechte nachtrust bij warme nachten en door de warme omstandigheden waaronder bouwmedewerkers moeten werken. Vooral de medewerkers die buiten werken en zwaar fysiek werk verrichten zijn kwetsbaar. De klachten veroorzaken naast een slechte gezondheid ook een toename van ziekteverzuim. De hitte maakt het werk immers veel zwaarder en de behoefte aan verkoeling neemt toe.

### *Afname (zwem)waterkwaliteit*

De toename van de temperatuur van het oppervlaktewater heeft een negatief effect op de waterkwaliteit (Meijs, et al., 2018). Door de warmte kunnen de chemische en ecologische samenstelling van het water veranderen. Zo neemt de kans op ziekteverwekkende micro-organismen zoals algen en botulisme toe (de Jonge, 2008). Dit maakt zwemwater ongeschikt voor recreatie en vergroot de vraag naar beheer en onderhoud van zwemwaterlocaties. Wat betreft andere oppervlaktewateren zal beheer en onderhoud ook toenemen door deze warmte minnende micro-organismen. Dit blijkt ook uit de toename van kadavers door botulisme. Dit klimaatteffect vormt dus een bedreiging voor de sector WR, wat vooral impact heeft op de beheerder (zwemwaterbeheerders, waterschappen) en gemeenten (klachten inwoners).

### *Toename kans brand*

De toename van extreme hitte veroorzaakt in combinatie met droogte een toename van de kans op brand. De brandbaarheid van zowel vegetatie op de bodem (bermen, natuur, recreatief groen etc.) als het toenemende stedelijk groen op gebouwen (groene daken, verticaal groen) wordt vergroot (Kok, 2018). In geval van brand kan de schade hoog oplopen met uitval van de functie van de ruimte/het gebouw en herstelkosten als gevolg.

### *Toename gebruik water en ruimte voor recreatie*

Er zal meer gebruik gemaakt worden van water (recreatief) en ruimte (parken, pleinen) door de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). De toename van het gebruik vergroot de behoefte aan beheer en onderhoud, bijvoorbeeld door gedeponeerde afval van recreanten. Dit kan als negatief worden ervaren door de beheerders vanwege hogere kosten, maar biedt mogelijk ook meer werkgelegenheid voor beheerders. Aan de andere kant kan de toename van gebruik leiden tot een grotere behoefte aan faciliteiten in de desbetreffende gebieden, zoals voor de toegankelijkheid (stijgers, parkeermogelijkheden, wandelpaden), straatmeubilair en informatievoorziening (wegwijzing). Hierdoor kan de gebruiks- en belevingswaarde van een ruimte worden vergroot, wat economische kansen biedt. Kortom, dit klimaatteffect biedt zowel kansen als bedreigingen.

### *Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit*

De toename van drogere bodems in de zomer, verzilting en de verandering van oppervlaktewaterkwaliteit door droogte vormen hebben invloed op flora en fauna. Bij de Sector Natuur wordt hier dieper op ingegaan. De leefomgeving van flora en fauna verandert dus door de droogte waardoor veranderingen in ecosystemen optreden door de verschuiving van soorten en zelfs mogelijk verlies van soorten. Dit laatste heeft bij droogte vooral te maken met de hogere concentraties contaminanten door minder verdunning en meer stilstaand water in de zomer. Maar ook uitgedroogde natuur kan vaak simpelweg niet meer herstellen. De verandering in bepaalde ecosysteemdiensten en de verandering van waterkwaliteit hebben impact op de subsector Water. De exacte ecologische veranderingen (soort specifiek) zijn lastig te voorspellen. Wel zal er in verzilte gebieden























verschuiving optreden naar soorten met een hogere zouttolerantie. Daarom kan generiek enkel worden geconstateerd dat dit nieuwe bedreigingen en nieuwe kansen zal veroorzaken.

## Sector Landbouw, Tuinbouw en Visserij (LTV)










### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

#### Hitte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extremen nemen toe</b>			
LTV1 Hittestress arbeiders		 Agrarische gebieden	V
LTV2 Hittestress vee		 Veehouderijen	V
LTV3 Afname gewasopbrengsten		 Akkerbouw, onbedekte tuinbouw, veehouderij (grasland)	V
<b>Groei seizoen begint eerder en duurt langer</b>			
LTV4 Toename potentiële gewasopbrengsten		 Open teelt, onbedekte tuinbouw	V
<b>Zachte winter</b>			
LTV5 Toename energiekosten koeling en problemen bewaring oost		 Agrarische gebieden	V
LTV6 Minder opbrengstderiving door afname vorst		 Akkerbouw, onbedekte tuinbouw, veehouderij (grasland)	V
LTV7 Toename overlevingskans exoten		 Gehele gemeente	V
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
LTV8 Verschuiving warmteminnende aquatische soorten	 	 Oppervlaktewater	V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
LTV8 Ziekten en plagen		 Agrarische gebieden	V

#### Wateroverlast



Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie strategie
<b>Toename meerdaagse natte periodes</b>			
LTV10 Bodemverdichting, afname bewerkbaarheid		 Agrarische gebieden	V
LTV11 Toegankelijkheid akkers voor landbouwmachines en bewerkelijkheid akkers		 Agrarische gebieden	V
LTV12 Toename beschikbaarheid schoon water		 Kans aanwezig, echter nog niet herkend	V
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			

LTV13 Schade aan gebouwen, kassen, stallen en oogsten		!	Wateroverlast in agrarische gebieden, b.v. kassengebied Elsenuit	V
LTV14 Toename erosie in heuvelachtig gebied		✗	Niet van toepassing	
LTV15 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen door inundatie		!	Wateroverlast in agrarische gebieden	V
LTV16 Toename blootstelling aan water overdraagbare ziekteverwekkers door overstort		!	Oppervlaktewater en gemengde externe riooloverstorten	VBM
LTV17 Opbrengstderving door toename blootstelling ziekteverwekkers		!	Agrarische gebieden	V
LTV18 Verandering ecosysteem, verschuiving soorten		!	Agrarische gebieden	V
<b>Toename frequentie en intensiteit windstoten</b>				
LTV19 Kansen zeevisserij door opwelling		✗	Niet van toepassing.	V
<b>Hogere luchtvochtigheid</b>				
LTV20 Toename ziekten en plagen		!	Agrarische gebieden	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)</b>				
LTV21 Oogstschade landbouw		!	Agrarische gebieden	V
LTV22 Toename ziekten en plagen		!	Agrarische gebieden	V
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>				
LTV23 Verandering blootstelling aan ziekteverwekkers		!	Oppervlaktewater	V
LTV24 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater		!	Oppervlaktewater en gemengde externe riooloverstorten	V

## Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Afname rivierafvoer</b>				
LTV24 Afname beschikbaarheid zoetwater		!	Afname aanvoer oppervlaktewateren	V
LTV25 Vissterfte (zuurstoftekort/droogval)		!	Vislocaties met o.a. de visvijver in Vlijmen	V
<b>Drogere bodems in de zomer</b>				
LTV26 Oogstschade en afname gewasopbrengsten		!	Agrarische gebieden	V
LTV27 Waterschaarste en beregeningsverbod		!	Agrarische gebieden	V
<b>Toename verzilting riviermonding</b>				
LTV28 Verzilting innamepunten rivierwater		✗		
<b>Toename verzilting grondwater in kuststreek</b>				
LTV29 Kansen zilte teelt		✗		
<b>Toename verzilting riviermonding, Drogere bodems</b>				
LTV30 Verandering ecosystemen			Kans aanwezig in agrarische gebieden, natuur- en bosgebieden, met o.a. de Loonse en Drunense duinen, kans echter nog niet herkend	V
<b>Toename bodemdaling</b>				



LTV31 Hogere kosten waterbeheer tbv landbouwproductie			Risico bodemdaling beperkt (zie paragraaf 3.5)	
---	---	---	--	--

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Toename potentiële gewasopbrengsten*

Waar extreme hitte tot een daling van de gewasopbrengsten kan leiden, zijn er ook ontwikkelingen die de potentiële gewasopbrengst juist verhogen. Zo vormen de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes, zonnestraling en een groeiseizoen dat eerder begint en langer duurt, voor kansen voor de groei van warmteminnende gewassen (Meijs, et al., 2018). De meeste gewassen groeien optimaal bij een hogere temperatuur dan de huidige Nederlandse gemiddeldes (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). Daarom wordt er een hogere gewasopbrengst verwacht voor veel warmteminnende gewassen (bijv. suikerbiet) in de toekomst (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Dit klimaateffect vormt dus een kans voor open teelten en de onbedekte tuinbouw.

### *Afname gewasopbrengsten*

Door de toename van extreme hitte kunnen ook de gewasopbrengsten afnemen (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018) (Meijs, et al., 2018). De optimumtemperatuur voor de meeste gewassen in Nederland is 20 graden. Wanneer het langdurig te warm is voor een gewas, zal het sneller afrijpen waardoor de kwaliteit en het volume van het gewas daalt (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). Hiermee daalt dus ook de opbrengst van het gewas. Ten eerste is dit klimaateffect een bedreiging voor de subsector Veehouderijen vanwege de graslanden. Gras dat wordt geproduceerd als veevoer zal minder opleveren en sneller dood gaan door de toename van zowel hitte (maart-oktober) als de combinatie van hitte met regen (april-september) (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). De tweede is de bedreiging van toepassing op de subsector Akkerbouw. Zo nemen de aardappelopbrengsten af omdat hitte in vooral juli tot en met september doorwas (glazig, knollen buiten hoofdknol) veroorzaakt wat leidt tot kwaliteitsverlies (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Wanneer de hitte dermate ernstig is kan het zelfs leiden tot 100% opbrengstderving door verbranding. De opbrengstderving geldt ook voor tarwe, waarbij de snelle afrijping de korrelzetting beperkt, en voor uien. Als derde is deze bedreiging van toepassing op de subsector Onbedekte tuinbouw. Hierbij is de verwachte opbrengstschade bij de tomaat (minder vruchtvorming en bloemzetting) wel aanzienlijk minder dan bij akkerbouwgewassen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014).

### *Hittestress vee*

De toename van extreme hitte vergroot ook de kans op hittestress bij dieren, waaronder het vee op veehouderijen (Meijs, et al., 2018) (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Zo kan hittestress bij koeien leiden tot minder voedselopname waardoor het gewicht afneemt, de melk- en vleesproductie afnemen en de kans op longproblemen toeneemt (Veehouder en Veearts, 2016). Hierdoor zullen ook de vruchtbaarheid van de koe en het geboortegewicht van haar kalveren dalen. Ook bij varkens kan hittestress leiden tot een lagere voedselopname en gewichtsverlies waardoor de vleesproductie afneemt. Over het algemeen hebben intensieve varkenshouderijen hierbij een verhoogd risico omdat de varkens veelal binnen zitten. De binnenruimte kan minder makkelijk gekoeld worden en door warmer mest op vloer of roosters zal ook de ammoniakemissie toenemen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Bij biologische veehouderijen heeft het vee doorgaans meer buitenruimte om verkoeling te vinden en daardoor een minder grote kans op hittestress. Al met al kunnen de gezondheidsproblemen en de verminderde productie leiden tot hogere kosten voor de agrarische ondernemer. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsector Veehouderijen, vooral voor intensieve.

### *Waterschaarste en beregeningsverbod*

Zoals hierboven staat vermeld neemt de beschikbaarheid van zoetwater door droogte af. Daarom veroorzaakt de toename van drogere bodems in de zomer dus ook een toename van de vraag naar water en een toename van de kans op waterschaarste (Meijs, et al., 2018). Bovendien veroorzaakt de toename van extreme droogte een verhoogde kans op een beregeningsverbod (Meijs, et al., 2018). De kosten voor bedrijven om aan hun watervraag te kunnen voldoen kunnen door de schaarste hoog oplopen. De sector LTV zal steeds meer moeten concurreren met andere sectoren die water nodig hebben. De hoge kosten kunnen een reden zijn om agrarische activiteiten uit te stellen met mogelijke opbrengstderving als gevolg. Zo wordt in de ruwvoerproductie mais vaker beregend dan gras, omdat de arbeids- en brandstofkosten voor het beregenen van gras veel hoger zijn vanwege het grote grondgebruik (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Volgens Kroes & Supit (2011), is droogtestress dan ook de grootste bedreiging voor gras. Al met al vormt dit klimaateffect dus een bedreiging voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Tuinbouw. Hoe groter de watervraag van gewassen, hoe groter de kwetsbaarheid.

### *Veranderingen ecosystemen*

De toename van drogere bodems in de zomer en de toename van verzilting van het grondwater veroorzaken veranderingen van terrestrische ecosystemen (Meijs, et al., 2018). De habitats veranderen en daarmee zal verschuiving van plant- en diersoorten plaatsvinden. Het verdwijnen van soorten, de komst van nieuwe soorten en de veranderende verblijfsduur van soorten kan zowel positief als negatief uitpakken voor alle subsectoren van LTV. Direct of indirect betekent dit immers ook een verandering van predatoren, ziektes en plagen etc. Voor concrete veranderingen is soort specifiek en gebied specifiek onderzoek vereist.

### *Afname bewerkbaarheid bodem*

De toename van meerdaagse natte periodes en extreme piekneerslag vermindert de bewerkbaarheid van het land voor agrarische activiteiten door bodemverdichting, erosie en inundatie (Meijs, et al., 2018). Door meerdaagse natte periodes kan de bodem verdicht raken waardoor het zijn structuur verliest en onder water kan staan. Hierdoor kan het land niet altijd bewerkt of bereiden worden zoals gewenst (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). In de akkerbouw kunnen maaidorsers bij aanhoudend nat weer in juli-september bijvoorbeeld niet de tarwekorrels uit de aar halen, waardoor de tarweproductie en de rotatie met andere gewassen vertragen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Ook uien kunnen niet geroid worden bij inundatie in september-oktober met opbrengstderving als gevolg. Wat betreft de onbedekte tuinbouw ontstaan er ook problemen zoals het niet kunnen rooien van Lelie in oktober-november bij langdurige inundatie (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Ook kunnen veehouderijen lastig hun vee buiten laten wanneer weilanden onder water staan vanwege de veiligheid van de dieren. Tot slot vormt erosie een bedreiging voor alle in heuvelachtige gebieden gevestigde onbedekte tuinbouw, open teelten en veehouderijen die buiten vee houden (Meijs, et al., 2018). Modderstromen kunnen gewassen beschadigen, de toplaag van de bodem verwijderen en de toegankelijkheid van weilanden verminderen. Al met al vormen deze klimaateffecten dus bedreigingen voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Onbedekte tuinbouw.

### *Toename ziekten en plagen*

De toename meerdaagse natte periodes, extreme piekneerslag en hogere luchtvochtigheid vergroten de kans op (blootstelling aan) ziekten en plagen, met opbrengstderving als gevolg (Meijs, et al., 2018). Dit klimaateffect vormt daarom een bedreiging voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Onbedekte tuinbouw. Ten eerste vormt dit een bedreiging voor veehouderijen omdat een hoge luchtvochtigheid de kans op virusoverdracht bij varkens vergroot, en (in combinatie met hitte) de kans op schimmelvorming bij gras vergroot (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Daarnaast bemoeilijkt een hogere luchtvochtigheid in combinatie met hitte het koelproces bij vee (Veehouder en Veearts, 2016). Ten tweede vormen de meerdaagse natte periodes een bedreiging voor de onbedekte tuinbouw door schimmel- en bacterieziekten, zoals Erwinia (bacterie) waardoor lelies rotten. Natte periodes in april-juni leiden tot de schimmelziekten Botrytis en Fusarium bij de lelie en in augustus-oktober tot de schimmelziekten Botrytis en Meeldauw bij de tomaat (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Als derde vormt dit een bedreiging voor open teelten zoals akkerbouw. Zo neemt de kans op bacteriële infecties in de bol van uien toe door het opspatten van gronddeeltjes bij neerslag, en kan tarwe de bladvlekkenziekte Septoria en aarfusarium (schimmel) krijgen door aanhoudende neerslag. Daarnaast leidt Erwinia (bacterie) tot stengelrot bij aardappelgewas en leidt de Rhizomanie ziekte (virus) tot schade bij suikerbiet (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Tot slot maken neerslag en een hoge luchtvochtigheid het lastig tot niet mogelijk om gewassen te sproeien met bestrijdingsmiddelen tegen ziektes en plagen.

### *Opbrengstschade door overstroming*

Een overstroming door hogere waterstanden (rivier of zee) zal, afhankelijk van de schaalgrootte en ernst, leiden tot opbrengstschade. Schade kan in alle mogelijke vormen plaatsvinden. Zo kunnen gewassen en bodemlagen beschadigd raken en worden weggespeld. Vee kan letsel oplopen of verdrinken en bouwwerken (stallen, kassen, opslagruimtes etc.) kunnen beschadigd raken. In het ergste geval gaan alle fysieke objecten teloor door de kracht van het water. Dit klimaateffect vormt een bedreiging voor de hele sector LTV, vooral voor de grondgebonden subsectoren.

## Sector Gezondheid

### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in

de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

## Hitte

















Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extreme nemen toe</b>				
G1 Toename hitte gerelateerde klachten			Gehele gemeente, maar vooral voor de risicogroepen : verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang, scholen, huisartsen en Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen	VBM
G2 Afname kwaliteit nachtrust (verminderde alertheid en aandacht)			Gehele gemeente, maar vooral voor de risicogroepen : verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang	VBM
G3 Toename kans op (natuur)brand			Gehele gemeente, waaronder Loonse en Drunense duinen	V
G4 Toename risico's voor grote evenementen			(Buiten)evenementen waaronder de 80 van de Langstraat en avondvierdaagse, wordt echter nog	VBM
G5 Toename druk op medische hulpdiensten			EHBO, huisartsen en Jeroen Bosch ziekenhuis	V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>				
G6 Toename luchtverontreiniging door ozon			Gehele gemeente	V
G7 Toename kans op huidkanker en staar door toename blootstelling UV-straling			Gehele gemeente	V
G8 Toename behoefte aan koeling			Gehele gemeente, maar vooral voor de risicogroepen : verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang, scholen, huisartsen en Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen	VBM
G9 Toename alcohol- en drugsgebruik			Gehele gemeente, maar met name cafés, restaurants, evenementenlocaties, verslavingszorg, huisartsen, EHBO en Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen	VBM
G10 Verandering voedsel overdraagbare infecties			Gehele gemeente	V
G11 Risico toename verdrinking door toename waterrecreatie			Wateren, waaronder De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roeivijver.	V
G12 Meer gebruik van natuur, openbaar groen en stedelijke buiten ruimte	 		Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, alsook stedelijk groen en parken	VBM
G13 Mogelijke toename ziekten en plagen in de landbouw			Bewoners in agrarisch gebied, boeren en werknemers	V
<b>Groei seizoen begint eerder en duurt langer</b>				
G14 Stijging aantal allergiedagen			Gehele gemeente, wordt al herkend	V
<b>Verschuiving klimaatzones</b>				
G15 Toename vector overdraagbare ziekteverwekkers			Gehele gemeente	V
G16 Toename kans ziekten door water overdraagbare infectieziekten			Gehele gemeente	V
<b>Zachte winters</b>				
G17 Toename overlevingskans insecten en exoten			Gehele gemeente	V

G18 Daling sterftecijfer tijdens winter		✓	Hoofdzakelijk ouderen	
G19 Minder ongevallen en doden door gladheid en ijzel		✓	Gehele gemeente	

## Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	✓ kans aanwezig ! bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Toename meerdaagse natte periodes</b>				
G20 Afname luchtverontreiniging fijnstof		✓	Gehele gemeente	
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>				
G21 Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater (verdunding door neerslag en toename overstorten)		✓	Oppervlaktewater en riooloverstort, en foutaansluitingen	
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater, Toename meerdaagse natte periodes,</b>				
G22 Verandering ziekten en plagen		!	Oppervlaktewater en riooloverstort	VBM
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>				
G23 Toename blootstelling water overdraagbare ziekteverwekkers		!	Oppervlaktewater en gemengd rioolstelsel, en foutaansluitingen	VBM
G24 Schade en vocht gebouwen en voertuigen en lichamelijk letsel		!	Wateroverlastlocaties, waaronder Drunen en Vliedberg in Vlijmen	VBM
G25 Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten		!	Onbereikbare wegen bij water op straat (b.v. Drunen), zorglocaties (Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen en verpleegtehuizen)	VBM
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)</b>				
G26 Risico's buitenevenementen		!	Buitenevenementen waaronder de 80 van de Langstraat en avondvierdaagse, en in Drunen is een volleybalevenement deels afgelast	VBM
G27 Toename uitval elektriciteitsvoorzieningen		!	Gehele gemeente, maar vooral voor de risicogroepen : verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang, scholen, huisartsen en Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen	VBM
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, Hogere luchtvochtigheid</b>				
G28 Toename huisstofmijtallergie en schimmel		!	Gehele gemeente, Heusdense grondwatersysteem reageert sterk op neerslag, waardoor toekomstig ook meer overlast voor kan komen in kruipruimtes	V

## Droogte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
<i>G29 Toename kans op brand</i>		 Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, alsook stedelijk groen, parken en bermen	VBM
<b>Drogere bodems in de zomer, Toename verzilting grondwater in kuststreek</b>			
<i>G30 Verandering ecosysteem en verschuiving soorten</i>	 	 Gehele gemeente	V
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
<i>G31 Hogere blootstelling water overdraagbare infectieziekten</i>		 Wateren, waaronder De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel en de Roelvijver.	VBM
<b>Toename fijnstof</b>			
<i>G32 Toename lucht overdraagbare infectieziekten en toename fijnstof</i>		 Gehele gemeente, maar vooral voor de risicogroepen : verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang, scholen, huisartsen en Jeroen Bosch ziekenhuis locatie Drunen	V
<b>Afname neerslagsom</b>			
<i>G33 Afname verkeersongelukken wegtransport</i>		 Gehele gemeente	
<i>G34 Toename blootstelling pollen(hooikoortsklachten)</i>			V

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Hitte gerelateerde klachten*

De toename van extreme hitte veroorzaakt een bedreiging voor de volksgezondheid door de toename van hitte gerelateerde klachten (Meijs, et al., 2018). Veelvoorkomende klachten door hitte zijn krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten (Keatinge, 2003). De klachten leiden tot een toename van het overlijdensrisico van ouderen en zieken. Door een korte hittegolf ligt het sterftecijfer in Nederland al 10-15% hoger (Lenzholzer, 2013). De toename van de hitte gerelateerde klachten zal het aantal zieken, ziekenhuisopnamen, doden en de kans op een ziektegolf vergroten (ANV, 2016).. Tot slot hebben zieken, jonge kinderen, ouderen en zwangere vrouwen een verhoogd risico op hittestress. Hittestress vergroot dus zowel de druk op de gezondheidszorg (voornamelijk huisartsen zorg en medisch-specialistische zorg) als op de welzijnszorg (kinderopvang, ouderenzorg).

### *Afname kwaliteit nachtrust*

Door de toename van extreme hitte zal de kwaliteit van nachtrust afnemen (Meijs, et al., 2018). Met de kwaliteit van de nachtrust worden zowel de slaapcontinuïteit als de slaapefficiëntie bedoeld (Leone, et al., 2018). Een verminderde nachtrust vermindert mentaal en fysiek herstel van de mens. De eerste klachten zijn vermoeidheid en een verminderde concentratie. Uit een onderzoek van het Trimbos-Instituut, in samenwerking met het RIVM en de Hersenstichting, bleek dat slaapklachten vooral voorkomen onder vrouwen, pubers en jong volwassenen, ouderen, lager opgeleiden en mensen met een migratie-achtergrond (Leone, et al., 2018). Zij zijn dus extra kwetsbaar voor de warme nachten. Daarbij hebben ouderen en baby's standaard al een gefragmenteerde slaap. Een gezondheidsrisico van verminderde slaapkwaliteit is allereerst een toename van de kans op slaapstoornissen, waarbij chronische en ernstige klachten het functioneren overdag beperken (Leone, et al., 2018). Ten tweede neemt de kans op allerlei mentale en fysieke ziekten toe. Voor elk uur dat een volwassen persoon minder dan zeven uur slaapt verhoogt de kans op hartproblemen met 7-11%, op een

beroerte met 5-7%, op diabetes met 9% en op een depressie met 31% (Leone, et al., 2018). Bij kinderen vergroot een slaapttekort de kans op psychische problemen (zoals een depressie), cognitieve problemen en gedragsproblemen. Zo vergroot slaapttekort bij adolescenten de kans op obesitas met 150% en ontwikkelen baby's met slaapproblemen op latere leeftijd meer gedragsproblemen (Leone, et al., 2018). Dit effect is dus een bedreiging voor de volksgezondheid en kan door een verminderde arbeidsproductiviteit ook een economische impact hebben (scholen, bedrijven).

#### *Toename alcohol- en drugsgebruik*

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt een toename van alcohol- en drugsgebruik (Meijs, et al., 2018). Door de warmte gaan mensen sneller buiten recreëren en drinken ze sneller alcohol. Zo worden evenementen en terrassen van cafés en restaurants drukker bezocht. Ook kan het gebruik van drugs toenemen, met name de partydrugs op evenementen en bij het uitgaan. De toename van dit middelengebruik veroorzaakt een breed scala aan gezondheidsrisico's.

#### *Kansen door meer gebruik natuur, openbaar groen stedelijk recreatie ruimte*

Er wordt meer gebruik gemaakt van de buitenruimte (natuur, openbaar groen, stedelijk recreatie ruimte) als gevolg van de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). Dit leidt tot kansen voor de sector G. Uit een literatuurstudie van de Vries (2016) blijkt immers dat de buitenruimte op meerdere manieren bevorderlijk kan zijn voor de gezondheid. Ten eerste vormen groen en natuur gezonde locaties voor tijdverdrijf vanwege de vaak lage concentraties fijnstof vanwege de relatief grote afstand van emissiebronnen en hoge ventilatie (open ruimte). Dit is bevorderlijk voor de luchtwegen. Ten tweede heeft groen een stress reducerende werking op de mens en gezien stress in relatie wordt gebracht met vele gezondheidsklachten heeft dit een positieve werking op zowel de fysieke als mentale gesteldheid. Ten derde stimuleert het gebruik van buitenruimte, met groen in het bijzonder, lichamelijke inspanning (wandelen, fietsen etc.). Voldoende lichamelijke inspanning verlaagt risico's op gezondheidsproblemen. Ten vierde biedt groen verkoeling waardoor het van belang is voor preventie van hittestress. Tot slot faciliteert het buitenleven de sociale cohesie wat het welzijn van mensen kan bevorderen (sociale stabiliteit, buurtzorg).

#### *Water overdraagbare infectieziekten*

De blootstelling aan water overdraagbare infectieziekten neemt toe als gevolg van veranderingen van de kwaliteit van oppervlaktewater door droogte (Meijs, et al., 2018). Door droogte treden verzilting, vissterfte en zuurstofloosheid op, maar droogte in combinatie met warmte vergroot de problematiek door de toename van blauwalg en botulisme (SMWO, 2018). De concentratie ziekteverwekkers is immers groter door minder doorspoeling vanwege minder neerslagtoevoer (Brolsma, et al, 2012). Blootstelling met botulisme, blauwalg of vissterfte veroorzaken diverse gezondheidsklachten. Zo leiden de toxische stoffen van de cyanobacterie (blauwalg) tot klachten als huid- en oogirritatie, hoofdpijn, koorts en maag- en darmklachten (Brolsma, et al, 2012) (GGD Rotterdam-Rijnmond, n.d.) (de Jonge, 2008). Bij botulisme produceert de bacterie clostridium botulinum, middels warmte en voedingsstoffen, de stof botuline die verlamming en verstikking bij dieren kan veroorzaken (Brolsma, et al, 2012) (GGD Rotterdam-Rijnmond, n.d.). De mens kan door blootstelling aan botuline geïnfecteerd raken met ziekteverwekkers uit kadavers. De clostridium botulinum haalt namelijk graag de voedingsstoffen uit dode vissen en watervogels, voedsel wat ten tijde van droogte in overvloed is. Kortom, de slechte waterkwaliteit door droogte vormt een bedreiging voor de sector Gezondheid, met name voor de gezondheidszorg. Kleine kinderen, ouderen, zwangere vrouwen en zieken zijn extra kwetsbaar voor infectieziekten.

#### *Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater*

De kwaliteit van het oppervlaktewater verandert door zowel positieve als negatieve effecten van wateroverlast. Enerzijds biedt de toename van neerslagtoevoer op oppervlaktewateren een kans voor de kwaliteit omdat bij verdunning de concentratie contaminanten in het water afneemt (Meijs, et al., 2018). Bij blootstelling aan het verdunde water is de kans op gezondheidsklachten door die contaminanten dus kleiner. Anderzijds vormen afspoeling en overstort van rioolwater door de grote hoeveelheid neerslag bedreigingen voor de waterkwaliteit (Meijs, et al., 2018). Door afstroming komen zware metalen, rubber, fijnstof, olie- en benzineresten en organisch materiaal waaronder ziekteverwekkers in het oppervlaktewater terecht (Brolsma, et al, 2012). De toename van ziekteverwekkers en contaminanten veroorzaakt dus een grotere kans op gezondheidsklachten bij blootstelling. Al met al is het dus niet duidelijk of de verandering in waterkwaliteit een kans of een bedreiging vormt omdat dit per gebied verschilt.

#### *Risico's buitenevenementen*

De toename van piekneerslag en de toename van frequentie en intensiteit van windstoten, bliksem en hagel veroorzaken toenemende risico's voor buitenevenementen (Meijs, et al., 2018). Ten eerste belemmeren de weersextremen, voornamelijk water op straat, de mobiliteit van bezoekers en personeel. Ten tweede kunnen paniek en het omvallen en beschadigen van objecten (podia, geluid- en lichtmasten) lichamelijke letsel

veroorzaken. Ook kan blikseminval brand veroorzaken. Tot slot lopen bezoekers en personeel bij piekneerslag en door wind en hagel een verhoogde kans op verkoudheid en onderkoeling. Mogelijk is evacuatie nodig om deze risico's voor de fysieke veiligheid van bezoekers en personeel te verkleinen. Wederom vormen zieken, jonge kinderen, ouderen en zwangere vrouwen de kwetsbare groep voor deze risico's.

#### *Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten*

Naast de energie-infrastructuur veroorzaakt overstroming door hogere waterstanden ook een vergrote kans op inundatie van andere transport-infrastructuur. Zo verhindert inundatie van wegen en parkeervoorzieningen de mobiliteit van verkeersstromen die van belang zijn voor de gezondheid. Medische hulpdiensten kunnen lastiger tot niet op de locatie van een hulpbehoevende komen en kunnen hulpbehoevende zelf ook lastiger tot niet naar de locatie van medische voorzieningen (huisarts, ziekenhuis). Dit vormt voornamelijk een bedreiging voor de medisch specialistische zorg, de geestelijke gezondheidszorg en de huisartsenzorg. In geval van nood kan immers elke seconde van levensbelang zijn.

#### *Verdrinking en fysiek letsel (anders dan psychisch)*




















Een overstroming door hogere waterstanden kan leiden tot ernstig letsel bij betrokkenen. Zo kan men op allerlei denkbare manieren verdrinken of letsel oplopen. Bijvoorbeeld door de stromingskracht van water en de objecten die het water met zich mee sleurt. Of wanneer men in een voertuig te waterkomt. Door de afname van de bereikbaarheid van medische hulpdiensten kan de wachttijd op medische hulp hoog oplopen waardoor de kans op herstel afneemt. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging en is van toepassing op ieder mens, dus zowel het personeel werkend in de zorg als de subsector gezondheidszorg die van belang is voor het herstel van fysiek letsel.

## Sector Recreatie & Toerisme

### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

#### Hitte















Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extreme nemen toe</b>			
<i>RT1 Toename risico voor evenementen, buiten recreatie en toerisme</i>			Evenementen zoals de Avondvierdaagse en 80 van de Langstraat, en afgelast volleybalevenement in Drunen
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
<i>RT2 Toename gezondheidsrisico's waterrecreatie</i>			De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel, Roeivijver.
<i>RT3 Verandering (sport)visserij</i>			Vislocaties met o.a. de visvijver in Vlijmen
<i>RT4 Minder ijsvorming voor scheepvaart</i>			De Maas
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
<i>RT5 Toename toerisme &amp; recreatie</i>	 	 	Gehele gemeente
<i>RT6 Toename alcohol- en drugsgebruik</i>			Evenementenlocaties, cafés, restaurants
<b>Zachte winters</b>			
<i>RT7 Afname winterse activiteiten</i>			Schaatslocaties en winterevenementen met o.a. het Dickens Festijn Drunen

#### Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
<i>RT8 Toename risico's buitenevenementen en recreatie</i>			o.a. Heusden (vestingsstad), Loonse en Drunense Duinen, 80 van de Langstraat.
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)</b>			
<i>RT9 Negatief effect toerisme</i>			o.a. Heusden (vestingsstad), Loonse en Drunense Duinen, campings.
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
<i>RT10 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater</i>			Recreatief oppervlaktewater: De Afgedamde Maas, De Afgraving, Nieuwe Wiel, Roeivijver.

#### Droogte



Klimaateffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>			
<i>RT11 Vervoersbeperking scheepvaart</i>			De Maas, Grachten vestingsstad Heusden.
<i>RT12 Toename inzet beregeningsverbod/droogteplan bij zwembaden, dierentuin, golflocaties</i>			Hoofdzakelijk tpv landbouwgronden,
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
<i>RT13 Verandering (sport)visserij</i>			Vislocaties met o.a. de visvijver in Vlijmen
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
<i>RT14 Nederland gunstiger vakantieerland</i>		 	Gehele gemeente
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
<i>RT15 Toename kans op natuur- en bosbranden</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, alsook stedelijk groen en parken

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Toename risico voor grote evenementen*

De toename van extreme hitte veroorzaakt een toename van het risico op hittestress voor grote evenementen (Meijs, et al., 2018). Grote evenementen zijn extra kwetsbaar voor hittestress vanwege het grote aantal mensen en de hoge dichtheid van mensen. Het risico verschilt per type evenement. De aanwezigheid van kwetsbare groepen (ouderen, kinderen, zieken, zwangere vrouwen) is risico verhogend. Evenals de mate van fysieke inspanning, denk aan populaire muziek- en sportevenementen (wandelen, hardlopen, dansen, spelende kinderen). Naast de bezoekers legt de hitte ook een grotere druk op de organisatie van het evenement en het personeel dat er werkt. Het risico op hittestress kan leiden tot een lager bezoekersaantal omdat mensen uit voorzorg niet komen of sneller weer vertrekken. Het risico kan zelfs leiden tot annulering van het evenement. Hierdoor vormt de hitte een bedreiging voor de economische haalbaarheid van evenementen voor de organisatoren. Tevens veroorzaken de toename van extreme piekneerslag en de toename van de frequentie en intensiteit van wind, bliksem en hagel een toename van risico's voor buitenevenementen (Meijs, et al., 2018).

### *Minder waterrecreatie door gezondheidsrisico's*

De toenemende hitte vormt een bedreiging voor de sector RT op diverse wijzen. Ten eerste leidt de hogere watertemperatuur tot afname van waterkwaliteit van oppervlaktewateren (Meijs, et al., 2018). Zo kan het optreden van verkleuring en vertroebeling mensen ervan weerhouden om er te recreëren omdat het geassocieerd kan worden met gezondheidsrisico's en als vies (onprettig) kan worden beschouwd. Het uitvoeren van diverse watersporten zoals zwemmen en ook vissen kan hierdoor afnemen.

Ten tweede veroorzaakt de hogere watertemperatuur een toename van ziekteverwekkers (micro-organismen) in oppervlaktewateren zoals blauwalg (Meijs, et al., 2018). Als gevolg van dit gezondheidsrisico zal waterrecreatie, zeker voor zwemmers, afnemen. De aanraking met bepaalde algensoorten via de huid, de ogen of door het inslikken van water kan namelijk leiden tot maag-, darm- en huidklachten (de Jonge, 2008). Ten derde zullen de ziekteverwekkers niet alleen toenemen, maar zal ook de blootstelling aan ziekteverwekkers toenemen waardoor het gezondheidsrisico wordt vergroot (Meijs, et al., 2018). De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt namelijk een toename van waterrecreatie. Naast oppervlaktewateren kunnen ziekteverwekkers ook aanwezig zijn in het water van bedriegertjes. Bedriegertjes (vloerfonteinen) worden vaak toegepast in openbare ruimte als decoratie, speelgelegenheid voor kinderen en vanwege het verkoelende effect van de waterdamp. Volgens de Man-van der Vliet zijn de infectierisico's voor eenmalige blootstelling aan bedriegertjes zelfs hoger dan voor zwemmen. Meer hitte heeft dus als gevolg dat mensen vaker verkoeling zoeken in het water en vaker het risico lopen op water overdraagbare ziektes.

Een vierde effect op waterrecreatie is dat deze toename van waterrecreatie, door de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes, het risico op verdrinking vergroot (Meijs, et al., 2018). Door de hitte zal men vaker en langer vertoeven in oppervlaktewateren waardoor het risico automatisch vergroot. Bovendien is het aannemelijk dat dit risico het grootst is voor jonge kinderen aangezien zij sneller verkoeling nodig hebben vanwege hun verhoogde vatbaarheid voor hittestress en vanwege hun beperkte zwemvaardigheid. Het voorkomen van verdrinking door informatievoorziening en de inzet van redding zwemmers legt een druk op de sector RT. Daarbij hebben verdrinkingsincidenten een negatieve impact op de gebruiks- en belevingswaarde van de desbetreffende bestemming. Concluderend verhogen alle vier voorgenoemde effecten van hittestress gezondheidsrisico's voor waterrecreatie. Deze kunnen allen leiden tot een afname van het bezoekersaantal wat de omzet kan verlagen en dus economische schade kan opleveren voor de sector.

#### *Verandering (sport)visserij*

Naast hitte vormt ook droogte een bedreiging voor de (sport)visserij. De afname van de rivierafvoer in de zomer veroorzaakt namelijk ook verlies van habitat en soorten (Meijs, et al., 2018). Vissterfte ontstaat door lagere waterstanden, droog liggende beken en sprengen en een zuurstoftekort door een gebrek aan hemelwatertoevoer. Zo zijn grote getalen vissen van beschermde soorten (beekprik, elrits, beek- en rivierdonderpad) verloren gegaan tijdens de grote droogte van de zomer van 2018. Vissers zullen dus op andere recreatieplekken moeten zoeken naar hun doelsoort en mogelijk zelfs over onze landsgrenzen wanneer soorten uit Nederland verdwijnen.

#### *Nederland gunstiger vakantieland*



De toename van extreme droogte, met andere woorden het gebrek aan neerslag, maakt Nederland een gunstiger vakantieland (Meijs, et al., 2018). Warme en droge omstandigheden worden als prettiger ervaren voor toeristen en zijn daarmee kansrijk voor de economische stabiliteit en ontwikkelingsmogelijkheden voor de sector RT.

## Sector Natuur












## Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.


















## Hitte


Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
<i>N1 Verandering van migratiepatronen</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken
<i>N2 Meer gebruik van buitenruimte door de mens</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken
<b>Verschuiving klimaatzones, hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
<i>N3 Verschuiving en uitsterving soorten</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken
<b>Verschuiving klimaatzones</b>			
<i>N4 Mismatch in voedselketen</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
<i>N5 Toename overlevingskansen exoten en insecten</i>			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken
<b>Zachte winters</b>			
<i>N6 Afname gebruik strooizout</i>			Hoofdwegen

## Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Toename grondwaterafvoer vanaf hogere zandgronden</b>				
N7 Kansen natte natuur			Kans aanwezig, wordt echter niet door gemeente herkend	V
<b>Toename meerdaagse natte periodes</b>				
N8 Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten	 	 	Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken	V
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>				
N9 Toename erosie in heuvelachtig gebied			Niet van toepassing	

## Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adapatatie Strategie	
<b>Drogere bodems in de zomer</b>				
N10 Verandering van hydrologie natuurgebieden	 		Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken	V
N11 Toename watervraag/verdroging			Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, Vlijmens Ven, Hooibroeken, Sompen en Zooislagen alsook stedelijk groen en parken	VBM
N12 Toename kans op natuur- en bermbranden			Loonse en Drunense Duinen (bron: risicokaart)	VBM
<b>Toename bodemdaling veengebieden</b>				
N13 Toename kosten waterbeheer			Niet van toepassing	
N14 Toename CO <sub>2</sub> -uitstoot			Niet van toepassing	
<b>Toename verzilting grondwater kuststreek, drogere bodems</b>				
N15 Veranderingen in ecosystemen en het verschuiven van soorten	 		Niet van toepassing	
<b>Afname rivierafvoer</b>				

N16 Verlies soorten en habitats		!	Natuur- en bosgebieden, waaronder de Loonse en Drunense duinen, alsook stedelijk groen en parken	V
---------------------------------	---	---	--	---

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Verandering van migratiepatronen*

Allereerst veroorzaakt hitte warmere zomers en een toename van meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). Dit leidt tot veranderingen in de migratiepatronen van trekkende soorten (Meijs, et al., 2018). De hitte betekent niet enkel warmere of langere zomers maar ook zachtere winters. Soorten die normaliter zuidwaarts vliegen omdat de winters te koud zijn, kunnen dus later of helemaal niet uit Nederland vertrekken. Er ontstaan dus fenologische mismatches: seizoensgebonden timing van gebeurtenissen in de levenscyclus van soorten sluiten niet meer bij elkaar aan. De verschuiving naar warmteminnende soorten zal dus verder doorzetten in de toekomst. Door het meespelen van andere factoren zoals hitte in combinatie met droogte of juist een hoge luchtvochtigheid, kunnen warmteminnende soorten ook juist verdreven worden. Tot slot kunnen de veranderingen in ecosystemen de maatschappij breder beïnvloeden door veranderingen in de ecosysteemdiensten. Dit klimaateffect kan dus zowel een kans als een bedreiging vormen voor andere soorten en betrokken stakeholders.

### *Meer gebruik van buitenruimte door de mens*

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes resulteert ook in een toename van het gebruik van de buitenruimte (natuur, openbaar groen, stedelijke recreatie ruimte) door de mens (Meijs, et al., 2018). Mensen gaan dus liever naar buiten bij hogere temperaturen en kan als gebruiker de druk op ruimte verhogen. Hoe meer mensen in de buitenruimte vertoeven, hoe meer deze in dienst kan komen te staan van de mens. De aanwezigheid van de mens kan een bedreiging vormen door een toename van bijvoorbeeld geluid, licht en afval, wat kan leiden tot habitatverlies. Echter zijn er ook kansen voor natuur. Wanneer mensen meer in aanmerking komen met natuur kan dit de waarde van natuur ook verhogen door een stijging van de bequest value (waarde voor toekomstige generaties) en existence value van soorten (zie Box 1 hieronder).

### *Verschuiving en uitsterving soorten*

De toename van oppervlaktewatertemperaturen en de verschuiving van klimaatzones, kunnen verschuiving of zelfs uitsterving van soorten veroorzaken (Meijs, et al., 2018). De verschuiving vindt dan plaats naar warmte minnende (aquatische) soorten (Meijs, et al., 2018). De soorten die zich onvoldoende kunnen aanpassen aan de nieuwe abiotische, en dus ook biotische, condities zullen migreren of er zal substitutie plaatsvinden. Er kunnen dus veranderingen in de soortensamenstelling en concurrentieposities in levensgemeenschappen voorkomen. Zowel tijdens migratie of substitutie kan een hoger sterftegetal van een populatie als gevolg hebben en zelfs tot het uitsterven van soorten leiden. De verschuiving kan zowel kansen als bedreigingen vormen voor natuur en betrokken stakeholders. Het uitsterven van soorten en daarmee het verlies van biodiversiteit vormt altijd een bedreiging.

### *Toename overlevingskansen exoten en insecten*

De toename van hoge temperaturen in zowel het oppervlaktewater als op de luchttemperatuur op land en de zachte winters, veroorzaken een toename van de overlevingskansen van exoten en insecten in de winter (Meijs, et al., 2018). Voor de ontwikkeling van deze soorten zelf biedt hitte dus kansen. Ook andere soorten die hoger in de voedselketen staan kunnen hiervan profiteren door de toename van hun voedselaanbod. Aan de andere kant kunnen deze exoten en insecten (zowel inheems als exoot) ook weer een bedreiging vormen door de biotische condities voor andere soorten te belemmeren.

### *Verandering van hydrologie natuurgebieden*

De hydrologie van natuurgebieden verandert door droogte vanwege de toename van drogere bodems in de zomer en de toename van bodemdaling in zettingsgevoelige gebieden (bijv. veen) (Meijs, et al., 2018). De waterkwantiteit, de verspreiding van water en de waterkwaliteit in een gebied kunnen hierdoor afnemen (bijv. daling grondwaterpeil). De verandering van de hydrologische omstandigheden kan een verandering in soortensamenstelling in levensgemeenschappen veroorzaken als soorten zich onvoldoende kunnen aanpassen aan de nieuwe omstandigheden. Dit klimaateffect vormt een bedreiging omdat het tot verlies van soorten kan leiden, maar kan voor andere soorten of ecosystemen juist kansen bieden.

### *Toename kans op natuur- en bermbranden*

De kans op natuur- en bermbranden neemt toe door de toename van drogere bodems in de zomer (Meijs, et al., 2018). Dit vormt een bedreiging voor de natuur omdat brand natuur kan beschadigen en doden. Brand kan

leiden tot het verlies van individuen, soorten, habitats en ecosystemen. Na de brand dient een ecosysteem zich, afhankelijk van de schade, te herstellen of compleet opnieuw te ontwikkelen. Bij het laatste vindt secundaire successie plaats: na het verdwijnen van de levensgemeenschap vestigen soorten zich na de brand door gebruik te maken van de voedingsstoffen die in de bodem zijn opgeslagen. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor bestaande natuur.

*Toename problemen waterafvoer*






















Tot slot kan de toename van hogere waterstanden leiden tot problemen met waterafvoer waardoor de kans op overstromingen toeneemt (Meijs, et al., 2018). In een overstroomd gebied kunnen, afhankelijk van de ernst van de overstroming en de aanwezige natuur, soorten verloren gaan. Soorten kunnen bijvoorbeeld verdrinken, rotten of sterven door letsel of voedselhoud.

## Sector Infrastructuur

### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

#### Hitte

Klimaateffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extremen nemen toe</b>			
11 Toename kans op ongelukken door verminderde concentratie		 Bestuurders	V
12 Hinder spoorverkeer door oververhitting elektrotechnisch systeem		 Geen spoorwegen	
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
13 Toename schade wegdek wegnnet		 Asfaltwegen	VBM
14 Beperking vliegverkeer door schade		 Geen vliegveld	
15 Hinder spoorverkeer door vervorming en spatten rails, wissels en slecht sluitende bruggen		 Geen spoorwegen	
16 Hinder weg- en vaarwegverkeer door slechtsluitende bruggen		 beweegbare brug Heusden	
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
17 Afname ijshinder scheepvaart		 Pleziervaart Heusden vestingsstad en vaart op de Maas	
<b>Zachte winter</b>			
18 Minder gebruik strooizout wegen, minder onderhoud		 Wegen (strooiroute)	B
19 Minder (dodelijke) ongevallen door gladheid en ijzel		 Wegen	

#### Wateroverlast

Klimaateffect	Kans Bedreiging	 aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Gemeentelijk adaptatiemiddel / strategie
---------------	--------------------	---	---

Extreme piekneerslag neemt toe				
I10 Waterschade en afname bereikbaarheid		!	(hoofd)wegen	VBM
I11 Ongelukken door beperkt zicht en glad wegdek		!	(hoofd)wegen	VBM
Toename frequentie en intensiteit wind				
I12 Hinder scheepvaart door wind		!	Vaarwegen	
I13 Versperring spoor- en wegverkeer door omgewaaide objecten		!	(hoofd)wegen	VBM
Toename frequentie en intensiteit wind en bliksem				
I14 Hinder vliegverkeer door wind en bliksem		X	Geen vliegveld	
Toename frequentie en intensiteit bliksem				
I15 Hinder spoorverkeer door bliksem		X	Geen spoorwegen	

## Droogte

Klimaat <span>effect</span>	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
Afname rivierafvoer zomer				
I16 Beperking scheepvaart		!	Eventueel in Haarsteegse Wiel Buitenhavens in de Vesting kennen doorvaartproblemen i.r.t. baggerproblematiek. Een lage waterstand zou dit kunnen verergeren. Gemeente is daar echter geen vaarwegbeheerder	V
Drogere bodems in de zomer				
I17 Hinder wegen door natuur- en bermbranden		!	Wegen nabij risicogebieden natuurbrand zoals de Loonse en Drunense Duinen.	VBM
Toename bodemdaling				
I18 Meer onderhoud en schade door bodemdaling		X	Risico bodemdaling binnen de gemeente is beperkt.	

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### Ongelukken door verminderde concentratie

Door de toename van extreme hitte neemt de kans op hittestress bij personen toe en één van die hitte gerelateerde klachten is een verminderde concentratie. Zo kan deze klacht optreden doordat de ruimte in het voertuig lastiger gekoeld kan worden en/of door de slechte nachtrust tijdens te warme nachten. Dit geldt voor zowel de bestuurders van kranen in havens als bestuurders op wegen en spoorwegen. De kans op ongelukken neemt dus toe en daarom vormt dit klimaateffect een bedreiging voor de subsectoren wegen, spoorwegen en vaarwegen.

### Schade wegdek wegnen

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes vergroot de kans op schade van het wegdek van het wegnen (Meijs, et al., 2018). Bij hoge temperaturen kan de asfaltlaag zacht worden en vervormen, waarbij het toenemende reliëf voor gevaarlijke situaties kan zorgen. Volgens Maas & Vogel veroorzaakt een luchttemperatuur van 32 graden of hoger vervorming. Een slecht wegdek veroorzaakt bovendien een verminderde wegcapaciteit en een afname van de verkeerssnnelheid, wat de kans op verkeersopstopping vergroot. Als gevolg hiervan kan de verkeersdruk op andere routes toenemen en kunnen

extra verkeersinformatievoorziening en herstelwerkzaamheden van de schade tot hogere kosten leiden. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsector wegen.

#### *Hinder weg- en vaarwegverkeer door slecht sluitende bruggen*

Beweegbare bruggen vormen een belangrijke schakel in de doorstroming van weg- en vaarwegverkeer. Door de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes neemt de kans op slecht sluitende en vastzittende bruggen dus toe door de uitzetting van metalen onderdelen. 'Bruggen haperen al bij een buitentemperatuur van 30-35 graden. Dit vormt een bedreiging voor de subsector wegen en vaarwegen omdat het verkeersopstoppingen kan veroorzaken, met een mogelijke toename van verkeersdruk op andere routes en herstelkosten als gevolg.

#### *Minder gebruik strooizout wegen*

Een ander bijkomend voordeel voor de sector tijdens milde winters is de afname van het gebruik van strooizout (Meijs, et al., 2018). Door minder gladheid en ijzel is dit immers minder vaak nodig wat inspanning en kosten van onderhoud kan besparen. Strooiwagens hoeven minder vaak te rijden en door minder vorst-dooi overgangen neemt het onderhoud van het wegdek af. Zo kan zeer open asfaltbeton (ZOAB) minder goed tegen die overgangen waardoor dit type wegdek minder onderhoud nodig heeft. Dit klimaateffect vormt dus een kans voor de subsector wegen.

#### *Waterschade en afname beschikbaarheid infrastructuur*

Door de toename van extreme piekneerslag kunnen wegen, spoorwegen, tunnels, havens en vliegvelden sneller onder water komen te staan wanneer de hoeveelheid hemelwater onvoldoende kan worden afgevoerd (Meijs, et al., 2018). Hierdoor neemt de toegankelijkheid en daarmee de capaciteit van deze infrastructuur af, wat kan leiden tot verkeersopstoppingen en vertragingen. De inundatie kan de fysieke infrastructuur beschadigen, ongelukken veroorzaken en de druk op andere verkeersroutes verhogen. Zo stellen Maas & Vogel: 'Schade aan weginfrastructuur treedt op bij hevige regenval van 100-150mm/24 uur of meer.' Het afzetten van verbindingen, verkeersinformatievoorziening en herstelwerkzaamheden verhogen kosten en vergroten de druk op infrabeheerders. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de totale sector.

#### *Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur*

Bij een overstroming vallen de verbindingen in het overstroomd gebied uit waardoor de bereikbaarheid van gebieden afneemt, vooral bij wegen, spoorwegen en luchthavens. Vanwege de veiligheid kunnen verbindingen worden afgesloten en kan verkeer worden gestremd om evacuatielroutes gereed te maken. Zo is er volgens Maas & Vogel een halve meter snelstromend water op een weg al genoeg om een auto mee te sleuren. Herstel van de schade na een overstroming kan lang duren. Wat betreft spoorwegen zijn laaggelegen spoorwegen het meest kwetsbaar, maar door inundatie van transformatorstations en ICT-punten (sectoren E & ICT) kunnen trajecten sneller uitvallen. Bovendien liggen verbindingen vaak eerder al stil ter preventie. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsectoren wegen, spoorwegen en luchtvaart.

## Sector Energie

### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.





## Hitte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extremen nemen toe</b>				
E1 Minder capaciteit door verhoogde weerstand elektriciteitsleidingen en thermische energiecentrales			Elektriciteitsleidingen, geen thermische energiecentrales binnen de gemeente	V
E2 Lager hangende hoogspanningskabels			Hoogspanningsleidingen ten noorden van Haarsteeg en Elshout	V
E3 Vaker uitval door 'brownout' (uitval door te hoge vraag)			Elektriciteitscentrales niet aanwezig, effect uitval wel	V
E4 Beperking thermische energiecentrales door warmer koelwater			Geen energiecentrales	V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>				
E5 Kansen zonne-energie			Gehele gemeente	V
E6 Kansen biogas			Gehele gemeente	V
<b>Zachte winter</b>				
E7 Lagere energievraag voor verwarmen			Gehele gemeente	
E8 Afname ijsaanwas windturbines			Gehele gemeente	
E9 Afname ijsaanwas hoogspanningsleidingen			Gehele gemeente	

## Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>				
E10 Uitval elektriciteit door inundatie			Koppel-, schakel,-en transformatorstations, zonnepanelen.	VBM
<b>Toename frequentie en intensiteit wind</b>				
E11 Stormschade bovengrondse energie en infrastructuur			Hoogspanningsnetwerk, zonneparken	V
E12 Toename afschakelen windturbines bij storm			Onderzoek naar potentiële locaties windturbines binnen de gemeente loopt.	
E13 Kansen windenergie			Onderzoek naar potentiële locaties windturbines binnen de Gemeente loopt.	V
<b>Hogere waterstanden</b>				
E14 Uitval door schade en teloorgaan energie-infrastructuur			Onder- en bovengrondse energieinfrastructuur	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)</b>				
E15 Toename inslagschade			o.a. hoogspanningsnetwerk.	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)</b>				
E16 Beschadiging ondergrondse infrastructuur door 'uprooting'			Ondergrondse energieinfrastructuur	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)</b>				

E17 Toename inslagschade infrastructuur			Bovengrondse energieinfrastructuur	V
---	---	---	------------------------------------	---

## Droogte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Droogere bodems in de zomer</b>			
E18 Minder capaciteit ondergrondse elektriciteitsleidingen			Ondergrondse elektriciteitsnetwerk V
<b>Toename bodemdaling</b>			
E19 Beschadiging kabels door zetting bodem			Beperkte risico's bodemdaling/zetting
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>			
E20 Minder koelwater voor elektriciteitscentrales			Geen elektriciteitscentrales
E21 Beperking waterkrachtcentrales			Geen waterkrachtcentrales

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### *Minder capaciteit door verhoogde weerstand elektriciteitsleidingen en thermische energiecentrales*

Hitte vormt een bedreiging voor de capaciteit van elektriciteitsleidingen (ondergronds en bovengronds) en thermische energiecentrales. Door de toename van extreme hitte neemt de weerstand, in zowel de leidingen als in de centrales, toe waardoor energieverlies groter wordt. De capaciteit en daarmee ook de efficiëntie nemen hierdoor af. Dit vermindert de capaciteit van het totale elektriciteitsnetwerk waardoor het vatbaarder is voor storingen en uitval, met de financiële schade (kosten compensatie uitval) als gevolg. Tevens kan de verminderde capaciteit van thermische energiecentrales leiden tot een hogere energieprij. Wat betreft de hoogspanning zijn de vatbaarheid van de kabels voor dit klimaat-effect afhankelijk van het materiaaltype. De Lo-Sag (type hoogspanningslijnen) en hoge temperatuurgeleiders zijn minder vatbaar voor dit klimaat-effect.

### *Toename energievraag door koeling*

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt een toename van de koelbehoefte waardoor de energievraag stijgt (Meijs, et al., 2018). De hitte bevordert de aanschaf en het gebruik van koeltechnologie zoals airconditioningsystemen en ventilatoren. De toename van de vraag draagt bij aan de verhoging van de piekvraag in het energienetwerk waardoor de mate van overbelasting van het netwerk toeneemt. Als gevolg kan enerzijds de energieprij stijgen en kan anderzijds de kans op storingen en uitval worden vergroot met de financiële schade (kosten compensatie uitval) van dien.

### *Kansen zonne-energie*

De toename van de hoeveelheid zonnestraling door de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes is een kans voor de type 1 energieproducenten die gebruik maken van zonne-energie. Dit zal bijdragen aan de energietransitie: van het gebruik van fossiele energiebronnen naar hernieuwbare energiebronnen.

### *Kansen windenergie*

De toename van de frequentie en intensiteit van wind vergroot de beschikbaarheid van windenergie voor elektriciteitsproducenten. Het aantal windstille dagen zal dus naar verwachting afnemen. Dit klimaat-effect vormt dus een kans voor producenten die gebruik maken van windturbines.

### *Uitval elektriciteit door inundatie*

De toename van extreme piekneerslag veroorzaakt een toename van de kans op uitval van de elektriciteitsvoorziening door inundatie. Bij extreme piekneerslag in een gebied waar het hemelwater onvoldoende kan worden afgevoerd is de kans aanwezig dat objecten onder water komen te staan (inundatie). Dit leidt bij elektriciteitscentrales tot afschakeling en bij koppel-, schakel- en transformatorstations tot onbruikbaarheid. Ook kan inundatie van zonnepanelen (incl. transformator en bedrading) en geothermische

energievoorziening leiden tot onbruikbaarheid. Zo kan hevige neerslag dus de kans op storingen en uitval van de energievoorziening vergroten met de bijbehorende financiële schade (kosten compensatie uitval). De duur van de overlast bij uitval over het algemeen geschat op dagen tot weken.

#### *Uitval door schade en teloorgaan energie infrastructuur*

Bij een overstroming door de stijgende zeespiegel of vanuit rivieren vindt er uitval van de energievoorziening plaats door schade en/ of het teloorgaan van mogelijk alle objecten van de energie-infrastructuur. In wijze treedt bij overstroming inundatie op van alle aanwezige energie-infrastructuur in het overstroomde gebied. Dit geldt dus ook voor zonneparken en geothermische energieproductie. De weerbaarheid van de elektriciteitscentrales aan de kust is dus van groot belang voor deze bedreiging.

## Sector IT en Telecom




### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft, welke adaptatiestrategie de gemeente in zou kunnen zetten en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

#### Hitte




Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extremen nemen toe</b>				
<i>IT1 Slechtere conditie ICT-infrastructuur door hitte</i>	@	!	ICT infrastructuur	V
<i>IT2 Hitte-uitval ICT-apparatuur en toename energiekosten voor ICT-operators</i>	@	!	ICT objecten	V
<i>IT3 Uitval en storingen door kabelsmelt en 'brownout'</i>	@	!	ICT objecten	V
<i>IT4 Uitval en storingen door biologische besmettingen in airconditioning</i>	@	!	ICT apparatuur met waterlevelairconditioning	V

#### Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>				
<i>IT5 Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur door vocht</i>	@	!	Gehele gemeente	V
<i>IT6 Beperking satellietcommunicatie, IT1 microgolfantennes en mobiele signaalpropagatie</i>	@	!	Gehele gemeente, wordt echter niet herkend	V
<i>IT7 Uitval door waterschade van ICT-</i>	@	!	Gehele gemeente	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten)</b>				
<i>IT8 Beperking microgolfantennes en satellietcommunicatie door wind</i>	@	!	Antennes, wordt echter niet herkend	V

IT9 Mechanische schadeantennemasten mobiele communicatie en zendmasten zenderparken door wind	@	!	Antennes, wordt echter niet herkend	V
<b>Hogere luchtvochtigheid</b>				
IT10 Uitval ICT door hoge luchtvochtigheid	@	!	Gehele gemeente	
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)</b>				
IT11 Uitval ICT door inslagschade	@	!	Bovengrondse infrastructuur	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)</b>				
IT12 Beschadiging ondergrondse ICT infrastructuur door 'uprooting'	@	!	Ondergrondse infrastructuur	V
<b>Hogere waterstanden</b>				
IT13 Uitval door schade en teloorgaan energieinfrastructuur	@	!	Onder- en bovengrondse energieinfrastructuur	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)</b>				
IT14 Uitval ICT door uitval elektriciteitsvoorzieningen door extremen	@	!	Gehele gemeente	V

## Droogte

Klimaat <span>­</span> effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extremen nemen toe</b>				
IT15 Slechtere conditie fysieke ICT- infrastructuur door droogte	@	!	Gehele gemeente	V
<b>Toename bodemdaling</b>				
IT16 Beschadiging kabels door zetting bodem	@	!	Zetting binnen de gemeente is beperkt	V
<b>Lagere luchtvochtigheid</b>				
IT17 Uitval ICT door lage luchtvochtigheid	@	!	Gehele gemeente	V
<b>Afname bruikbaar water door slechte oppervlaktewaterkwaliteit</b>				
IT18 Verandering kwaliteit	@	X	Geen datacenters	

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### Slechtere conditie fysieke ICT- infrastructuur

De toename van extreme hitte, droogte en extreme piekneerslag veroorzaakt een verslechtering van de conditie van fysieke ICT-  
infrastructuur (alle typen). Door de hoge temperaturen en de sterkere temperatuurafwisseling verouderen componenten van de fysieke infrastructuur sneller. Hierdoor neemt het risico op falen toe, wat voorkomen dient te worden door een toename van onderhoud (asset management). In verhouding met de andere klimaat­effecten is de impact van dit risico relatief klein omdat het snel hersteld kan worden. Deze bedreiging is van toepassing op alle typen fysiek-technische objecten.

### Lekkage en inundatie ICT- objecten

De toenemende piekneerslag vergroot de kans op waterschade bij ICT-  
objecten op twee manieren: bij water op straat aan de objecten op straatniveau en bij lekkage aan objecten in gebouwen. Ten eerste zijn de op straat geplaatste aansluit- en schakelkasten, accu's en eventuele generatoren van antennemasten (GSM/3G/4G/C2000) niet waterbestendig genoeg en waardoor deze waterschade op kunnen lopen bij water op straat. Deze type 4 objecten (m.u.v. mobiele signalen) kunnen hierdoor tijdelijk, tot enkele dagen, uitvallen. Ten tweede kan hevige piekneerslag voor wateroverlast zorgen in gebouwen waar zich ICT-  
objecten of

noodstroomvoorzieningen voor ICT bevinden. Airconditioningsystemen, noodgeneratoren en dieseltanks voor noodstroom, transformatoren, accu's, voedingspanelen en kabelterminaties staan volgens Luijf en van Oort vaak in kelders. Hierdoor zijn deze type 3 objecten extra kwetsbaar voor uitval door waterschade bij lekkage wat tot maandenlang herstel of geen herstel kan leiden. Door deze enorme impact wordt dit klimaateffect gekenmerkt als de grootste bedreiging van wateroverlast op de sector ICT. Waterschade bij objecten op straatniveau vormt in theorie een kleiner risico omdat de hersteltijd van deze tijdelijke uitval op maximaal dagen wordt geschat.

*Hitte-uitval en hogere energiekosten ICT-operators*

Door de toename van extreme hitte neemt de kans op hitte-uitval van ICT-apparatuur toe en stijgen de operationele energiekosten voor ICT-operators. ICT-apparatuur is gemaakt om te functioneren bij een bepaalde gewenste temperatuurrange. Bij hogere temperaturen zal het daarom uit zelfbescherming afsluiten of mogelijk defect raken, wat bij SPoFs impact kan hebben ook grote schaal (nationaal/internationaal). De apparatuur heeft dus een stijgende behoefte aan verkoeling. Hierdoor stijgen de energiebehoefte en -kosten van de ICT-operator. De impact van deze bedreiging is relatief klein vanwege snel herstel (uren) en is van toepassing op objecten van type 3 (m.u.v. zendparken) en op de apparatuurkasten van antennemasten (type 4).

*Uitval ICT door uitval elektriciteitsvoorzieningen*

Omdat de sector ICT sterk afhankelijk is van de elektriciteitsvoorziening is de sector niet alleen kwetsbaar voor directe klimaateffecten maar ook voor de klimaateffecten op sector E. Zo veroorzaken de toename van extreme piekneerslag en de toename van de frequentie en intensiteit van hagel, wind en bliksem een toename van de kans op uitval van elektriciteit. Objecten van de elektriciteit-infrastructuur kunnen immers ook beschadigd raken door onder andere water op straat, lekkages, uprooting en (directe)inslag. Noodstroomvoorzieningen kunnen daardoor ook schade oplopen en hebben bovendien slechts een beperkte capaciteit. Wanneer de uitval van elektriciteit te lang duurt, kunnen noodvoorzieningen de energiebehoefte niet meer dekken. Tevens merken Luijf en van Oort op dat veel ICT-operators geen noodstroomvoorzieningen hebben omdat zij de elektriciteitsvoorziening in Nederland als zeer betrouwbaar achten. De cijfers over de kans op falen in de afgelopen jaren zijn in verhouding met andere landen namelijk goed. De vraag is echter of de sector E wel voldoende is voorbereid op de stijgende risico's omtrent klimaatverandering en deze wel zo betrouwbaar is om geen noodvoorziening aan te schaffen.

*Uitval bij overstroming*

Tot slot vormt een overstroming, als gevolg van de hogere waterstanden, een bedreiging voor de sector ICT door het veroorzaken van uitval van vitale en kwetsbare ICT-infrastructuur (Meijs, et al., 2018). Zoals in de vorige alinea is beschreven vergroten waterschade van ICT-infrastructuur en uitval van elektriciteitsvoorzieningen de kans op ICT-uitval. Bij (gedeeltelijk) onder water staan tijdens een overstroming treedt dus uitval tot verlies van ICT-objecten (en bijbehorende functies en dienstverlening) op. Wat betreft de antennemasten zijn het de bijbehorende schakelkasten en accu's die door onder water staan het functioneren van de antenne stilleggen. Een overstroming heeft dus een grote impact, met maandenlange herstel tot geen herstel als gevolg, op alle type 3 en 4 objecten (m.u.v. mobiele signaalpropagatie). Deze impact wordt vergroot omdat de behoefte aan informatie- en communicatie ten tijde van een overstroming juist extra groot is. Door belangrijke knooppunten als SPoFs en back-up locaties tijdig waterbestendig te maken en op hoger grondgebied te plaatsen kan de hersteltijd worden ingekort..

## Sector Veiligheid

### Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

#### Hitte






Klimaateffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig	Adaptatie Strategie
---------------	--------------------	--	---------------------

		✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		
<b>Extremen nemen toe</b>				
V1 Toename hitte gerelateerde gezondheidsklachten		!	Hittegevoelige gebieden, risicogroepen waaronder ouderen	VBM
V2 Toename druk op medische hulpdiensten		!	Huisartensposten, EHBO.	VBM
V3 Toename blackouts en kans uitval IT		!	ICT-voorzieningen	V
<b>Verschuiving klimaatzones, hogere temperatuur oppervlaktewater, warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>				
V4 Toename risico's voor grote evenementen		!	Evenementen waaronder de 80 van de Langstraat en avondvierdaagse	VB

## Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>				
V5 Afname veiligheid door toename wateroverlast		!	Locaties met knelpunten vanuit riool, wegen	VBM
V6 Toename risico voor grote evenementen		!	Evenementen waaronder de 80 van de Langstraat en avondvierdaagse	VBM
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)</b>				
V7 Toename risico's buitenevenementen		!	Evenementen, waaronder de 80 van de Langstraat en avondvierdaagse	VBM
V8 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen		!	Elektriciteitsnetwerk	V
V9 Toename kans vallende objecten		!	Gehele gemeente	V

## Droogte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Droogere bodems in de zomer</b>				
V10 Toename kans op brand		!	Risicogebied natuurbrand, waaronder de Loonse en Drunense Duinen	VBM
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>				
V11 Afname beschikbaarheid voor energie-industrie		!	Echter niet specifiek van toepassing voor de gemeente	

## Belangrijkste kansen en bedreigingen

### Infectieziekten en grootschalige ziektegolven

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes vergoot de kans op infectieziekten en grootschalige ziektegolven (ANV, 2016). Dit heeft meerdere oorzaken. De uitwisseling van ziekten tussen en dieren en mensen verandert door de hitte (Meijs, et al., 2018). Door de hitte ontstaat bijvoorbeeld een opkomst van vector-overdraagbare ziekten (geleedpotigen) in aantal (populatiegroei) en door de komst van exoten (Wuijts, et al, 2014). Daarnaast neemt de kans op water- en voedsel overdraagbare infectieziekten water toe,

bijvoorbeeld door de toename van blootstelling door meer waterrecreatie (Meijs, et al., 2018) (Wuijts, et al, 2014). Dit vergroot de kans op een grootschalige ziektegolf, wat de mogelijkheid tot een pandemie of epidemie vergoot. Volgens het Nationale Veiligheidsprofiel heeft een ernstige griepandemie de op één na grootste impact op de nationale veiligheid van alle mogelijke veiligheidsrisico's (ANV, 2016). Tot slot kan dit, naast de fysieke veiligheid, ook een bedreiging vormen voor de territoriale veiligheid wat betreft de inkoop van vaccins door Nederland (ANV, 2016).

#### *Hitte gerelateerde gezondheidsklachten*

De toename van extreem hoge temperaturen en warmere periodes veroorzaakt ten eerste een toename van hittestress, wat leidt tot een toename van gezondheidsklachten zoals hart-, vaat- en luchtwegziekten. Ten tweede veroorzaakt de hitte in combinatie met fijnstof een toename van zomersmog (Meijs, et al., 2018). De slechte luchtkwaliteit door de smog vergroot de kans op luchtwegziekten. Ten derde veroorzaakt de toename van blootstelling aan Uv-straling voor een toename van staar en huidkanker (Meijs, et al., 2018). Al deze effecten veroorzaken een toename van zieken, ziekenhuisopnamen en vroegtijdig overlijden. Demografische trend als vergrijzing, individualisering en het steeds vaker en langer thuis blijven wonen van ouderen vergroot de impact (ANV, 2016). Kortom, hitte vormt een bedreiging voor de volksgezondheid en daarmee de fysieke veiligheid.

#### *Druk op medische hulpdiensten*

De toename van hittestress, als gevolg van extreme hitte, veroorzaakt een verhoogde druk op eerste hulpdiensten (Meijs, et al., 2018). Door de toename van de eerder genoemde gezondheidsklachten door hitte is meer inzet van eerste hulpdiensten nodig zoals ambulancediensten en EHBO-posten. Dit betekent een druk op zowel mankracht (personeel) als de beschikbaarheid van materieel (voertuigen, hulpmiddelen, medicijnen). Wanneer hulpdiensten onvoldoende anticiperen op deze verandering kan de fysieke veiligheid in gevaar komen.

#### *Toename kans op brand*

De toename van extreme hitte veroorzaakt een toenemende kans op branden in combinatie met een periode van droogte. Hiermee stijgt ook de kans op onbeheersbare branden waarbij evacuatie nodig is (ANV, 2016). Dit vergroot de druk op hulpdiensten (met name brandweer, politie) en de ecologische en fysieke veiligheid. Zo zou bijvoorbeeld de kans op een onbeheersbare natuurbrand op de Veluwe normaliter 1:25 jaar zijn, maar in jaren met grote droogte maar liefst 1:2 jaar (ANV, 2016). Naast natuurbranden zijn ook berm-, recreatief groen, stedelijk groen en gebouwen (groene daken, verticaal groen) vatbaar voor dit klimaat-effect. Zelfs na de zomermaanden kan dit verhoogde risico aanhouden (Kok, 2018).

#### *Risico's buitenevenementen*

Zowel de extreme piekneerslag als de toenemende frequentie en intensiteit van wind, bliksem en hagel veroorzaken verhoogde veiligheidsrisico's voor buitenevenementen, met name voor meerdaagse evenementen met overnachting (Meijs, et al., 2018). Allereerst kunnen deze extreme weersomstandigheden materiële schade aanrichten aan bijvoorbeeld tenten, podia en apparatuur (licht, geluid, communicatie). Mogelijk dient een evenement zelfs geannuleerd te worden vanwege het weer. Op lokale schaal kan dit een bedreiging vormen voor de economische veiligheid. Tot slot kan de fysieke veiligheid van bezoekers onder druk staan door het risico op onderkoeling, griep (natte kleding, natte tenten) en ongelukken (natte ondergrond). Dit klimaat-effect vormt dus een bedreiging.

#### *Afname fysieke veiligheid bij overstroming (ANV, 2016)*

De fysieke veiligheid kan worden aangetast door een overstroming omdat mensen kunnen overlijden (bijv. verdrinken), gewond kunnen raken en vatbaar zijn voor ziekten (mentaal en fysiek) (ANV, 2016). Ook kan het overstromen van wegen en parkeervoorziening de bereikbaarheid van medische hulpdiensten belemmeren. Dit geldt voor zowel de bereikbaarheid van hulpbehoevenden voor de hulpdiensten (bijv. ambulance) als de bereikbaarheid van ziekenhuizen en huisartsen voor de hulpbehoevenden. Tot slot kan een gebrek aan primaire levensbehoeften optreden door bijvoorbeeld verlies van huisvesting, drinkwater-, voedsel- en energievoorziening. Het herstel van deze voorzieningen tot lange tijd na een overstroming duren.

#### *Sociale instabiliteit door verstoring dagelijks leven bevolking bij overstroming (ANV, 2016)*

Een overstroming kan maatschappelijke onrust veroorzaken doordat het dagelijks leven van grote groepen mensen wordt verstoord (ANV, 2016).

## BIJLAGE C RESULTATEN WATEROVERLAST

### **C1. Water op straat**

De bijlage wordt in aparte pdf's meegeleverd met de hoofdreportage.



## BIJLAGE D RESULTATEN DROOGTE

**D1. Kwetsbaarheid verdroging**

**D2. Knelpunten waterkwaliteit**

**D3. Kwetsbaarheid droogte landbouw**

De bijlage wordt in aparte pdf's meegeleverd met de hoofdrapportage.

## BIJLAGE E RESULTATEN HITTE

**E1. Kwetsbaarheid gemeente oppervlaktetemperatuur**

**E2. Kwetsbaarheid kernen oppervlaktetemperatuur**

**E3. Kwetsbaarheid gemeente 'mate van hittestress'**

**E4. Kwetsbaarheid kernen 'mate van hittestress'**

De bijlage wordt in aparte pdf's meegeleverd met de hoofdrapportage.

# BIJLAGE F OVERZICHTSKAART KLIMAATEFFECTEN

## COLOFON

KLIMAATSTRESSTEST

**KLANT**

Gemeente Heusden

**AUTEUR**

Simone Mol

**PROJECTNUMMER**

C03071.000281

**ONZE REFERENTIE**

D10008733:3

<b>BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES</b>	<b>49</b>
A1. Methodiek wateroverlast als gevolg van extreme neerslag	49
A2. Methodiek droogte	49
A3. Methodiek hitte	50
<b>BIJLAGE B KANSEN, BEDREIGINGEN EN SECTOREN</b>	<b>52</b>
Sector Water & Ruimte	52
Sector Landbouw, Tuinbouw en Visserij (LTV)	55
Sector Gezondheid	58
Sector Recreatie & Toerisme	64
Sector Natuur	67
Sector Infrastructuur	70
Sector Energie	72
Sector IT en Telecom	75
Sector Veiligheid	77
<b>BIJLAGE C RESULTATEN WATEROVERLAST</b>	<b>80</b>
C1. Water op straat	80
<b>BIJLAGE D RESULTATEN DROOGTE</b>	<b>81</b>
D1. Kwetsbaarheid verdroging	81

D2. Knelpunten waterkwaliteit	81
D3. Kwetsbaarheid droogte landbouw	81

## **BIJLAGE E RESULTATEN HITTE** **82**

E1. Kwetsbaarheid gemeente oppervlaktetemperatuur	82
E2. Kwetsbaarheid kernen oppervlaktetemperatuur	82
E3. Kwetsbaarheid gemeente 'mate van hittestress'	82
E4. Kwetsbaarheid kernen 'mate van hittestress'	82

## **BIJLAGE F OVERZICHTSKAART KLIMAATEFFECTEN** **83**

Colofon83

### **DATUM**

2 januari 2020

### **STATUS**

Definitief

### **Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)