

# KLIMAATSTRESSTEST

Gemeente Sint-Michielsgestel



## Contactpersoon

**ERWIN SLINGERLAND**

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 1018  
5200 BA 's-  
Hertogenbosch  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>7</b>
1.1	Het klimaat verandert	7
1.2	Verantwoording	8
1.3	Leeswijzer	9
<b>2</b>	<b>WATEROVERLAST</b>	<b>11</b>
2.1	Neerslagpatroon	11
2.2	Water op straat	12
2.3	Grondwateroverlast	13
<b>3</b>	<b>DROOGTE</b>	<b>15</b>
3.1	Neerslagtekort	16
3.2	Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden	16
3.3	Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging	17
3.4	Knelpunten waterkwaliteit	18
3.5	Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade	20
<b>4</b>	<b>HITTE</b>	<b>23</b>
4.1	Zomerse en tropische dagen per jaar	23
4.2	Hittestress door warme nachten	23
4.3	Oppervlaktetemperatuur	24
4.4	Opwarming oppervlaktewater	26
<b>5</b>	<b>OVERSTROMING</b>	<b>28</b>
5.1	Overstromingsdiepte	28
5.2	Overstromingskans	29
5.3	Verticale evacuatie	30
<b>6</b>	<b>AANPAK SECTORANALYSE</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>SECTOR WATER EN RUIMTE</b>	<b>32</b>
7.1	Definitie sector en stakeholders	32
7.2	Effect klimaatverandering op sector	32
	Hitte	32
	Wateroverlast	33
	Droogte	33

Overstroming	34
7.3 Toelichting bedreigingen en kansen	34
<b>8 SECTOR LANDBOUW, TUINBOUW EN VISSERIJ</b>	<b>36</b>
8.1 Definitie sector	36
8.2 Effect klimaatverandering op sector	36
Hitte	36
Wateroverlast	36
Droogte	37
Overstroming	38
8.3 Toelichting bedreigingen en kansen	38
<b>9 SECTOR GEZONDHEID</b>	<b>41</b>
9.1 Definitie sector	41
9.2 Effect klimaatverandering op sector	41
Hitte	41
Wateroverlast	42
Droogte	42
Overstroming	43
Definitie sector	43
9.3 Toelichting bedreigingen en kansen	43
<b>10 SECTOR RECREATIE &amp; TOERISME</b>	<b>46</b>
10.1 Definitie sector	46
10.2 Effect klimaatverandering op sector	46
Hitte	46
Wateroverlast	47
Droogte	47
10.3 Toelichting bedreigingen en kansen	47
<b>11 SECTOR NATUUR</b>	<b>49</b>
11.1 Definitie sector	49
11.2 Effect klimaatverandering op sector	49
Hitte	49
Wateroverlast	50
Droogte	50
Overstroming	50
11.3 Toelichting bedreigingen en kansen	51
<b>12 SECTOR INFRASTRUCTUUR</b>	<b>53</b>

12.1	Definitie sector	53
12.2	Effect klimaatverandering op sector	53
	Hitte	53
	Wateroverlast	54
	Droogte	54
	Overstroming	54
12.3	Toelichting bedreigingen en kansen	55
<b>13</b>	<b>SECTOR ENERGIE</b>	<b>57</b>
13.1	Definitie sector	57
13.2	Effect klimaatverandering op sector	57
	Hitte	57
	Wateroverlast	58
	Droogte	58
	Overstroming	59
13.3	Toelichting bedreigingen en kansen	59
<b>14</b>	<b>SECTOR INFORMATIE TECHNOLOGIE (IT) EN TELECOM</b>	<b>61</b>
14.1	Definitie sector	61
14.2	Effect klimaatverandering op sector	61
	Hitte	61
	Wateroverlast	61
	Droogte	62
	Overstroming	62
14.3	Toelichting bedreigingen en kansen	63
<b>15</b>	<b>SECTOR VEILIGHEID</b>	<b>65</b>
15.1	Definitie sector	65
15.2	Effect klimaatverandering op sector	65
	Hitte	65
	Wateroverlast	66
	Droogte	66
	Overstroming	66
15.3	Toelichting bedreigingen en kansen	66
<b>16</b>	<b>SAMENVATTING EN CONCLUSIE</b>	<b>69</b>
16.1	Samenvatting uitkomsten klimaatstresstest	69
16.2	Sectoranalyse	70
16.3	Aanbevelingen voor vervolg	72

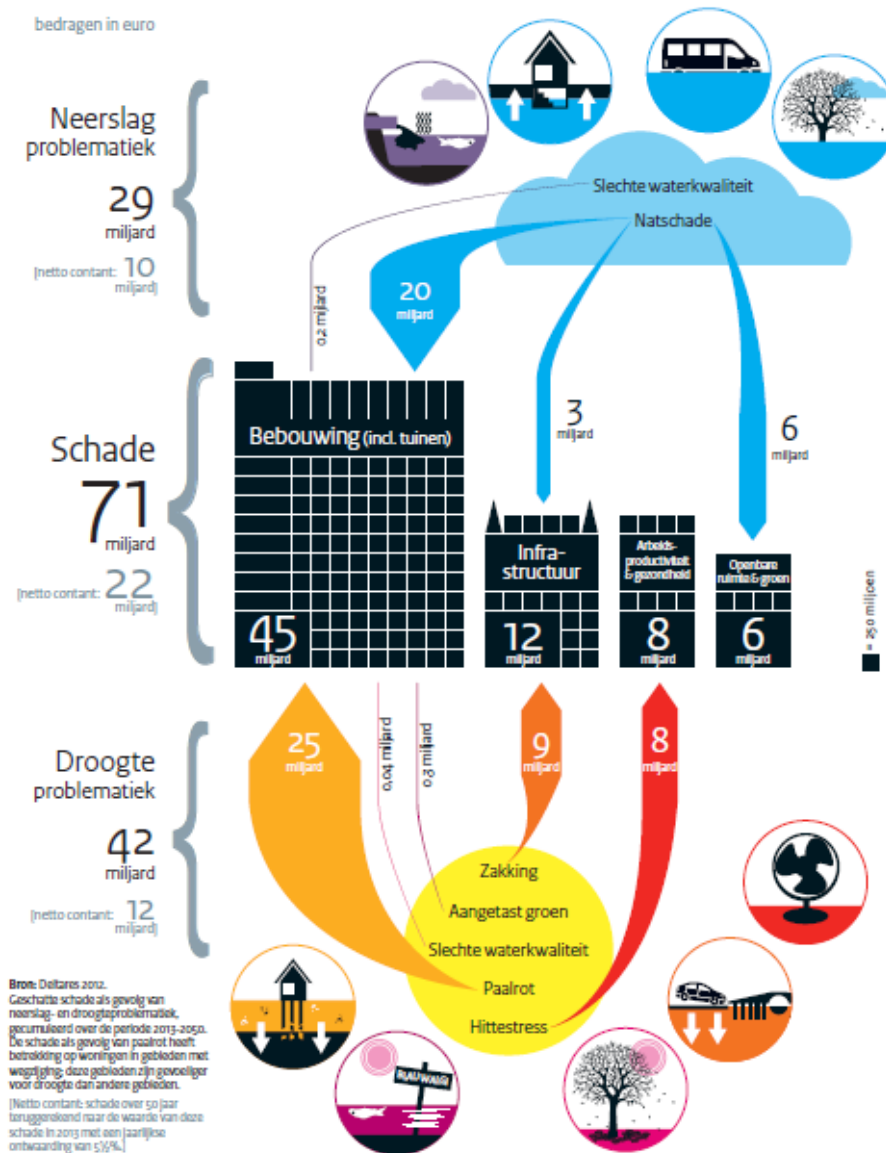
<b>BIJLAGEN</b>	<b>74</b>
<b>BIJLAGEN</b>	
<b>BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES</b>	<b>75</b>
<b>BIJLAGE B RESULTATEN WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG</b>	<b>79</b>
Bijlage B1 Kernkaarten maximale waterdiepte bui 8	79
Bijlage B2 Kernkaarten maximale waterdiepte 70mm	80
Bijlage B3 Kernkaarten maximale waterdiepte 90mm	81
Bijlage B4 Kernkaarten maximale waterdiepte 160mm	82
Bijlage B5 Kernkaarten begaanbaarheid wegen bui 8	83
Bijlage B6 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 70mm	84
Bijlage B7 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 90mm	85
Bijlage B8 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 160mm	86
<b>BIJLAGE C RESULTATEN DROOGTE</b>	<b>87</b>
Bijlage C1 Gemeente- en kernkaarten kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging	87
Bijlage C2 Knelpunten waterkwaliteit	88
Bijlage C3 Kwetsbaarheid voor funderingsschade door paalrot	89
<b>BIJLAGE D RESULTATEN HITTESTRESS</b>	<b>90</b>
Bijlage D1 Gemeente- en kernkaarten oppervlaktetemperatuur	91
Bijlage D2 Gemeente- en kernkaarten 'mate van hittestress'	92
<b>BIJLAGE E VERZAMELKAART KWETSBAARHEIDSANALYSES</b>	<b>94</b>
<b>COLOFON</b>	<b>96</b>

# 1 INLEIDING

## 1.1 Het klimaat verandert

Het klimaat verandert. De temperatuur gaat omhoog en hittegolven komen vaker voor. Enerzijds wordt het droger en anderzijds 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 1: Klimaatopgaven en kosten (*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.

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 waarin gemeenten en ander overheden het doel hebben meegekregen 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 verantwoordelijke 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 klimaatadaptatiestrategie 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. Risicodialog voeren en strategie opstellen
3. Uitvoeringsagenda opstellen
4. Meekoppelkansen benutten
5. Stimuleren en faciliteren
6. Reguleren en borgen
7. Handelen bij calamiteiten



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;

<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.



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. Ambitie één beoogt ook 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: risicodialogoog 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 en de risicokaart voor kwetsbare locaties.

### 1.3 Leeswijzer

In deze rapportage zijn de effecten van klimaatverandering voor de gemeente Sint-Michielsgestel weergegeven. De rapportage bestaat uit twee delen. Het eerste deel (H2 t/m 5) gaat in op de kwetsbaarheid van de 4 klimaataspecten:

- Overstromingen
- Wateroverlast door hevige neerslag
- Hitte
- Droogte

Het tweede deel (H6 t/m 15) behandelt de impact daarvan op de 9 sectoren:

- Water en ruimte
- Natuur
- Landbouw, tuinbouw en visserij
- Gezondheid
- Recreatie en toerisme
- Infrastructuur
- Energie
- IT en telecom
- Veiligheid

De rapportage sluit af met conclusies en aanbevelingen voor het vervolgtraject: het voeren van risicodialogoog en het formuleren 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 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 en kan hier mogelijk wateroverlast ontstaan. Door deze ontwikkeling zal in de toekomst de kwetsbaarheid van bebouwde- en landelijke gebieden voor regenwateroverlast toenemen.

Wateroverlast kan tot ernstige sociale (gezondheidsrisico's door gemengd water op straat, begaanbaarheid van (spoor)wegen voor burgers en hulpdiensten en ongevallen) en economische (overstromingen van huizen/ productie-installaties) gevolgen leiden. De toenemende kans op water op straat gebeurtenissen kan daarnaast vaker voor (kleinschalige) hinder zorgen.

Voor het in beeld brengen van de kwetsbaarheden van de gemeente Sint-Michielsgestel met betrekking tot wateroverlast zijn de volgende aspecten onderzocht:

- Neerslagpatroon;
- Water op straat;
- Grondwateroverlast.

Voor de analyses is gebruik gemaakt van het hydraulische rioolmodel van de gemeente Sint-Michielsgestel en de klimaateffectatlas.

### 2.1 Neerslagpatroon

Eén van de gevolgen van klimaatverandering is dat hevige regenbuien vaker voor zullen komen én intenser 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 is (met name in de herfst en winter).

Uit KNMI-scenario's (2014) blijkt dat de verwachte hoeveelheden jaarneerslag met circa 50 mm toenemen in 2050 (Tabel 1). Te zien is dat in 2050 de verwachting is dat er circa 50mm meer neerslag valt.

Tabel 1 Neerslagpatroon KNMI '14 klimaatscenario's huidig en WH2050; resultaten voor de gemeente Sint-Michielsgestel

	Huidig	WH 2050
<b>Jaarlijkse neerslag</b>	800-850mm	850-900mm

Vooraf een toenemende intensiteit van neerslag vergroot de kans op wateroverlast. Uit Tabel 2 blijkt dat de kans (herhalingstijd) dat extreme buien voorkomen sterk toeneemt in de toekomst. In de volgende paragraaf is de kwetsbaarheid van de bebouwde omgeving voor wateroverlast door extreme neerslag weergegeven.

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

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

## 2.2 Water op straat

Voor een analyse van de kwetsbaarheid van de gemeente Sint-Michielsgestel voor extreme neerslag is de bebouwde omgeving blootgesteld aan de in Tabel 2 weergegeven drie buien. Dit zijn zogenoemde theoretische buien welke inzicht geven in het kantelpunt van een wijk/gebied. Twee neerslaggebeurtenissen, één van 70mm en één van 90mm, duren 1 uur en een derde neerslaggebeurtenis is 160mm in 2 uur. Met het gebruik van deze drie neerslaggebeurtenissen worden mogelijk verschillende faalmechanismen in beeld gebracht. Met een rioleringsmodel is vervolgens berekend waar 'water op straat' en/of in panden optreedt. De methodebeschrijving van deze analyse is weergegeven in Bijlage A. De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage B.



*Figuur 2. Voorbeeld van een resultaat uit een hydraulische simulatie van water op straat.*

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

Onderstaand zijn per kern de locaties beschreven die bij een neerslaggebeurtenis van 70mm gevoelig zijn voor wateroverlast. Hierbij is specifiek gelet op locaties waar water tegen de gebouwen is berekend en straten met de grootste waterdiepten. Daarnaast is een analyse gemaakt waarin de begaanbaarheid van wegen in kaart gebracht wordt.

#### Kern Berlicum

In het zuiden van Berlicum (Middelrode) komen straten met hoge waterdiepten tussen de banden voor op de Kennedystraat en de Schweitzstraat. De waterdiepte staat hier zo hoog dat met name delen van de Schweitzstraat onbegaanbaar zijn voor het verkeer. Daarnaast komen er hoge waterdiepten voor op de Milrooijsseweg bij de Westakkers tot waar de Milrooijsseweg overgaat in de Sassenheimseweg. Grote delen van de weg zijn onbegaan voor verkeer. Hierop toevoegend betreft het een regionale weg waar vermoedelijk meer verkeer wordt gehinderd dan dit zal zijn voor een lokale weg. In het noorden van Berlicum komen er hoge waterdiepten voor in de straten Kerkwijk, Pastoor van Den Boomstraat, De Groeskant en straten die

aansluiten op De Groeskant. In de straat Kerkwijk komen de hoogste waterdiepten voor en delen van deze weg zijn dan ook onbegaanbaar. De andere genoemde straten zijn voor het grootste deel slecht begaanbaar. Daarnaast komen er hoge waterdiepten voor in de straten Braakven en Oude Pastorieweg. Deze straten zijn voor een groot deel onbegaanbaar voor het verkeer.

#### Kern Den Dungen

In het zuiden van Den Dungen (Maaskantje) komen hoge waterdiepten voor in de straat Heesterveld en andere straten die op de Heesterveld aansluiten. Al deze straten zijn onbegaanbaar voor het verkeer. Noordelijker in de kern om hoge waterdiepten voor op de Jacobskamp en straten die hier op aansluiten. Ook hier zijn grote delen van de straten onbegaanbaar voor het verkeer. Ten westen van de Jacobskamp, aan de linkerkant van de Litserstraat, zijn de straten Kampseveld en Pastorijakker voor grote delen onbegaanbaar voor verkeer door hoge waterdiepten.

#### Kern Gemonde

Nagenoeg alle straten in de kern zijn goed begaanbaar voor het verkeer. De Laan ter Habraken kent enkele delen welke slecht begaanbaar zijn voor het verkeer als gevolg van hoge waterdiepten.

#### Kern Sint-Michielsgestel

In het westen van de kern (Theereheide) komen hoge waterdiepten voor op de straten Monseigneur, ter hoogte van het Lindeplein en de Esdoornstraat. Grote delen van deze straten zijn onbegaanbaar voor het verkeer. Daarnaast zijn veel straten die hierop aansluiten ook slecht begaanbaar voor het verkeer door hoge waterdiepten. De straten Gouden Regenstraat en Lijsterbesstraat zijn ook voor een klein deel onbegaanbaar en aangrenzende straten zijn slecht begaanbaar voor verkeer als gevolg van hoge waterdiepten. In het oosten van de kern komen hoge waterdiepten voor op Spijt en Beekgraaf. De wegen zijn hier voor een deel onbegaanbaar voor het verkeer. Verder komen er hoge waterdiepten voor op De Geelgors en De Koperwiek, ook deze straten zijn voor grote delen onbegaanbaar voor verkeer.

## 2.3 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 lagen. Deze lokale omstandigheden komen in het kaartbeeld van de klimaateffectatlas niet tot uiting.

Onderstaande kaart uit de klimaateffectatlas geeft op het niveau van de gemeente globaal aan in welke zones de kans op grondwateroverlast toeneemt. Daarbij staan de klassen voor de volgende (bandbreedten aan) grondwaterstijging en -diepte:

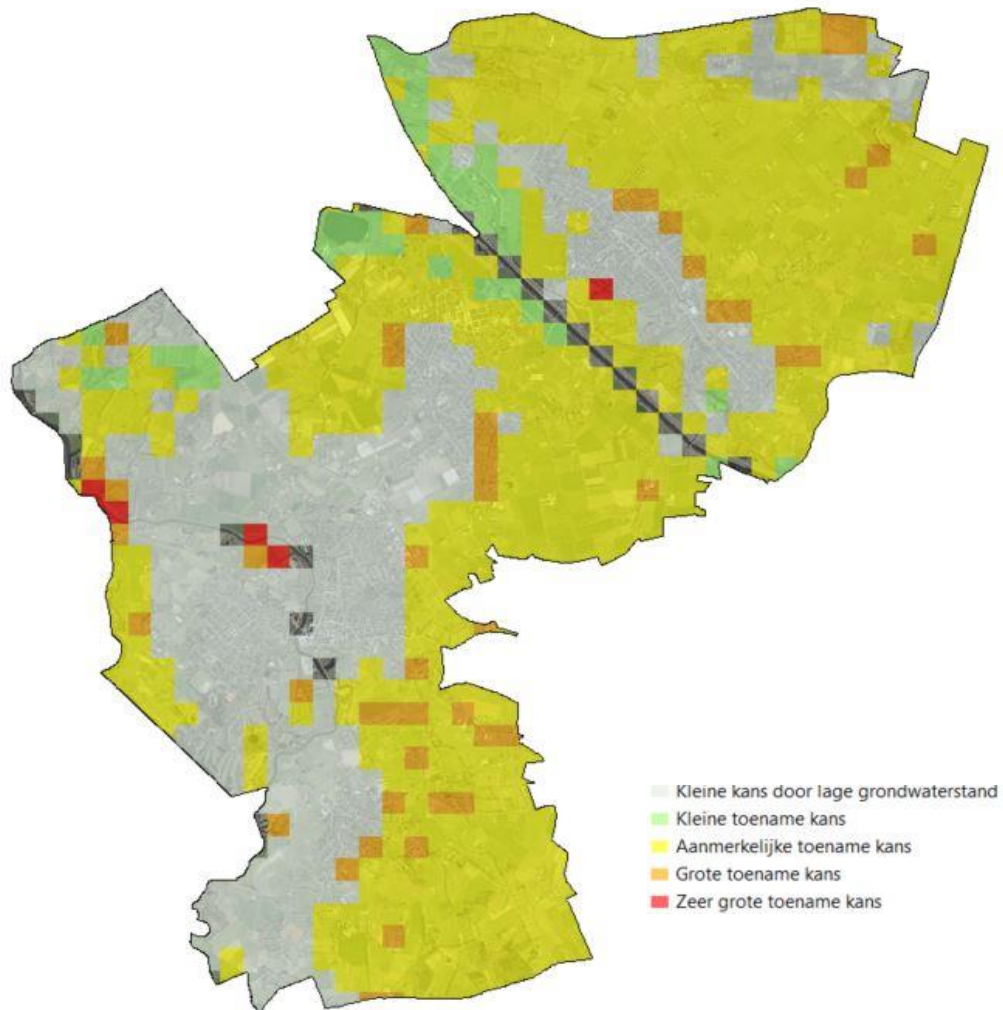
Tabel 3: Bandbreedte klassenverdeling grondwateroverlast (klimaateffectatlas, oktober 2018)

Kans op grondwateroverlast 2050			
Klasse	Grondwater stijging landelijk (m)	Grondwaterstijging stad (m)	Grondwaterdiepte (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

Indien 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.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

Uit de analyse van de klimaateffectatlas kan worden opgemaakt dat de kans op een toename in 2050 van grondwateroverlast voor gemeente Sint-Michielsgestel in het bebouwd gebied klein is en in het landelijk gebied is deze kans aanmerkelijk. Op een aantal locaties langs oppervlaktewateren de Dommel is de kans op grondwateroverlast groter.



*Figuur 3: Kans op toename grondwateroverlast tot 2050 (Bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd 18 maart 2019)*

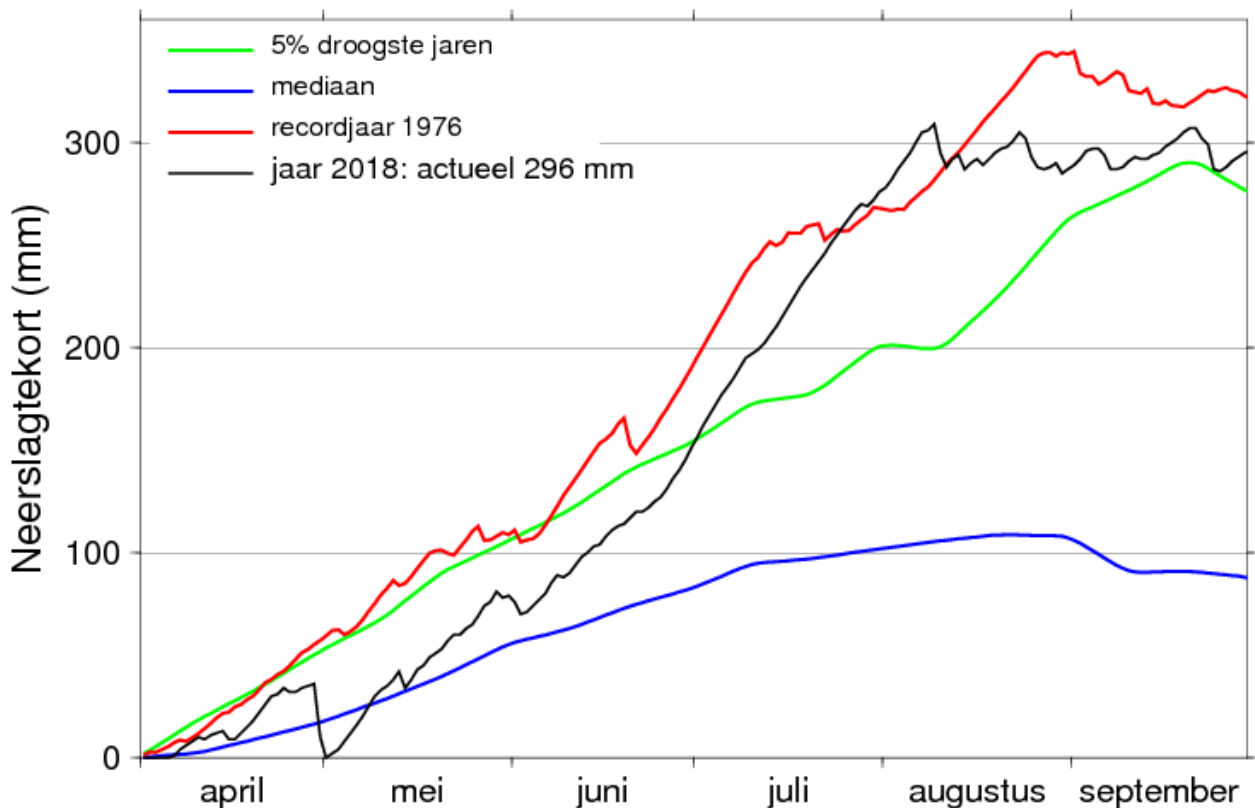
### 3 DROOGTE

Het KNMI gaat ervan uit 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 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.

Droge perioden vinden over het algemeen plaats gedurende de zomer wat tevens het groeiseizoen (1 april t/m 30 september) is voor de meeste gewassen.

Juli 2018 kende een droogterecord: er viel gemiddeld 11 mm regen. Normaal is dat die maand 78 mm. Ook in onderstaande afbeelding is te zien dat 2018 bij de 5% droogste jaren behoort.



(c) KNMI, bijgewerkt 2018-10-11, 17:19 UT

Figuur 4: Neerslagtekort in Nederland in 2018. Landelijk gemiddelde over 13 stations (bron: KNMI, geraadpleegd op 24 januari 2019)

Door droogte kan de voedselproductie (landbouwsector) worden bedreigd. Ook andere sectoren kunnen onder druk komen te staan, zoals drinkwaterproductie uit oppervlaktewater, koeling voor de industrie en energiecentrales. Daarnaast neemt de schade aan de natuur en het risico op natuurbranden toe. In het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (zie Figuur 1 uit Manifest Klimaatbestendige stad, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering).

De kwetsbaarheid van de gemeente Sint Michielsgestel voor droogte is in kaart gebracht voor de (ontwikkeling van de) volgende aspecten: kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging, kwetsbaarheid voor

funderingsschade als gevolg van paalrot, en (droogvallende) bluswatervoorzieningen. Daarnaast is middels de klimaateffectatlas inzichtelijk gemaakt wat het neerslagtekort voor de gemeente is, wat de verwachte ontwikkeling van de gemiddeld laagste grondwaterstand is, en wat de gevoeligheid voor bodemdaling en zetting is.

### 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. In zo'n situatie is er minder vocht beschikbaar voor de optimale groei van gewassen. Het potentieel maximaal neerslagtekort treedt doorgaans aan het einde van de zomer op. 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. Ook de waterkwaliteit kan onder druk komen te staan, bijvoorbeeld door verminderde doorstroming van oppervlaktewater.

#### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

Uit de modelresultaten (2014) van KNMI klimaatscenario WH2050 kan worden opgemaakt dat het potentieel 10-jarig neerslagtekort momenteel 210-240 mm bedraagt en kan oplopen tot 270-330 mm in 2050. Dit heeft nadelige gevolgen voor de beschikbaarheid van water (o.a. voor landbouw) en de waterkwaliteit.

### 3.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden

In tijden van droogte wordt de grondwaterstand minder door neerslag aangevuld terwijl mogelijk een groter beroep wordt gedaan op grondwater danwel oppervlaktewater. Bij een te lage grondwaterstand kan schade ontstaan. In de analyse van de klimaateffectatlas is gekeken naar de te verwachten gemiddeld laagste grondwaterstand bij klimaatscenario WH2050. Hiervan is een kaartbeeld gemaakt dat de verschilsituatie ten opzichte van het huidige klimaat presenteert. Bij de analyse is rekening gehouden met verandering van klimaat en water- en landgebruik.

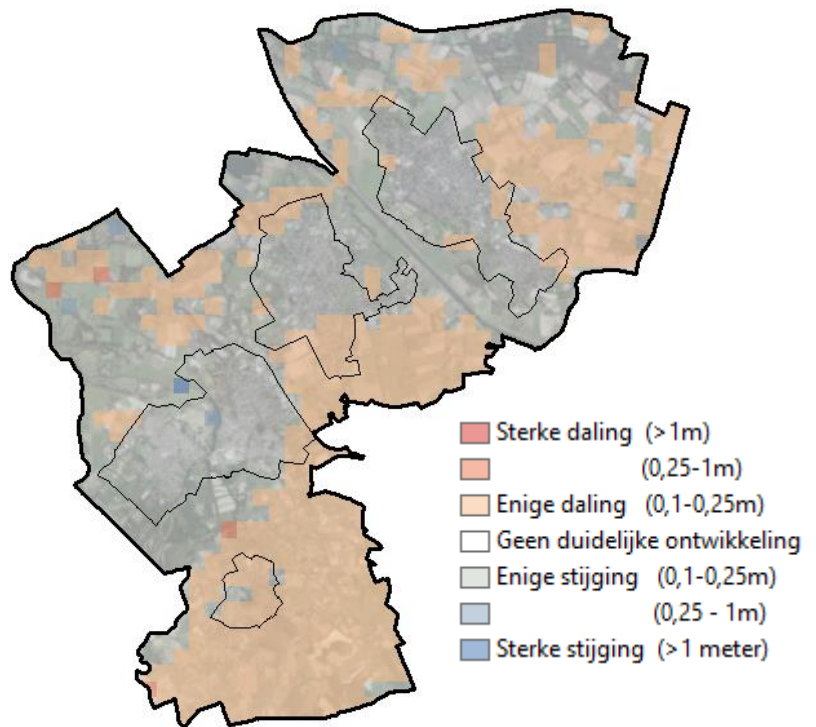
De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt doorgaans aan het einde van de zomerperiode bereikt. In het merendeel van Nederland is er geen duidelijke ontwikkeling in de GLG (een lichte daling van 5 tot 10 centimeter). Op een deel van de hoge zandgronden wordt juist een stijging van de GLG berekend.

De resultaten van de klimaateffectatlas zijn gebaseerd op het Nationaal Water Model. Hierin is geen rekening gehouden met specifieke lokale factoren als onttrekkingen of bemalingen.



### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

Ten opzichte van het huidige klimaat is er een duidelijke ontwikkeling van de gemiddeld laagste grondwaterstanden in de gemeente Sint Michielsgestel in klimaatscenario WH2050. In het grootste gedeelte van de gemeente is enige daling (van 10 tot 25 cm) in de gemiddeld laagste grondwaterstanden te verwachten.



Figuur 5: Verandering gemiddeld laagste grondwaterstand klimaatscenario WH2050 ten opzichte van huidig klimaat (bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd op 28 februari 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).

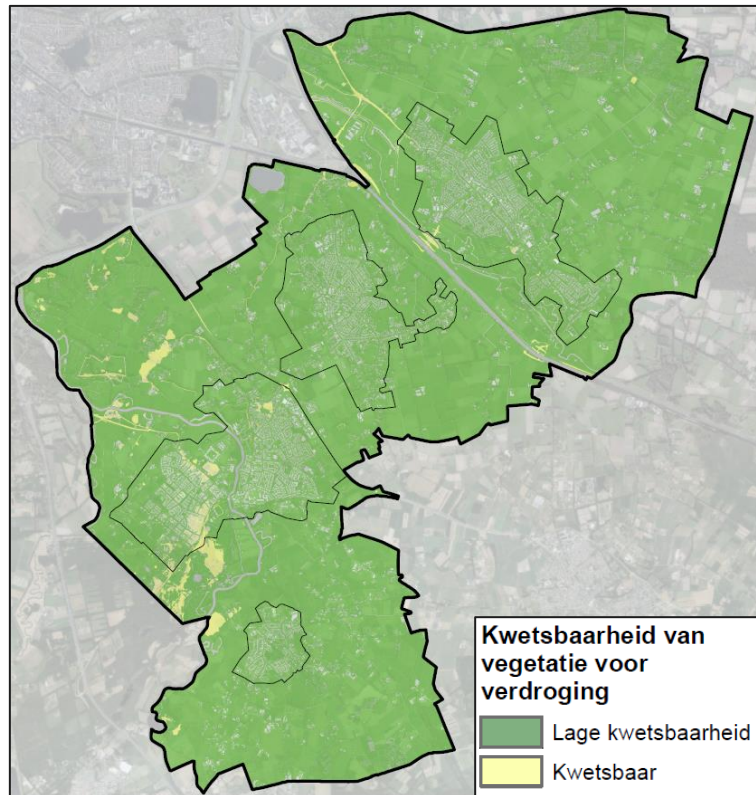
Wanneer gras onvoldoende wateraanvoer krijgt leidt dit tot verdroging van de graslaag. De graslaag droogt uit wat leidt tot een verkleuring van de gras-vegetatielaag. Doordat de graslaag onvoldoende vocht kan onttrekken leidt dit ook tot een tekort aan voedingsstoffen. Daarnaast zal het gras de verdamping 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).

Om inzichtelijk te maken in welke gebieden vegetatie kwetsbaar is voor verdroging, is gebruik gemaakt van zowel de grondsoorten, de maaiveldhoogte en de grondwaterstand. Verdere informatie over de methodologie is beschreven in bijlage A.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

De hoofdklassificering van bodemsoorten in Sint Michielsgestel is voornamelijk zand. De grens van de grondwaterstand voor de droogtegevoeligheid van vegetatie 3 meter onder maaiveld. Hierbij is het referentiegewas gras. Op locaties waar de gemiddeld laagste grondwaterstanden zich dieper dan deze grens bevindt wordt vegetatie als kwetsbaar voor verdroging gekenmerkt.



Figuur 6: Kwetsbaarheid van gras voor verdroging

In 16.3Bijlage C is op zowel gemeente- als kernniveau de kwetsbaarheid van gras voor verdroging op kaart weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat bij een gemiddeld laagste grondwaterstand in het grootste gedeelte van de gemeente gras een lage kwetsbaarheid voor verdroging heeft, en dat met name gras in gebieden met een hoger gelegen maaiveld kwetsbaar voor verdroging is.

Dit betekent echter niet dat gemeente Sint-Michielsgestel geen last van droogte heeft. Dit is namelijk afhankelijk van de watervraag van het type vegetatie en van de capillaire nalevering vanuit het grondwater. Sommige vegetatie – met name akkerbouwgewassen waarbij voor een goede oogst een hoog drogestofgehalte moet worden geproduceerd – heeft een hogere watervraag dan gras. Ook komt het voor dat het grondwater lager dan de gemiddeld laagste grondwaterstand staat. Dit betekent dat een groter gebied dan weergegeven in Figuur 6 kwetsbaar kan zijn voor verdroging van vegetatie.

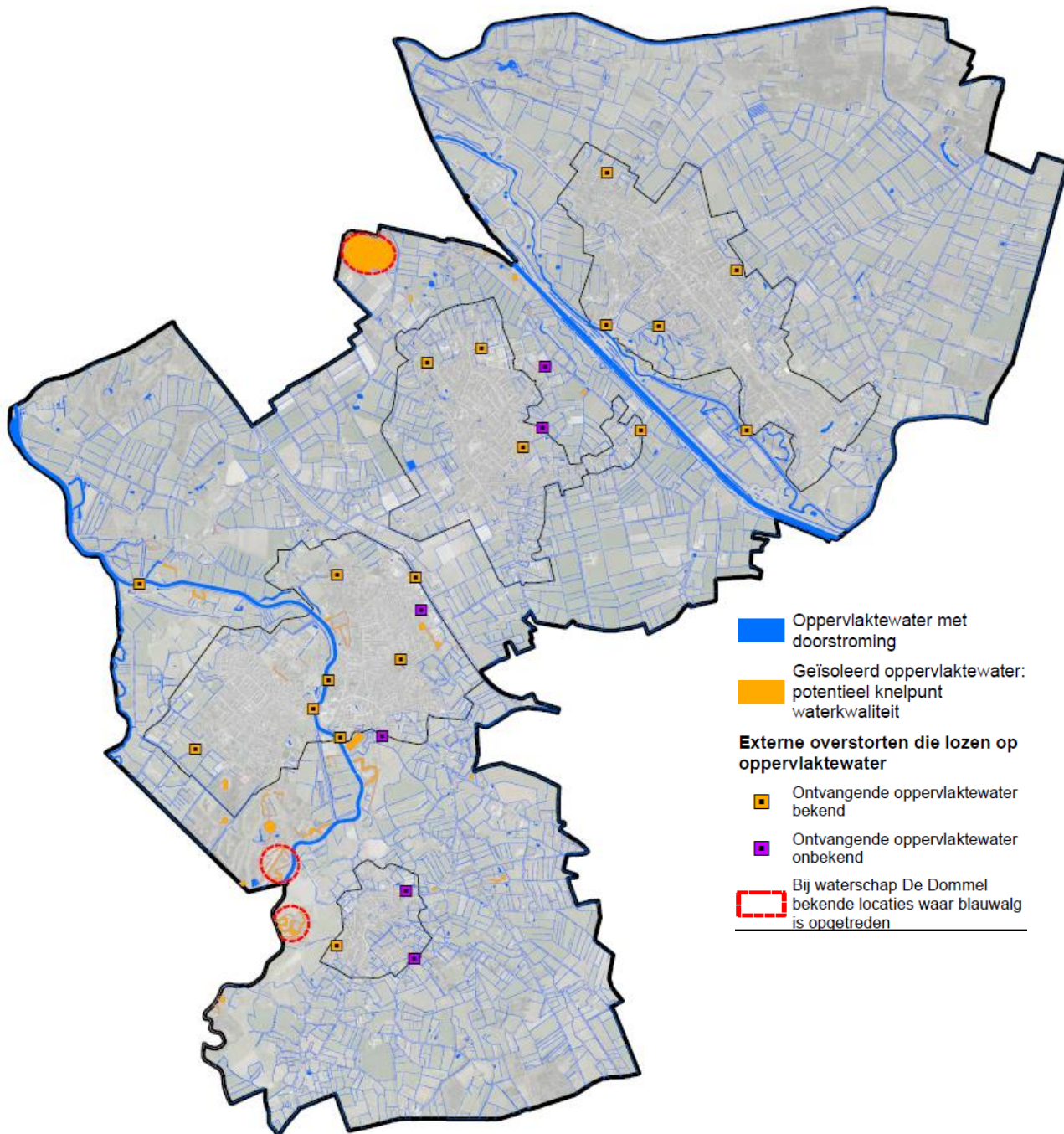
### 3.4 Knelpunten waterkwaliteit

Perioden van droogte zullen leiden tot lagere waterstanden in oppervlaktewateren. Daarnaast zal de temperatuur van het oppervlaktewater stijgen. Dit zorgt ervoor dat de waterkwaliteit zal verslechteren (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012). Deze gevolgen kunnen 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). Tevens kan dit negatieve gevolgen opleveren voor de recreatiesector (zowel recreanten als exploitanten) (de Jonge, 2008).

Een geïsoleerde waterpartij is minder klimaatbestendig dan watergangen met doorstroming (afhankelijk van de mate van doorstroming). Doorstroming zorgt voor 'verversing' van het oppervlaktewater. Afvalwater uit lozingspunten van gemengde riolen kunnen de waterkwaliteit negatief beïnvloeden. Meldingen kunnen inzicht geven in de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de loop der jaren.

**Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?**

In het onderstaande kaartbeeld zijn het oppervlaktewater en de locaties van gemengde externe overstorten in beeld gebracht. Door Waterschap De Dommel zijn tevens locaties aangegeven waarvan bekend is dat er blauwalg is opgetreden.



*Figuur 7: Knelpunten waterkwaliteit*

### 3.5 Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade

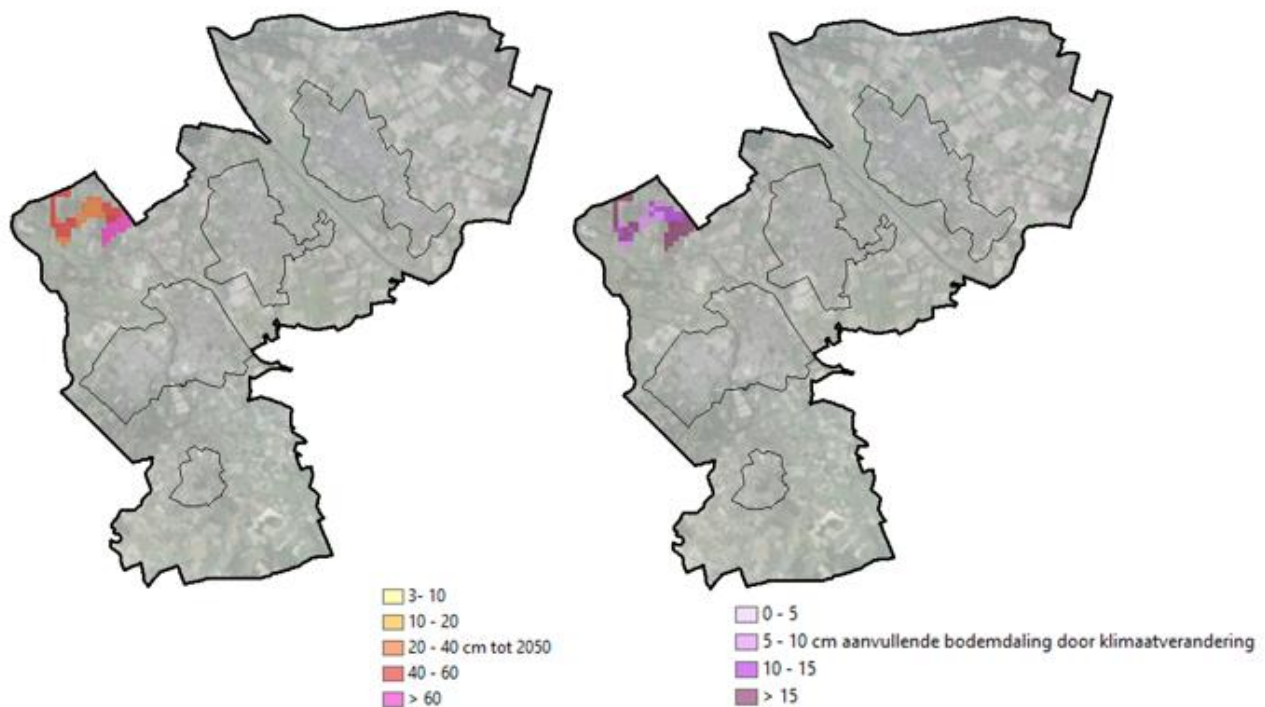
#### Bodemdaling

Funderingen op staal ondervinden hinder van een dalende grondwaterstand middels **bodemdaling**. Extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot extra bodemdaling in klei- en veengebieden (PBL, 2011). Wanneer er in deze gebieden funderingen op staal zijn toegepast kunnen deze gaan verzakken doordat een veranderende bodemsamenstelling zorgt voor een herverdeling van de belasting van de fundering op de ondergrond. Daarnaast kan bodemdaling leiden tot (ongelijke) zetting van de bodem waardoor negatieve kleef bij houten paalfunderingen kan ontstaan. Bij negatieve kleef gaat zakkende grond hangen aan de paalfundering. Dit kan resulteren in schade aan fundering en bebouwing. Bij betonnen paalfunderingen is hier bij het ontwerpproces rekening mee gehouden. Tevens kan bodemdaling verzakking van infrastructuur veroorzaken. (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

#### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

Uit de analysesresultaten in de klimaateffectatlas wordt in het huidige klimaat bodemdaling berekend, en in KNMI '14 klimaatscenario 2050WH wordt aanvullende bodemdaling verwacht.

In het westen van de gemeente (zie onderstaand figuur) wordt in het huidige klimaat verwacht dat tot 2050 er meer dan 60 cm bodemdaling op kan treden. In klimaatscenario WH2050 wordt in deze gebieden aanvullend 5 tot meer dan 15 cm bodemdaling berekend.



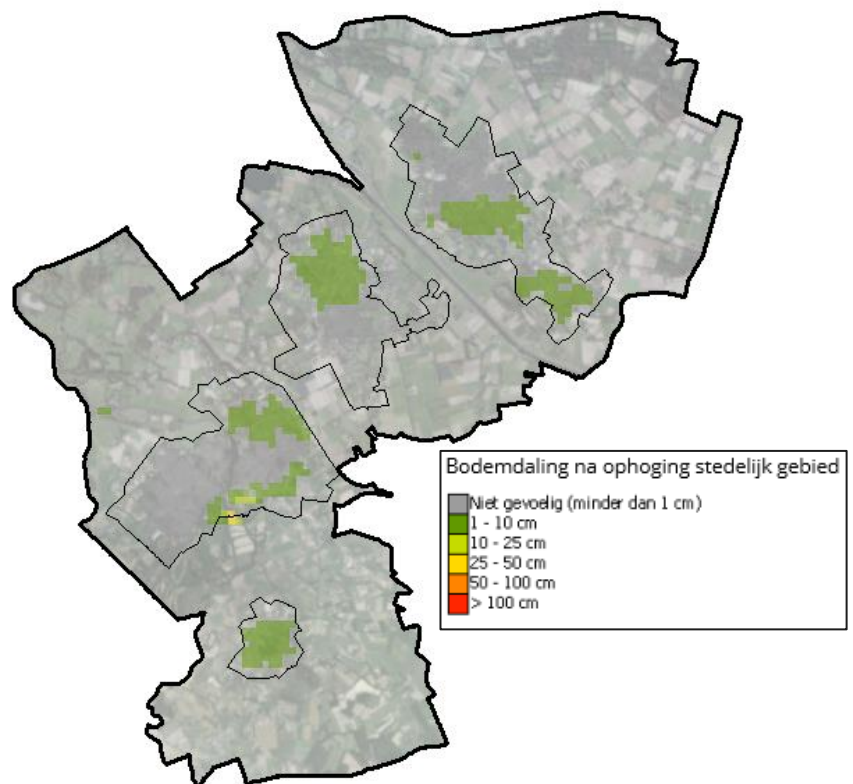
Figuur 8: Bodemdaling huidige klimaat (links) en aanvullende bodemdaling door klimaatverandering (WH 2050); (bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd op 28 februari 2019)

## Zettingsgevoeligheid

In gebieden waar slappe grond voorkomt, bestaat kans op bodemdaling (**zetting**) na ophoging met zand of andere materialen. In nieuwe stedelijke gebieden vindt ophoging plaats in het kader van het bouwrijp maken van een gebied. In bestaande stedelijke gebieden kan worden opgehoogd om eerdere daling te compenseren. Bodemdaling vindt voornamelijk plaats in de eerste maanden tot jaren na de ophoging, maar restzettingen kunnen over langere periodes (decennia) optreden. In gebieden met dikke pakketten veen en klei treedt er forse zetting op. Dergelijke zettingen zijn vaak aanleiding voor nieuwe ophoging, waardoor het proces van bodemdaling verder versnelt door de toegenomen belasting. Het proces van bodemdaling door ophoging is niet afhankelijk van klimaatverandering.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

De zettingsgevoeligheid in Sint Michielsgestel is in Figuur 9 gevisualiseerd door de bodemdaling van een fictieve situatie door te rekenen waarbij een zandpakket van 1 meter dikte is aangebracht bovenop de bestaande ondergrond. Hierin is zichtbaar dat de bodem van het stedelijke gebied na ophoging met een meter zand tot 10 cm kan dalen. In delen van alle kernen is de berekende zetting 1 tot 10 cm. Een klein deel van de bodem van de kern Sint Michielsgestel kan zetten van 25 tot 50 cm.



Figuur 9. Zettingsgevoeligheid (bron: klimateffectatlas, geraadpleegd op 28 februari 2019)

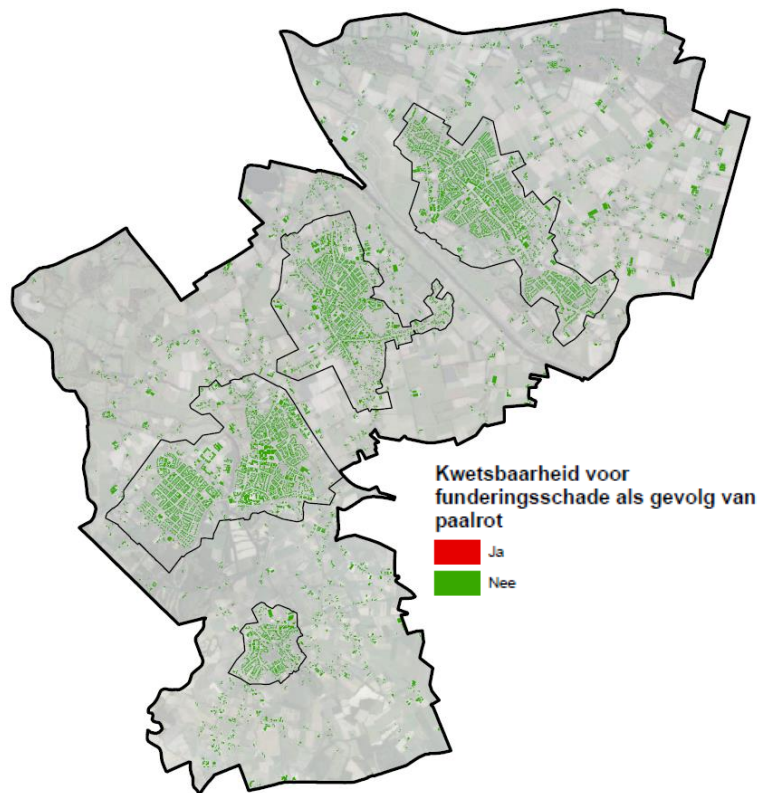
### Funderingsschade als gevolg van paalrot

Houten paalfunderingen dienen geheel onder het grondwater te blijven, anders kan funderingsschade als gevolg van paalrot optreden. Een daling van de grondwaterstand kan leiden tot droogstand van de paalfundering. Het funderingshout komt hierdoor in aanraking met zuurstof met als gevolg aantasting van het funderingshout door bacteriën (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012). Dit leidt tot een vermindering van de draagkracht en mogelijke schade aan de bebouwing (CURNET, SBR, 2012). De gevolgen van droogstand voor houten paalfunderingen komt voor bij een definitieve droogstand van het funderingshout maar ook bij een tijdelijke, terugkerende (cumulatieve) droogstand (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

De bouwperiode en bodemkenmerken van een gebied geven een eerste indicatie van de hoeveelheid houten paalfunderingen in het gebied. Zie bijlage A voor een beschrijving van de methodologie van de analyse voor het bepalen van de gevoeligheid voor funderingsschade.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint Michielsgestel?

In de afbeelding hiernaast zijn de panden van gemeente Sint Michielsgestel weergegeven op kaart. Op basis van de aannames in de analyse komen de panden in de gemeente Sint-Michielsgestel niet als kwetsbaar voor funderingsschade als gevolg van paalrot naar voren.



Figuur 10: Kwetsbaarheid van panden voor funderingsschade als gevolg van paalrot (rood=kwetsbaar; groen=niet kwetsbaar)

## 4 HITTE

De zomer van 2018 was de warmste die is gemeten: in De Bilt was het 19 graden gemiddeld. Normaal is dat in de zomer 17 graden. Het record was tot dit jaar gevestigd in 2003, toen werd het gemiddeld 18,6 graden. Het warmst werd het op 26 juli in Arcen waar 38,2 graden werd gemeten, de op een na hoogste temperatuur die ooit in Nederland is vastgesteld. Er waren twee hittegolven en acht tropische dagen (30 graden en warmer), normaal zijn dat er twee. Dat blijkt uit cijfers van het KNMI. In Nederland ligt tijdens hittegolven het sterftecijfer 12% hoger dan normaal.

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) en kunnen infrastructuur en gebouwen schade oplopen door het uitzetten van materialen. Verder kan langdurig aanhoudende hitte leiden tot klachten als vermoeidheid, concentratieproblemen en hoofdpijn. Tevens neemt het risico op uitdroging en oververhitting toe. In het ergste geval kunnen mensen hieraan overlijden.

De kwetsbaarheden van de gemeente Sint-Michielsgestel voor hitte zijn in deze stresstest inzichtelijk gemaakt door de (ontwikkeling van de) volgende aspecten te bekijken: aantal zomerse en tropische dagen, hittestress door warme nachten, oppervlaktetemperatuur en opwarming van oppervlaktewater. Hierbij is gebruik gemaakt van het thermisch infraroodbeeld van de satelliet en de resultaten van de klimaateffectatlas.

### 4.1 Zomerse en tropische dagen per jaar

Het aantal dagen waarop het warm wordt in Nederland neemt de komende jaren verder toe. 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. Hittestress kan bij kwetsbare groepen leiden tot meer arbeidsuitval, een toename van gezondheidsklachten en vervroegde sterfte.

#### Hoe kwetsbaar is de gemeente Sint-Michielsgestel?

In Tabel 4 is de verwachting van het KNMI voor de ontwikkeling van het aantal zomerse en tropische dagen weergegeven.

Tabel 4: Ontwikkeling zomerse en tropische dagen in de omgeving van de gemeente Sint-Michielsgestel

	Huidig	2050 WH Scenario
Aantal zomerse dagen (max. $\geq 25$ °C)	30 - 40	50 - 60
Aantal tropische dagen (max. $\geq 30$ °C)	3 - 6	15 - 18
Langste reeks opeenvolgende zomerse dagen	7 - 9	13 - 15

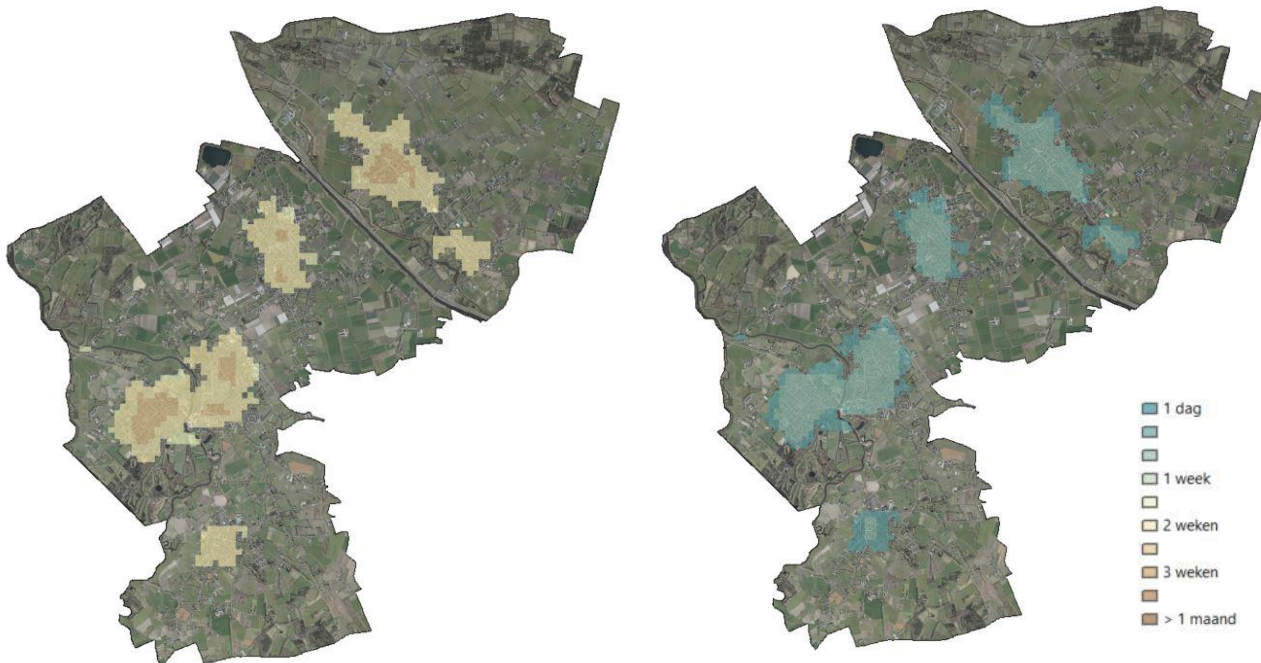
Afgaande op de KNMI-klimaatscenario's kan het aantal zomerse dagen in 2050 zijn verdubbeld. Het aantal tropische dagen neemt mogelijk nog sterker toe. De jaarextremen zullen ook sterk toenemen: de temperatuur op de heetste dag van het jaar zal in 2050 1,0 tot 3,8 graden hoger liggen dan nu het geval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

### 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 als gevolg minder verdamping. 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 gemeente Sint-Michielsgestel?

De ontwikkeling van het aantal tropische nachten is weergegeven in Figuur 11. Het aantal tropische nachten per jaar ligt momenteel rond enkele dagen per jaar voor de kernen van gemeente Sint-Michielsgestel. In 2050 zal dit in het meest extreme geval zijn gestegen tot meer dan 2 weken per jaar. De ruimtelijke kenmerken van bebouwde gebieden (veel verharding, weinig groen) dragen hier in grote mate aan bij.



Figuur 11: Toename aantal tropische nachten / hittestress: huidig (links) en in 2050 (rechts) (klimaat-effectatlas, september 2017)

## 4.3 Oppervlaktetemperatuur

Voor deze analyse 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 16.3Bijlage D zijn op zowel gemeente- als kernniveau de resultaten van de hitte-analyse weergegeven.



## Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

In het gemeentelijke warmtebeeld 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 komen de kernen als relatief warm naar voren. Binnen kernen houdt verdere differentiatie met name verband met de mate van verhardingsgraad en de aan- of afwezigheid van vegetatie en water.



Figuur 12. Beeld van de oppervlaktetemperatuur nabij de rivier De Dommel.

### Kern Sint-Michielsgestel

In de kern Sint-Michielsgestel is een duidelijke strook te vinden waar de temperaturen een paar °C lager liggen dan de omliggende gebieden. Door dit gebied stroomt de rivier de Dommel met een groenstrook aan beide kanten van de rivier. Aan de linkerzijde van de rivier zijn twee hitte-eilanden te zien. Het eerste hitte-eiland ligt bij het Kentalis en een aangrenzend terrein waar een bouwlocatie in ontwikkeling is. Temperaturen lopen hier op tot 36 °C. Deze hoge temperatuur wordt verklaard door het hoge percentage verharding bij het Kentalis. Daarnaast is er op de luchtfoto te zien dat de bouwlocatie ook veel verharding/braakliggend terrein kent en weinig bomen, die een verkoelend effect hebben. Het tweede hitte-eiland ten westen van de Dommel bevindt zich midden in de wijk Theereheide tussen de Theerestraat en de Berkenlaan. De maximum temperatuur loopt hier op tot 34°C waar in de omliggende gebieden de temperaturen een paar °C lager zijn. Deze hoge temperatuur wordt verklaard door het hoge percentage verharding. Dit gebied heeft veel gebouwen en relatief weinig groen/bomen. Hierdoor kan er minder verdampen en is er geen verkoelend effect. Ten oosten van De Dommel is er één hitte-eiland in de vorm van een smalle strook. Deze strook loopt van Cristinastraat door tot de Berkdijk waar de temperatuur het hoogst ligt (35 °C). Deze strook bevat relatief minder groen dan de omliggende straten. In het noorden van deze strook ter hoogte van de Bedrijvenweg is veel verharding en nauwelijks een groene strook en daardoor loopt hier de temperatuur het hoogst op.

### Kern Berlicum

In de kern Berlicum bevinden zich meerdere hitte-eilanden die we zo één voor één beschrijven. Daarnaast valt de koelere strook ten westen van de kern op. Hier stroomt de rivier de Aa en de Zuid-Willemsvaart. Dit (stromende) water zorgt ervoor dat de temperaturen hier meer dan 5 °C lager liggen dan binnen de kern Berlicum. Daarnaast is er in het noordwesten, net buiten de kern, braakliggend landbouwgrond en hier loopt de temperatuur op tot 37 °C. De bedekking van landbouwgrond is seizoensgebonden, maar het is opvallend dat het aangrenzend landbouwperceel wel lagere temperaturen heeft. Op basis van de luchtfoto is te zien dat hier wel gewassen op staan. Binnen de kern Berlicum bevindt zich een hitte-eiland rond Milrooijseweg. Hier zijn een aantal industriebedrijven gevestigd met veel verhard oppervlak. Dit resulteert in minder verkoeling en de temperatuur ligt dan ook rond de 36 °C. Ten westen van de Runweg ligt een tweede hitte-eiland. Ook hier is een industrieterrein de oorzaak van de hoge temperaturen. Het contrast met het gebied ten oosten van de Runweg is groot. Hier zijn de temperaturen ongeveer 10 °C lager. Dit relatief koele gebied is het gevolg van de aanwezigheid van groene gewassen op landbouwgrond blijkt uit de analyse van luchtfoto's. Wat verder opvalt in de kern Berlicum is het verschil in temperaturen tussen bepaalde buurten (ca. 5°C). De buurt in het noorden van Berlicum (wat een relatief hoog percentage groen heeft) heeft lagere temperaturen dan de buurt rond de Kerkwijk (wat een relatief laag percentage groen heeft).

### Kern Gemonde

De kern Gemonde heeft minder grote hitte-eilanden dan de andere kernen in de gemeente Sint-Michiëlsgestel. Dit is deels te verklaren doordat de kern Gemonde kleiner is dan de andere drie, maar ook doordat er hier een hoger percentage groen aanwezig is. De kern is ruim opgezet wat resulteert in huizen met tuinen en groen stroken. Deze hebben een verkoelend effect op de omgeving en dat resulteert in lagere temperaturen rond de 30 °C. Eén gebied wat relatief warmer is dan de omliggende gebieden is ten noorden van de Lariestraat. Hier loopt de temperatuur op tot 34 °C wat veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van een industriebedrijf. Dit terrein is verhard en de temperaturen lopen op, doordat er weinig verdamping is door groen gebieden.

### Kern Dungen

In de kern Dungen bevinden zich een aantal hitte-eilanden. In het zuidwesten, aan beide zijden van de Hoogstraat, zijn twee hitte-eilanden te zien. Hier bevinden zich landbouwgronden waar het gewas wat verbouwd wordt seizoensgebonden is. Landbouwgronden liggen bij het signaleren van een hitte-eiland brak. Vanwege het ontbreken van gewassen is er weinig verdamping en ontstaat een hitte-eiland. Ten westen van deze hitte-eilanden ligt een relatief koeler gebied. Het gaat hier ook om landbouwgrond, alleen werden hier wel gewassen verbouwd ten tijden van de satellietopname. Deze gewassen hebben een verkoelend effect vanwege de hoge verdamping. Het laatste hitte-eiland wat veroorzaakt wordt door braakliggende landbouwgrond bevindt zich ten noorden van de Spurkstraat. In het noorden van de kern Dungen, bij het sportcomplex SC Den Dungen, is ook een hitte-eiland te zien. Hier loopt de temperatuur op tot ca. 38°C wat veroorzaakt wordt door het kunstgras. Verdamping vindt hier nauwelijks plaats waardoor er geen verkoelend effect optreedt en de temperatuur oploopt.

## **4.4 Opwarming oppervlaktewater**

Een 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, mogelijk met nadelige effecten voor ecologie en recreatie tot gevolg.

De klimaateffectatlas 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.

Oppervlaktewater dat méér dan drie meter diep is, is niet opgenomen in het kaartbeeld van de klimaateffectatlas. Weersinvloeden en locatie specifieke factoren zoals waterdiepte en bebouwingsdichtheid zijn opgenomen in het rekenmodel.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

In Figuur 13 is de opwarming van het oppervlaktewater in de gemeente weergegeven met een doorkijk naar 2050.



*Figuur 13: Langste opeenvolgende reeks dagen met oppervlaktewater > 20 °C; huidig (boven) en in 2050 (onder) (klimaat-effectatlas, september 2017)*

Tot 2050 is de verwachting dat het aantal opeenvolgende dagen waarbij het oppervlaktewater warmer is dan 20 °C zal toenemen. Momenteel is er sprake van 20 tot 30 opeenvolgende dagen met oppervlaktewater boven deze temperatuur voor een aantal oppervlaktewateren binnen de gemeente. In klimaatscenario WH2050 zal dit voor een aantal oppervlaktewateren oplopen tot meer dan 30 opeenvolgende dagen. Zoals hierboven beschreven kan dit nadelige effecten hebben op de waterkwaliteit.

## 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.

De kwetsbaarheid van de gemeente Sint-Michielsgestel voor overstromingen is in beeld gebracht door de (ontwikkeling van de) volgende aspecten te bekijken: maximale overstromingsdiepte, overstromingskans en het percentage droge plekken bij een 'worst case' scenario. Hierbij is gebruik gemaakt van de analyses van de klimaateffectatlas.

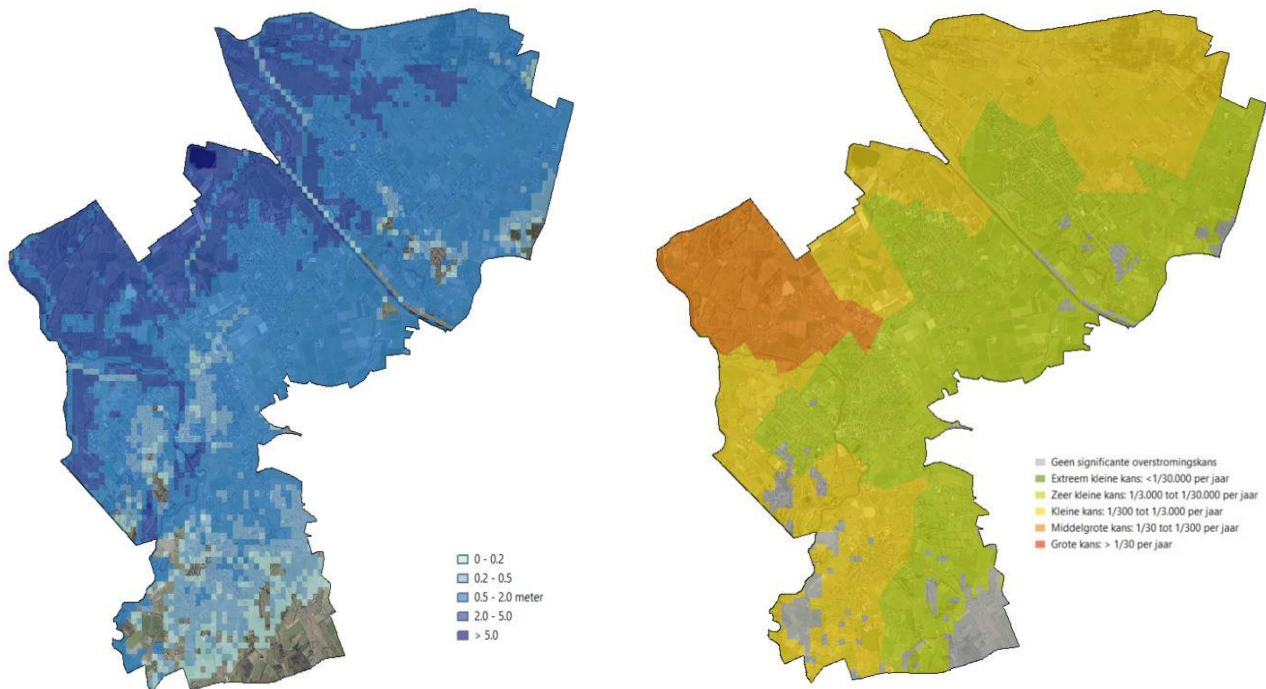
### 5.1 Overstromingsdiepte

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 Sint-Michielsgestel voor overstromingen is in deze stresstest in beeld gebracht via de klimaateffectatlas. De kaarten laat zien welke gebieden kunnen overstromen en welke overstromingsdiepte maximaal kan optreden. Deze kaarten zijn gemaakt voor overstromingen vanuit primaire keringen, regionale keringen en buitendijkse gebieden. Daarnaast heeft Waterschap De Dommel een T=100 simulatie uitgevoerd welke de maximale overstromingsdiepte vanuit De Dommel en de Essche stroom laat zien.

#### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

Uit analyse van de berekende overstroming vanuit primaire keringen (vermoedelijk vanuit de Maas) blijkt dat er overstromingen in de gehele gemeente Sint-Michielsgestel worden berekend. Daarbij treden met name in het noorden van de gemeente overstromingsdiepten van meer dan 5 meter op. Naar het zuiden toe nemen de waterdiepten af en in het uitersten zuiden van de gemeente vindt geen overstroming plaats. Overstromingen vanuit de regionale keringen vinden ook plaats (vermoedelijk vanuit De Dommel en de Zuid-Willemsvaart). Overstromingen vinden met name plaats in Den Dungen en ten noorden van de kern Sint-Michielsgestel. Hierbij treden overstromingsdiepten van meer dan 5 meter op. Overstroming van buitendijkse gebieden treden ook op. Met name rond De Dommel zijn gebieden die overstromen. Ten noorden zijn de overstromingsdiepten het hoogst, meer dan 5 meter. Een simulatie van een T=100 (winter-situatie) vanuit De Dommel en de Essche stroom laat ook zien dat gebieden rondom deze rivieren en ten noorden van de kern Sint-Michielsgestel kunnen overstromen en forse overstromingsdiepten optreden.



Figuur 14. Links de maximale waterdiepte door overstromingen vanuit primaire keringen en rechts de kans op overstromingen met waterdiepten van 1-20 centimeter.

## 5.2 Overstromingskans

De plaatsgebonden overstromingskans is de kans die één persoon op één locatie per jaar loopt om te maken te krijgen met een overstroming. De plaatsgebonden overstromingskans is waardevol, omdat binnen een gebied grote verschillen kunnen bestaan in de overstromingskans. De kaart geeft het beeld van de overstromingskans per buurt, gebaseerd op de kans dat een primaire of secundaire waterkering doorbreekt.

Locaties binnen een door dijken beschermd gebied kunnen sterk verschillen in overstromingskans. In gebieden met een relatief hoge overstromingskans is het zinvol om het overstromingsrisico nader te verkennen. Bij de kaart is voor primaire keringen uitgegaan van de maximaal toelaatbare overstromingskans uit de Waterwet, die in 2050 moet zijn gerealiseerd (kans 1:100.000) en voor regionale keringen van de huidige provinciale norm. Omdat waterkeringen meestal zo worden ontworpen dat ze tenminste 50 jaar aan de norm voldoen (rekening houdend met klimaateffecten), zijn ze de eerste tientallen jaren (veel) sterker dan de norm vereist en is de plaatsgebonden overstromingskans kleiner.

De totale overstromingskans vanuit het oppervlaktewater – de combinatie van het primaire én regionale systeem, is per CBS buurt voor het jaar 2050 bepaald. Er zijn kaarten met verschillende overstromingsdieptes waarvoor de overstromingskans is berekend: 0-20 cm, 20 – 50 cm, 50 – 200 cm en > 200 cm.

### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

De kans dat overstromingsdiepten tussen de 0-20 cm zich voordoen in Sint-Michielsgestel is groter dan de kans dat overstromingsdiepten meer dan 200 cm zich voordoen. Zo zien we dat de overstromingskans voor overstromingsdiepten tussen de 0-20 cm voor Sint-Michielsgestel varieert tussen 'zeer kleine kans' (1/3.000 tot 1/30.000 per jaar) en 'middelgrote kans' (1/30 tot 1/300 per jaar). De kans op hogere overstromingsdiepten neemt af, maar de kans blijft bestaan.

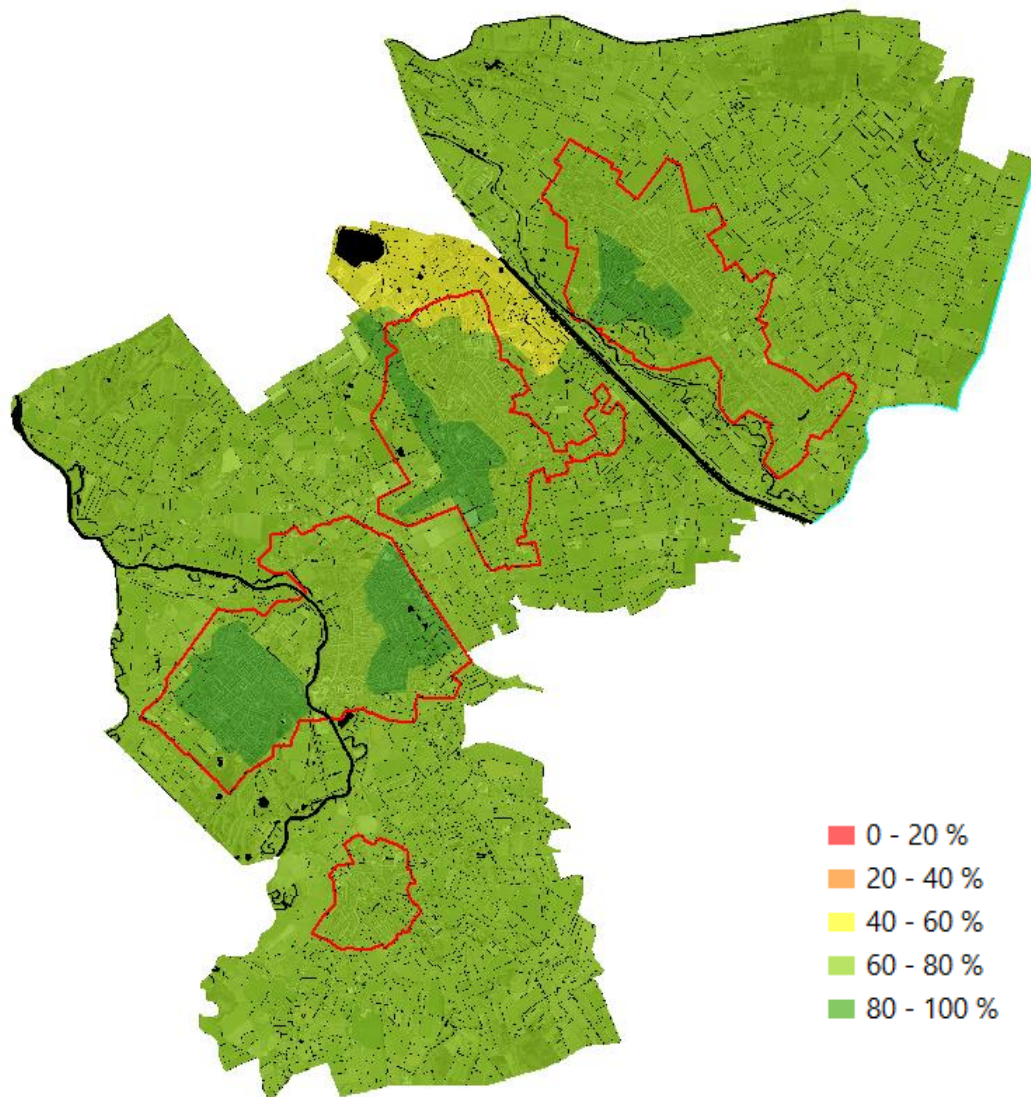
### 5.3 Verticale evacuatie

Als er een overstroming dreigt, kan het moeilijk zijn om een gebied op tijd te verlaten. Een alternatief is 'verticale evacuatie': evacueren naar een (hoge) droge plek binnen het bedreigde gebied. Dit kan een verdieping van de eigen woning zijn of een schuilplaats in de directe omgeving. Deze kaart geeft een indicatie van de mogelijkheid om verticaal te evacueren in geval van een 'worst-case'-overstroming.

De kaart toont het percentage van gebouwen per buurt, waarvan één of meer verdiepingen hoger liggen dan de maximale overstromingsdiepte en daarom droog blijven. Voor alle gebouwen is aangenomen dat een verdieping 2,65 meter hoog is. Samen met horizontale evacuatie geeft deze kaart een beeld van de evacuatiemogelijkheden. In gebieden met beperkte evacuatiemogelijkheden kunnen gevolgbeperkende maatregelen kansrijk zijn.

#### Hoe kwetsbaar is gemeente Sint-Michielsgestel?

Uit analyse van de kaart blijkt dat Sint-Michielsgestel relatief hoog percentage droge plekken heeft. Zo is het percentage in alle kernen 60-100%. Alleen ten noorden van de kern Den Dungen treedt een lager percentage van 40-60% op.



Figuur 15. Het percentage droge plekken waar naar toe uitgeweken kan worden in geval van een overstroming.

## 6 AANPAK SECTORANALYSE

De impact van klimaatverandering op de gemeente Sint-Michielsgestel is voor hitte, droogte, wateroverlast en overstroming in voorgaande hoofdstukken inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse blijkt dat de gemeente Sint-Michielsgestel steeds warmer, natter en droger wordt, wat resulteert in een toename van 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:



Water en ruimte



Natuur



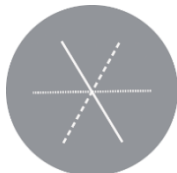
Landbouw, tuinbouw  
en visserij



Gezondheid



Recreatie en  
Toerisme



Infrastructuur (weg,  
spoor, water en ook  
luchtvaart)



Energie



IT en telecom



Veiligheid

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.

Per sector is een studie verricht waarin de directe en indirecte effecten zijn geïnventariseerd en de verschillende stakeholders zijn benoemd. Op basis hiervan is in navolgend hoofdstukken per sector de sector zelf omschreven, de directe en indirecte effecten per klimaatrend (hite, droogte, wateroverlast en overstroming). De indirecte effecten zijn in beeld gebracht in online kaarten. De kaarten zijn via deze [link](#) te bereiken.

In het overzicht van de verschillende klimaateffecten is aangegeven welke middelen de gemeente potentieel in kan zetten. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende middelen om klimaatadaptatie te verankeringen binnen de gemeentelijke organisatie:

**Voorlichting** – Zorgdragen voor bewustwording, verwijzen en verbinden van stakeholders, delen van kennis en informatie.

**Beleidskader** – Het reguleren en verankeren van adaptatiemaatregelen/strategie in beleid en vergunningen.

**Maatregelen** – Aanpassen van ruimtelijke inrichting (binnen/buiten), verandering van ruimtelijke functies

## 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). Onder deze sector vallen dus ook klimaateffecten die in de toekomst onder een eigen sector, de tiende sector 'Gebouwde Omgeving' zullen vallen. De belangrijkste stakeholders die een specifieke rol krijgen in adaptatie voor de sector zijn:

- *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.
- *Gemeenten*: Grote rol op lokaal niveau door het verankeren van adaptatie in lokaal beleid en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).
- *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.
- *Agrarische ondernemersorganisaties en vakbonden*: Voornamelijk een adaptatierol in informatievoorziening (bijv. kennisdelen, voorlichting). Ondersteuning bieden aan ondernemers bij adaptatiesamenwerkingen.


### 7.2 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>			
WR1 Verslechtering drinkwaterinfrastructuur		 (hoofd)waterleidingen	V
WR2 Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers		 Bouwplaatsen	V
WR3 Toename kans op brand		 Vegetatie, bermen, natuur, groene daken	VBM
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
WR4 Afname (zwem)waterkwaliteit		 (geïsoleerde) oppervlaktewater	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		 Geen waterwingebieden binnen de gemeente, wel toename druk op leidingen	V
WR8 Toename gebruik water en ruimte voor recreatie	 	  Stedelijk groen, Natuur Netwerk Brabant, Ecologische verbindingzones	VBM
WR9 Toename vraag warmtebestendige gebouwen			V
<b>Groeiseizoenen begint eerder en duurt langer</b>			
WR10 Toename groenbeheer- en onderhoud door langer groeiseizoenen onkruid		 Gemeentebreed	VBM
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater en warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			























WR11 Mogelijke veranderingen ecologische waterkwaliteit en bouwbeperking door verschuiving soorten			Gemeentebreed	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, riooloverstort
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
WR13 Toename erosie en sedimentatie			Beeklopen (beperkt risico)
WR14 Toename schade aan gebouwen			Water op straat
WR15 Beperking bouwwerkzaamheden			Bouwplaatsen
<b>Hogere luchtvochtigheid</b>			
WR16 Corrosie gebouwen en waterwerken			Metalen damwanden (havens) Waterkeringen, bebouwing
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, toename meerdaagse natte periodes</b>			
WR17 blootstelling aan ziekteverwekkers bij water op straat			Wateroverlastgebieden paragraaf 2.2
WR18 Mogelijke verandering ecosysteem en ecologische waterkwaliteit			Oppervlaktewateren en natuurgebieden
<b>Extreme piekneerslag neemt toe, verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
WR19 Afname waterkwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater			Oppervlaktewater icm locaties overstort

## 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			Geen waterwingebieden binnen de gemeentegrenzen
WR22 Beperking drinkwaterproductie door afname beschikbaarheid zoet water			Geen waterwingebieden binnen de gemeentegrenzen
<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			Groenvoorzieningen
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			

WR26 Afname waterkwaliteit door ziekteverwekkers		!	(Geïsoleerd)Oppervlaktewater	VBM
<b>Toename bodemdaling</b>				
WR27 Bedreiging bebouwing, cultureel erfgoed en waterinfrastructuur door bodemdaling		✗	Bodemdaling zeer beperkt tot nihil,	
WR28 Toename waterbeheer door bodemdaling		✗	Oppervlaktewateren en natuurgebieden	
<b>Toename verzilting grondwater</b>				
WR29 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit	 	✗	Bodemdaling zeer beperkt tot nihil, zie Figuur 8 rapportage	

## Overstroming

Klimaat-effect	Kans	Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	
<b>Toename verzilting riviermonding</b>				
WR30 Problemen drinkwaterproductie door verzilting		✗		V
<b>Toename verzilting grondwater in de kuststreek</b>				
WR31 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit	 	 	Natuur netwerk Brabant/ stedelijk groen, oppervlaktewater	V
<b>Hogere waterstanden</b>				
WR32 Toename corrosie 'splash zone' stalen damwanden		✗		
WR33 Mogelijke toename erosie kust		✗		
WR34 Vaker sluiten primaire keringen		✗		
WR35 Afname spuien, toename pompen		✗		
WR36 Uitval vitale en kwetsbare waterinfrastructuur bij overstroming		!	Zie paragraaf 5.1. Figuur 14	VBM
WR37 Schade aan gebouwen bij overstroming		!	Zie paragraaf 5.1. Figuur 14	VBM

## 7.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector water en ruimte toegelicht:

### 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 gedeponeerd 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 ook 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.

## 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 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		 Graslanden (veehouderijen) Akkerbouw Onbedekte tuinbouw	V
<b>Groeiseizoen 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 opbrengstderving door afname vorst		 Akkerbouw, Onbedekte tuinbouw, Veehouderij (grasland)	V
LTV7 Toename overlevingskans exoten		 Gemeentebreed	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>			
LTV9 Bodemverdichting, afname bewerkbaarheid		 Agrarische gebieden	V
LTV10 Toegankelijkheid akkers voor landbouwmachines en bewerkelijkheid akkers		 Agrarische gebieden	V
LTV11 Toename beschikbaarheid schoon water			V
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
LTV12 Schade aan gebouwen, kassen, stallen en oogsten		 Agrarische gebieden	V

LTV13 Toename erosie in heuvelachtig gebied		✗	
LTV14 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen door inundatie		!	V
LTV15 Toename blootstelling aan water overdraagbare ziekteverwekkers door water op straat		! Agrarische gebieden	VBM
LTV16 Opbrengstderving door toename blootstelling ziekteverwekkers		! Agrarische gebieden	V
LTV17 Verandering ecosysteem, verschuiving soorten		! ✓	V
<b>Toename frequentie en intensiteit windstoten</b>			
LTV18 Kansen zeevisserij door opwelling		✗	V
<b>Hogere luchtvochtigheid</b>			
LTV19 Toename ziekten en plagen		! Agrarische gebieden	V
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)</b>			
LTV20 Oogstschade landbouw		! Agrarische gebieden	V
LTV21 Toename ziekten en plagen		!	V
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
LTV22 Verandering blootstelling aan ziekteverwekkers		! Agrarische gebieden	V
LTV23 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater		!	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 beken (Dommel, Aa) V
LTV25 Vissterfte (zuurstoftekort/droogval)		!	Vislocaties V
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
LTV26 Oogstschade en afname		!	Agrarisch gebied V
LTV27 Waterschaarste en beregeningsverbod		!	Agrarisch gebied 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		!	Agrarisch gebied V
<b>Toename bodemdaling</b>			
LTV31 Hogere kosten waterbeheer tbv landbouwproductie		✗	

## Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Hogere waterstanden</b>			
LTV32 Mogelijke veranderingen aquatische ecosystemen in getijdegebieden			
LTV33 Minder spuien en meer pompen			
LTV34 Toename problemen waterafvoer			Zie Figuur 14
LTV35 Economische schade en opbrengstderving door teloorgaan energie-infrastructuur bij overstroming			Zie Figuur 14
LTV36 Uitval vitale en kwetsbare ICT infrastructuur bij overstroming			Zie Figuur 14
<b>Toename verzilting grondwater in de kuststreek</b>			
LTV37 Lagere gewasopbrengsten			
LTV38 Meer kansen voor zilte teelt			
LTV39 Verandering ecosysteem / verschuiving soorten	 		

### 8.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector landbouw, tuinbouw en visserij toegelicht:

#### *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 klimaatteffect 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 klimaatteffect 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 spuiten 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.



## 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 als maatschappelijke zorg. De volgende subsectoren zijn relevant voor klimaatverandering:

- 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 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		 Geen verpleeg- en verzorgingshuizen	VBM
G2 Afname kwaliteit nachtrust		 Paragraaf 4.2, Kinderopvang, scholen (basis-, middelbaar en beroepsonderwijs), Verpleeg- en verzorgingshuizen, arbeidsproductiviteit in het algemeen	VBM
G3 Toename kans op brand		 Gemeentebreed	V
G4 Toename risico's voor grote evenementen		 Evenementen binnen de gemeente.	VBM
G5 Toename druk op medische hulpdiensten		EHBO, huisartsen	V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
G6 Toename luchtverontreiniging door ozon		 Gemeentebreed,	V
G7 Toename kans op huidkanker en staar door		 Gemeentebreed	V
G8 Toename behoefte aan koeling		 Huisartsen, verpleeg- en verzorgingstehuizen,	VBM
G9 Toename alcohol- en drugsgebruik		 Cafés, restaurants, Evenementenlocaties	VBM
G10 Verandering voedsel overdraagbare infecties		 Huisartsen, gemeentebreed	V
G11 Risicotoename verdrinking door toename waterrecreatie		 Zwemwater	V
G12 Meer gebruik van natuur, openbaar groen en stedelijk recreatie ruimte	 	 stedelijk groen, Natuur Netwerk Brabant	VBM
G13 Mogelijke toename ziekten en plagen in de landbouw		 Bewoners in agrarisch gebied, boeren/werknemers	V
<b>Groeiseizoen begint eerder en duurt langer</b>			
G14 Stijging aantal allergiedagen		 Gemeentebreed	V

Verschuiving klimaatzones				
G15 Toename vector overdraagbare		!	Gemeentebreed	V
G16 Toename kans ziekten door water		!	Gemeentebreed	V
Zachte winters				
G17 Toename overlevingskans insecten en exoten		!	Gemeentebreed	V
G18 Daling sterftecijfer tijdens winter		✓	Hoodfzakelijk ouderen	
G19 Minder ongevallen en doden door gladheid en ijzel		✓	Gemeentebreed	

## Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
Toename meerdaagse natte periodes			
G20 Afname luchtverontreiniging fijnstof		✓	Kinderopvang, verzorgingstehuizen
Verandering kwaliteit oppervlaktewater			
G21 Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater (verdunning door neerslag en toename overstorten)		✓ !	Oppervlaktewater/locatie riooloverstort
Verandering kwaliteit oppervlaktewater, Toename meerdaagse natte periodes,			
G22 Verandering ziekten en plagen		!	Oppervlaktewater/riooloverstort
Extreme piekneerslag neemt toe			
G23 Toename blootstelling water overdraagbare ziekteverwekkers		!	Oppervlaktewater + gemengd rioolstelsel
G24 Schade en vocht gebouwen en voertuigen en lichamelijk letsel		!	Wateroverlastlocaties
G25 Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten		!	Onbereikbare wegen bij water op straat, ziekenhuizen overige zorgverleners
Extreme piekneerslag neemt toe, Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)			
G26 Risico's buitenevenementen		!	Buitenevenementen
G27 Toename uitval elektriciteitsvoorzieningen		!	Overige zorglocaties
Extreme piekneerslag neemt toe, Hogere luchtvochtigheid			
G28 Toename huisstofmijtallergie en schimmel		!	Algemeen

## Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
Drogere bodems in de zomer			
G29 Toename kans op brand		!	Natuurgebieden, bermen, (recreatief) groen.
Drogere bodems in de zomer, Toename verzilting grondwater in kuststreek			

G30 Verandering ecosysteem en verschuiving soorten			Gemeentebreed (specifiek natuurgebieden)	V
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>				
G31 Hogere blootstelling water overdraagbare infectieziekten			Zwemwaterlocaties	VBM
<b>Toename fijnstof</b>				
G32 Toename lucht overdraagbare infectieziekten en toename fijnstof			Geriatrische verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang	V
<b>Afname neerslagsom</b>				
G33 Afname verkeersongelukken wegtransport			Algemeen	
<b>Toename bodemdaling veengebieden</b>				
G34 Toename blootstelling pollen			Hooikoortsklachten	V

## Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
<b>Hogere waterstanden</b>				
G35 Toename kans ziekten door water overdraagbare infectieziekten			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	V
G36 Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	VBM
G37 Mogelijke afname psychische gezondheid			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	V
G38 Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	VBM
G39 Verdrinking en fysiek letsel			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	VBM
<b>Toename verzilting grondwater in de kuststreek</b>				
G40 Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	V
G41 Verandering ecosysteem/ verschuiving soorten			Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	

## 9.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector gezondheid toegelicht:

### 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 sterftcijfer 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 ziektegolven 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, lichamelijk 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) lichamelijk 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.

## 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 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>				
RT1 Toename risico voor grote evenementen		!	Buiten evenementen (met kwetsbare groepen)	VB
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>				
RT2 Toename gezondheidsrisico's waterrecreatie		!	Zwemwater aanwezig	V
RT3 Verandering (sport)visserij		! ✓	Vislocaties	V
RT4 Minder ijsvorming voor scheepvaart		!	Zuid-Willemsvaart	
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>				
RT5 Toename toerisme & recreatie		! ✓		V
RT6 Toename alcohol- en drugsgebruik		!	Evenementenlocaties, cafés, restaurants	V
<b>Zachte winters</b>				
RT7 Afname winterse activiteiten		!	Schaatslocaties, winterevenementen	

## Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
RT8 Toename risico's buitenevenementen			VBM
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)</b>			
RT9 Negatief effect toerisme			
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>			
RT10 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater			Recreatief oppervlaktewater VBM

## Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>			
RT11 Vervoersbeperking scheepvaart			Zuid-Willemsvaart, Dommel, de Aa V
RT12 Toename inzet beregeningsverbod/ droogteplan			V
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
RT13 Verandering (sport)visserij	 	 	Vislocaties V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
RT14 Nederland gunstiger vakantieerland		 	VB
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
RT15 Toename kans op natuur- en bosbranden			Natuurgebieden VBM

## 10.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector recreatie en toerisme toegelicht:

### *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 (2014) 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 (Sportvisserij Nederland, 2018). Zo zijn grote getalen vissen van beschermde soorten (beekprik, elrits, beek- en rivierdonderpad) verloren gegaan tijdens de grote droogte van de zomer van 2018 (Sportvisserij Nederland, 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.



## 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 natuurgebieden*: 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 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	 aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>			
N1 Verandering van migratiepatronen			Natuurgebieden, stedelijk groen
N2 Meer gebruik van buitenruimte door de mens			Natuurgebieden, stedelijk groen
<b>Verschuiving klimaatzones, hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
N3 Verschuiving en uitsterving soorten			Natuurgebieden, stedelijk groen
<b>Verschuiving klimaatzones</b>			
N4 Mismatch in voedselketen			Natuurgebieden, stedelijk groen
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
N5 Toename overlevingskansen exoten en insecten		 	Natuurgebieden, stedelijk groen
<b>Zachte winters</b>			
N6 Afname gebruik strooizout			Hoofdwegen
















## Wateroverlast



Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Toename grondwaterafvoer vanaf hogere zandgronden</b>			
N7 Kansen natte natuur		 Natuurgebieden	V
<b>Toename meerdaagse natte periodes</b>			
N8 Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten	 	  Natuurgebieden, stedelijk groen	V
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
N9 Toename erosie in heuvelachtig gebied			

## Droogte

Klimaat-effect	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	 	  Natuurgebieden	V
N11 Toename watervraag/ verdroging		 Natuurgebieden, stedelijk groen	VBM
N12 Toename kans op natuur- en bermbranden		 Natuurgebieden	VBM
<b>Toename bodemdaling veengebieden</b>			
N13 Toename kosten waterbeheer			
N14 Toename CO2-uitstoot			
<b>Toename verzilting grondwater kuststreek, drogere bodems</b>			
N15 Veranderingen in ecosystemen en het verschuiven van soorten	 		
<b>Afname rivierafvoer</b>			
N16 Verlies soorten en habitats		 Natuurgebieden	V

## Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	 kans aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Kaart	
<b>Hogere waterstanden (rivier/zee)</b>				
N17 Toename erosie		 Overstromingsgebied (hoofdstuk 5)		V
N18 Toename problemen waterafvoer		 Peilgestuurde gebieden		
<b>Verandering kwaliteit oppervlaktewater</b>				
N19 Verandering soorten en habitats in oppervlaktewater	 	  Natuurgebieden in overstromingsgebied	2	V
<b>Hogere waterstanden, Toename verzilting grondwater in de kuststreek, Afname fysieke ruimte voor natuur 'coastal squeeze'</b>				
N20 Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten	 	  Natuurgebieden in overstromingsgebied	4	V

Toename verzilting riviermonding			
N21 Afname beschikbaarheid zoetwater			

### 11.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector natuur toegelicht:

#### *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 (Braakhekke, Berendse, de Jong, van Kreveld, & van Winden, 2014). 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 (Braakhekke, Berendse, de Jong, van Kreveld, & van Winden, 2014). Tot slot kunnen de veranderingen in ecosystemen de maatschappij breder beïnvloeden door veranderingen in de ecosysteemdiensten. Dit klimaatteffect 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 (Braakhekke, Berendse, de Jong, van Kreveld, & van Winden, 2014). 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 (Braakhekke, Berendse, de Jong, van Kreveld, & van Winden, 2014). 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 (Braakhekke, Berendse, de Jong, van Kreveld, & van Winden, 2014). 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 voedselnoed.

## 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 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	 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 wegnent		 Asfaltwegen	VB
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		 Zuid-Willemsvaart- Poeldonk	
<b>Hogere temperatuur oppervlaktewater</b>			
17 Afname ijshinder scheepvaart		 Scheepvaart Zuid- Willemsvaart, Dommel	
<b>Zachte winter</b>			

I8 Minder gebruik strooizout wegen, minder onderhoud			asfaltwegen	B
I9 Minder (dodelijke) ongevallen door gladheid en ijzel			Wegen	

### Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Gemeentelijk adaptatiemiddel / strategie
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
I10 Waterschade en afname beschikbaarheid		(hoofd)wegen	VBM
I11 Ongelukken door beperkt zicht en glad wegdek		(hoofd)wegen	VBM
<b>Toename frequentie en intensiteit wind</b>			
I12 Hinder scheepvaart door wind			
I13 Versperring spoor- en wegverkeer door omgewaaide objecten		(hoofd)wegen	VBM
<b>Toename frequentie en intensiteit wind en bliksem</b>			
I14 Hinder vliegverkeer door wind en bliksem			
<b>Toename frequentie en intensiteit bliksem</b>			
I15 Hinder spoorverkeer door bliksem			

### Droogte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>			
I16 Beperking scheepvaart			V
<b>Droogere bodems in de zomer</b>			
I17 Hinder weg- en spoorverkeer door natuur- en bermbranden		Wegen (geen spoor binnen de gemeentegrenzen)	V
<b>Toename bodemdaling</b>			
I18 Meer onderhoud en schade door bodemdaling			

### Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	kans aanwezig bedreiging aanwezig Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Hogere waterstanden</b>			
I19 Beperking laden en lossen scheepvaart			
I20 Schade door instabiliteit bodem wegen en spoorwegen door overstroming		hoofdwegen + Figuur 14 hoofdstuk 5	VBM
I21 Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur		(Hoofd)wegen, (spoorwegen, luchthavens niet aanwezig)+ Zie Figuur 14 hoofdstuk 5	VBM

## 12.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector infrastructuur toegelicht:

### *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 (Maas & Vogel, 2014). De kans op ongelukken neemt dus toe en daarom vormt dit klimaateffect een bedreiging voor de subsectoren wegen, spoorwegen en vaarwegen.

### *Schade wegdek wegennet*

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes vergroot de kans op schade van het wegdek van het wegennet (Meijs, et al., 2018) (Bollinger, et al., 2014) (Maas & Vogel, 2014). Bij hoge temperaturen kan de asfaltlaag zacht worden en vervormen, waarbij het toenemende reliëf voor gevaarlijke situaties kan zorgen. Volgens Maas & Vogel (2014) veroorzaakt een luchttemperatuur van 32 graden of hoger vervorming. Een slecht wegdek veroorzaakt bovendien een verminderde wegcapaciteit en een afname van de verkeerssnelheid, wat de kans op verkeersopstopping vergroot (Bollinger, et al., 2014). 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 (Maas & Vogel, 2014). 'Bruggen haperen al bij een buitentemperatuur van 30-35 graden' (Maas & Vogel, 2014, p. 28). 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 (Maas & Vogel, 2014). 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) (Maas & Vogel, 2014) (Bollinger, et al., 2014). 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' (2014, p. 28): '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 (Bollinger, et al., 2014) (Maas & Vogel, 2014) (Meijs, et al., 2018). Vanwege de veiligheid kunnen verbindingen worden afgesloten en kan verkeer worden

gestremd om evacuatie routes gereed te maken. Zo is er volgens Maas & Vogel (2014) 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.



## 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 zullen 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 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	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 in Sint-Michielsgestel	V
<b>Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes</b>				
E5 Kans en zonne-energie			Gemeentebreed	V
E6 Kans en biogas			Gemeentebreed	V
<b>Zachte winter</b>				
E7 Lagere energievraag voor verwarmen			Gemeentebreed	
E8 Afname ijsaanwas windturbines			Geen windpark in Sint-Michielsgestel	
E9 Afname ijsaanwas hoogspanningsleidingen				


## Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging	 aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
E10 Uitval elektriciteit door inundatie			Elektriciteitscentrales, koppel-, schakel,-en transformatorstations, zonnepanelen, geothermische voorziening
<b>Toename frequentie en intensiteit wind</b>			
E11 Stormschade bovengrondse energie en infrastructuur			Hoogspanningsnetwerk, Zonneparken
E12 Toename afschakelen windturbines bij			Geen windturbines in Sint-Michielsgestel
E13 Kanssen windenergie			Gemeentebreed
<b>Hogere waterstanden</b>			
E14 Uitval door schade en teloorgaan energie-infrastructuur			Onder- en bovengrondse energieinfrastructuur
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)</b>			
E15 Toename inslagschade			o.a. Elektriciteitscentrales, hoogspanningsnetwerk,
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)</b>			
E16 Beschadiging ondergrondse infrastructuur door 'uprooting'			Ondergrondse energieinfrastructuur
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)</b>			
E17 Toename inslagschade infrastructuur			Bovengrondse energieinfrastructuur

## Droogte

Klimaatteffect	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
<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 elektriciteitscentrale binnen de gemeente
E21 Beperking waterkrachtcentrales			Waterkrachtcentrales Dommelstroom

## Overstroming

Klimaat-effect	Kans	✓ geen bedreiging/kans	Adaptatie Strategie
	Bedreiging	! bedreiging/kans aanwezig	
<b>Hogere waterstanden</b>			
<i>E22 Uitval door schade en teloorgaan energieinfrastructuur</i>		! Energieinfrastructuur in overstromingsgebied	V

### 13.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector energie toegelicht:

#### *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 (Bollinger, et al., 2014) (Rademaekers, van der Laan, Boeve, & Lise, 2011). 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 energieprijis (Bollinger, et al., 2014). 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 (HoogspanningsNet-a, n.d.).

#### *Toename energievraag door koeling*

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt een toename van de koelbehoefte waardoor de energievraag stijgt (Bollinger, et al., 2014) (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 energieprijis stijgen en kan anderzijds de kans op storingen en uitval worden vergroot met de financiële schade (kosten compensatie uitval) van dien (Bollinger, et al., 2014).

#### *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 (Bollinger, et al., 2014) (Meijs, et al., 2018) (Rademaekers, van der Laan, Boeve, & Lise, 2011). 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 (Vogel, Luijf, Maas, Dijkema, & Zielstra, 2014). Ook kan inundatie van zonnepanelen (incl. transformator en bedrading) en geothermische energievoorziening leiden tot onbruikbaarheid (Rademaekers, van der Laan, Boeve, & Lise, 2011). 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 (Vogel, Luijf, Maas, Dijkema, & Zielstra, 2014).

*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 (Rademaekers, van der Laan, Boeve, & Lise, 2011). 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.

## 14 SECTOR INFORMATIE TECHNOLOGIE (IT) 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 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.

#### Hitte

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

#### Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	aanwezig ! bedreiging aanwezig X Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extreme piekneerslag neemt toe</b>			
IT5 Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur door vocht	@	!	Gemeentebreed
IT6 Beperking satellietcommunicatie, IT1 microgolfantennes en mobiele signaalpropagatie	@	!	Gemeentebreed
IT7 Uitval door waterschade van ICT-	@	!	Gemeentebreed

Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten)				
IT8 Beperking microgolfantennes en satellietcommunicatie door wind	@	!	Antennes	VBM
IT9 Mechanische schadeantennemasten mobiele communicatie en zendmasten zenderparken door wind	@	!	Antennes	VBM
Hogere luchtvochtigheid				
IT10 Uitval ICT door hoge luchtvochtigheid	@	!	Gemeentebreed	
Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)				
IT11 Uitval ICT door inslagschade	@	!	Bovengrondse infrastructuur	V
Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)				
IT12 Beschadiging ondergrondse ICT infrastructuur door 'uprooting'	@	!	Ondergrondse infrastructuur	V
Hogere waterstanden				
IT13 Uitval door schade en teloorgaan energieinfrastructuur	@	!	Onder- en bovengrondse energieinfrastructuur	VBM
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)				
IT14 Uitval ICT door uitval elektriciteitsvoorzieningen door extremen	@	!		V

## Droogte

Klimaat <span>effect</span>	Kans Bedreiging	✓ aanwezig ! bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
Extremen nemen toe				
IT15 Slechtere conditie fysieke ICT- infrastructuur door droogte	@	!	Gemeentebreed	V
Toename bodemdaling				
IT16 Beschadiging kabels door zetting bodem	@	!	Zetting binnen de gemeente is beperkt (zie Figuur 8)	V
Lagere luchtvochtigheid				
IT17 Uitval ICT door lage luchtvochtigheid	@	!	Gemeentebreed	V
Afname bruikbaar water door slechte oppervlaktewaterkwaliteit				
IT18 Verandering kwaliteit	@	✗	Geen datacenters	

## Overstroming

Klimaat <span>effect</span>	Kans Bedreiging	✓ aanwezig ! bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie	
Hogere waterstanden				
IT19 Uitval van vitale en kwetsbare ICT- infrastructuur	@	!	ICT tpv overstromingsgebied Figuur 14 hoofdstuk 5	

### 14.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector IT en telecom toegelicht:

#### *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 (Luijf & van Oort, 2014). 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 (Luijf & van Oort, 2014). 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 (Luijf & van Oort, 2014). Deze type 4 objecten (m.u.v. mobiele signalen) kunnen hierdoor tijdelijk, tot enkele dagen, uitvallen (Luijf & van Oort, 2014). 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 (2014) 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 (Luijf & van Oort, 2014).

#### *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 (Luijf & van Oort, 2014). 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) (Luijf & van Oort, 2014). De apparatuur heeft dus een stijgende behoefte aan verkoeling. Hierdoor stijgen de energiebehoefte en -kosten van de ICT-operator (Horlings, 2006) (Luijf & van Oort, 2014). 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) (Luijf & van Oort, 2014).

#### *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 (Meijs, et al., 2018) (Luijf & van Oort, 2014). Objecten van de elektriciteitsinfrastructuur 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 (2014) 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.

#### *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 (Luijf & van Oort, 2014). 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) (Luijf & van Oort, 2014). De apparatuur heeft dus een stijgende behoefte aan verkoeling. Hierdoor stijgen de energiebehoefte en -kosten van de ICT-operator (Horlings, 2006) (Luijf & van Oort, 2014). 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) (Luijf & van Oort, 2014)

#### *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 (Luijf & van Oort, 2014). 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 (Luijf & van Oort, 2014).



## 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 zullen 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: 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 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	 aanwezig  bedreiging aanwezig  Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Extremen nemen toe</b>			
V1 Toename hitte gerelateerde gezondheidsklachten		 Hittegevoelige gebieden, risicogroepen	VBM
V2 Toename druk op medische hulpdiensten		 huisartensposten/EHBO	VBM
V3 Toename blackouts en kans uitval IT		 (cruciale) 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	V

## Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	aanwezig ! bedreiging aanwezig X 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
V6 Toename risico voor grote evenementen		!	
<b>Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)</b>			
V7 Toename risico's buitenevenementen		!	carnaval, braderie etc
V8 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen		!	Elektriciteitsnetwerk
V9 Toename kans vallende objecten		!	Gemeentebreed

## Droogte

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	aanwezig ! bedreiging aanwezig X Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Drogere bodems in de zomer</b>			
V10 Toename kans op brand		!	Risico gebied natuurbrand
<b>Afname rivierafvoer zomer</b>			
V11 Afname beschikbaarheid voor energie-industrie		!	

## Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging	aanwezig ! bedreiging aanwezig X Niet aanwezig binnen de gemeente	Adaptatie Strategie
<b>Hogere waterstanden</b>			
V12 Afname territoriale veiligheid overstroomd gebied		!	Gebieden met overstromingsrisico
V13 Afname bereikbaarheid hulpdiensten		!	Gebieden met overstromingsrisico +
V14 Afname fysieke veiligheid bij overstroming		!	Gebieden met overstromingsrisico
V15 Sociale instabiliteit door verstoring dagelijks leven bevolking bij overstroming		!	Gebieden met overstromingsrisico
V16 Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur bij overstroming		!	Gebieden met overstromingsrisico

## 15.3 Toelichting bedreigingen en kansen

Hieronder zijn de belangrijkste bedreigingen en kansen voor de sector veiligheid toegelicht:

### *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 bermen, recreatief groen, stedelijk groen en gebouwen (groene daken, verticaal groen) vatbaar voor dit klimaateffect. 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 materiele 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 klimaateffect 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).

## 16 SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Deze klimaatstresstest geeft een eerste indicatie van de kwetsbaarheid van gemeente Sint-Michielsgestel voor de vier klimaatrisico's (wateroverlast, droogte, hitte en overstroming). In paragraaf 16.1 is een overzicht van de uitkomsten van de stresstest gegeven. In paragraaf 16.2 is een overzicht van de uitkomsten van de sectoranalyse gegeven en in paragraaf 16.3 is een aanzet gegeven voor vervolgstappen.

### 16.1 Samenvatting uitkomsten klimaatstresstest

De belangrijkste uitkomsten van de stresstest zijn hieronder samengevat per thema.

#### Wateroverlast



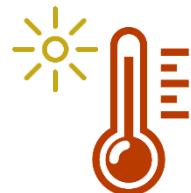
- Intensiteit buien neemt tot 2050 met 12-25% toe
- De jaarlijkse neerslag neemt in klimaatscenario WH2050 met circa 6% toe
- In de kernen Den Dungen, Berlicum en Sint-Michielsgestel zijn kwetsbaar voor hemelwateroverlast. Bij extreme buien zijn in deze kernen delen van de wegen onbegaanbaar. De kern Gemonde is minder kwetsbaar voor wateroverlast.
- De grondwateroverlast neemt op een paar locaties toe

#### Droogte



- In het grootste gedeelte van Sint-Michielsgestel is enige daling (van 10 tot 25 cm) van de gemiddelde laagste grondwaterstanden te verwachten.
- Het neerslagtekort stijgt van 210-270 mm naar 300-330 mm in 2050
- Gemeente Sint-Michielsgestel is een beperkt gebied in het westen van de gemeente (ten zuiden van de A2- knooppunt Vught) gevoelig voor bodemdaling
- Gemeente Sint-Michielsgestel is nagenoeg niet gevoelig voor het optreden van funderingsschade als gevolg van paalrot.

#### Hitte



- Van 3-6 tropische (>30° C) dagen nu naar 15-18 tropische dagen in 2050
- Hittestress door warme nachten neemt toe van enkele dagen tot weken per jaar in 2050
- Het oppervlaktewater warmt op, mogelijk met waterkwaliteitsproblemen als gevolg
- Differentiatie binnen de kernen ontstaat met name door de aan- of afwezigheid van vegetatie en verschil in de verhardingsgraad.

#### Overstromingen












- Nagenoeg in de hele gemeente Sint-Michielsgestel worden overstromingen berekend bij een overstroming vanuit primaire keringen.
- Overstromingen vanuit regionale keringen zorgen bij gebieden rond De Dommel en Zuid-Willemsvaart voor overstromingen.
- De kans op hogere overstromingsdiepten nemen af, maar de kans op voorkomen blijft bestaan.

## 16.2 Sectoranalyse

In Tabel 5 zijn de voor gemeente Sint-Michielsgestel belangrijkste indirecte effecten als gevolg van de klimaatrends hitte, wateroverlast, droogte en overstroming weergegeven. In Tabel 6 zijn het aantal bedreigingen en kansen per sector onderverdeeld in de klimaatrends hitte, wateroverlast, droogte en overstroming. Uit de analyse blijkt dat het aantal bedreigingen voor de klimaatrend overstroming het laagst is. Echter de impact van een overstroming is groot. Het grootste aantal bedreigingen is aanwezig in de sector gezondheid en bij de klimaatrend hitte en wateroverlast. Hittestress en wateroverlast zorgen voor fysieke klachten, stijging in overlijdensrisico en lichamelijk letsel. De meeste kansen als gevolg van klimaatverandering liggen bij de sectoren landbouw, tuinbouw en visserij en water en ruimte. Door een langer groeiseizoen is er een kans op stijging van de gewasopbrengsten. Daarnaast is het gevolg van een langere zomer een kans voor de toename van het gebruik van (openbaar)groen en recreatie.

Tabel 5: Overzicht indirecte effecten per sector

	Hitte	Wateroverlast	Droogte	Overstroming
 Water en Ruimte	Risico (zwem)waterkwaliteit, Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers, Toename kans (natuur)brand, Toename gebruik en beheer en onderhoud openbaar groen.	Risico op schade aan bebouwing, Ziekteverwekkers op straat en afname waterkwaliteit bij extreme neerslag.	Beperking groenonderhoud door beregeningsverbod, Afname waterkwaliteit, Toename kans op (natuur)brand.	Schade aan bebouwing, Verandering ecologische systemen, Uitval kwetsbare waterinfrastructuur (o.a. pompen en gemalen).
 Natuur	Verandering migratiepatroon, Meer gebruik buitenruimte, Verschuiving en uitsterving soorten, Mismatch voedselketen, Toename kans overleven exoten.	Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten, kansen natte natuur	Verandering ecosystemen en hydrologie natuurgebieden, Toename watervraag, Hogere kosten waterbeheer, Toename (natuur)branden	Veranderingen in ecosystemen, Verschuiving van soorten. Verloren gaan van natuur.
 Landbouw, tuinbouw en visserij	Hittestress arbeiders en vee, Afname of toename gewasopbrengsten afhankelijk van type, Toename energiekosten koeling, Problemen bewaring oogst, Toename ziekten en plagen	Afname bewerkbaarheid bodem, Oogstschade en afname gewasopbrengsten, Schade aan gebouwen, kassen, stallen, Toename ziekten en plagen	Afname beschikbaarheid zoetwater, Waterschaarste en beregeningsverbod, Oogstschade en Afname gewasopbrengsten, vissterfte	Opbrengstschade, Uitval vitale energie- en ICT-infrastructuur, Verschuiving van plant- en diersoorten, Toename problemen waterafvoer
 Gezondheid	Fysieke klachten krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten. Toename overlijdensrisico, Afname nachtrust	Schade aan gebouwen, Afname bereikbaarheid hulpdiensten. Risico's buitenevenementen	Kans op brand neemt toe, Dalende waterkwaliteit, Kans op botulisme, blauwalg en vissterfte. Meer fijnstof en ziekteverwekkers in de lucht, Verschuiving van gezondheid gevaarlijke soorten	Verdrinking en fysiek letsel, Toename kans ziekten door water overdraagbare infectieziekten, Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten, Toename uitval elektriciteitsvoorziening Hulpdiensten.
 Recreatie en Toerisme	Toename risico voor grote evenementen, Toename toerisme & recreatie, Verandering (sport)visserij, Toename consumptie alcohol en drugs.	Verandering (sport)visserij, Toename kans op natuur- en bosbranden Nederland gunstiger vakantieerland Toename inzet beregeningsverbod heeft effect op zwembaden, golflocaties etc.	Toename risico's buitenevenementen Overlast waterrecreatie door afspoeling en overstort rioolwater	Schade voorzieningen en afname recreatie

 Infrastructuur (weg, spoor, water en ook luchtvaart)	Stijging ongelukken door verminderde concentratie, Schade wegdek wegnen, Hinder weg- en vaarwegverkeer door slecht sluitende bruggen, Afname gebruik strooizout wegen	Waterschade en afname beschikbaarheid infrastructuur, Ongelukken door beperkt zicht en glad wegdek, Versperring spoor- en wegverkeer door omgewaaide objecten	Hinder wegverkeer door natuur- en bermbranden, Door afname aanvoer water kans op beperking scheepvaart ZWV.	Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur, Schade door instabiliteit bodem wegen door overstroming
 Energie	Minder capaciteit elektriciteitsleidingen door verhoogde weerstand, Toename energievraag door koeling en kans op stopzetten energielevering door te hoge vraag. Kansen zonne-energie, biogas, lagere energievraag in de winter	Uitval elektriciteit door inundatie, Inslag- en stormschade energie infrastructuur, Kansen windenergie, Beschadiging door omvallende bomen (uprooting)	Minder capaciteit elektriciteitsleidingen door verhoogde weerstand	Uitval door schade en teloorgaan energie infrastructuur
 IT en telecom	Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Hitte-uitval en hogere energiekosten ICT-operators, Uitval en storingen door kabelsmelt en 'brownout', Uitval en storingen door biologische besmettingen in airconditioning	Lekkage en inundatie ICT-objecten, Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Uitval ICT door hoge luchtvochtigheid, inslagschade of door uitval elektriciteitsvoorzieningen. Stormschade antennemasten mobiele communicatie en zendmasten	Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Uitval ICT door lage luchtvochtigheid	Uitval ICT en telecom bij overstroming
 Veiligheid	Hitte gerelateerde gezondheidsklachten Infectieziekten en grootschalige ziektegolven, Druk op medische hulpdiensten, Toename kans op brand, Risico's voor grote evenementen, Uitval ICT	Afname veiligheid door toename wateroverlast, Risico's buitenevenementen, Uitval elektriciteitsvoorzieningen	Toename kans op brand	Afname fysieke veiligheid (verdrinking, overlijden), Sociale instabiliteit, Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur

Tabel 6: Aantal bedreigingen en kansen per sector onderverdeeld in de klimaatrends hitte, wateroverlast, droogte en overstroming

Sectoren	Hitte		Wateroverlast		Droogte		Overstroming	
	bedreiging	kans	bedreiging	kans	bedreiging	kans	bedreiging	kans
Water en Ruimte	8	4	6	3	3	0	2	0
Landbouw, Tuinbouw, Visserij	7	4	13	2	5	1	3	0
Gezondheid	17	2	8	2	5	2	7	1
Recreatie en Toerisme	5	2	3	0	4	2	0	0
Infrastructuur	3	2	3	0	1	0	2	0
Energie	3	5	6	1	2	0	1	0
It en telecom	4	0	10	0	3	0	1	0
Veiligheid	4	0	5	0	2	0	5	0
Natuur	5	2	1	2	4	1	5	2

In Figuur 16 zijn het aantal cross-sectorale effecten weergegeven. Dit betreft indirecte effecten die invloed hebben op meerdere sectoren. Uit de afbeelding blijkt 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.

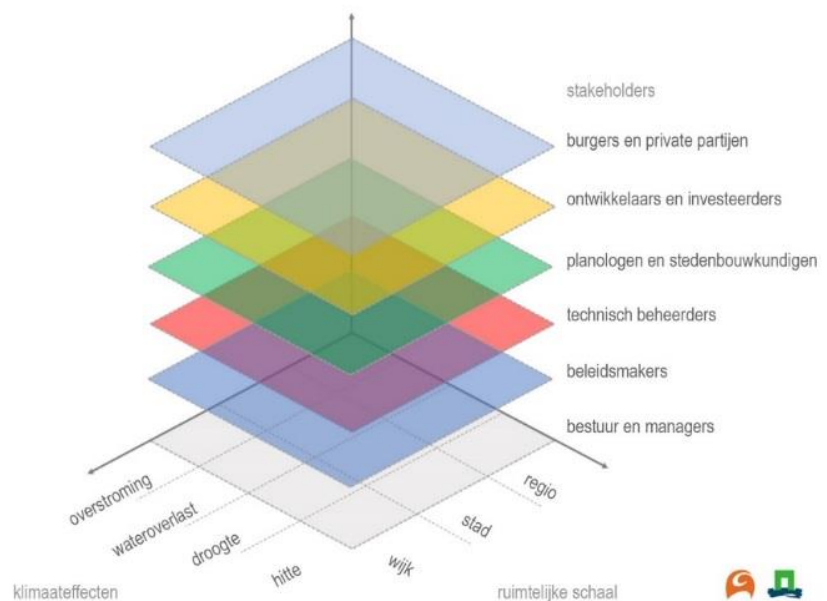


Figuur 16: Overzicht cross-sectorale effecten

### 16.3 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 risicodialoogen en het opstellen van een strategie. Met de risicodialoogen kan worden toegewerkt naar een adaptatiestrategie en een uitvoeringsagenda in 2020.

Onderstaande activiteiten kunnen worden ondernomen om ambitie 1 (kwetsbaarheden in beeld brengen) verder aan te scherpen



Figuur 17: Selectiematrix voor (klimaat)kerngroep



en ter voorbereiding op ambitie 2 (risicodialoog voeren en strategie opstellen):

### Richting bewustwording, agendering en prioritering

De uitkomsten van de stresstest dienen te worden geverifieerd (stap 1b van ambitie één Deltaplan) middels gesprekken met interne en externe stakeholders. Het doel hiervan is om de lokaal en regionaal aanwezige kennis te benutten, maar ook om de bewustwording op de klimaateffecten bij collega's en externen te vergroten. Door de uitkomsten gezamenlijk te bespreken ontstaat een betrouwbaarder en breder gedragen uitkomst van de kwetsbaarheden.

Na invulling van stap 1b ontstaat het definitieve beeld van de kwetsbaarheid van de gemeente Sint-Michielsgestel en is ook duidelijk waar in de volgende stappen prioriteit gelegd moet worden. Bepaalde klimaateffecten zullen namelijk hoger scoren in de kwetsbaarheidsanalyse dan anderen.

Aan de hand van de uitkomst dient er te worden aangestuurd op een (bestuurlijke) agendering om de focus en vervolgstappen voldoende in te bedden.

### Richting het voeren van risicodialogen

Met het bestuurlijk commitment aan de agenda klimaatadaptatie kan er naar een uitvoeringsagenda 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.



**Risicodialoog voeren  
en strategie opstellen**

Samenvattend zijn dit de volgende stappen:

- Inventariseren stakeholders
- Analyse stakeholders
- Selectie risicodialogen
- Definitie risicodialogen, inclusief stakeholderselectie
- Voeren risicodialogen

Het selecteren van de te voeren risicodialogen dient met extra zorgvuldigheid te gebeuren. Er zijn namelijk vele insteken, stakeholdergroepen en belangen die bij een klimaataspect een rol kunnen spelen. De selectie dient derhalve bij voorkeur te gebeuren met een (klimaat)kerngroep waarbij gebruik gemaakt kan worden van de selectiematrix in Figuur 17.

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

**Ambitie 2**

## BIJLAGEN

## BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES

Hieronder zijn voor de klimaataspecten overstroming, wateroverlast, hitte, en droogte de gevolgde analysemethoden beschreven.

### **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 Sint-Michielsgestel 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:

- 70 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidig klimaat een herhalingsstijd van eens in de 200 jaar van voorkomen.
- 90 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidig klimaat een herhalingsstijd van eens in de 500 jaar van voorkomen.
- 160 mm 2 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidig klimaat een herhalingsstijd van eens in de 2000 jaar van voorkomen.

Voor deze drie neerslaggebeurtenissen geldt 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 begaanbaarheid van wegen in beeld gebracht. 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.

### **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 klimaateffectatlas. Voor de onderwerpen vegetatie en funderingsproblematiek is gebruik gemaakt van door Arcadis opgestelde onderzoeksmethodieken. Dezen zijn hieronder verder toegelicht.

#### **Vegetatie-analyse**

Om inzichtelijk te maken welke gebieden gevoelig zijn voor verdroging met betrekking tot vegetatie, is gebruik gemaakt van zowel de grondsoorten, de maaiveldhoogte en de grondwaterstand.

Vegetatie is afhankelijk van de aanlevering van vocht uit neerslag en/of grondwater. Wanneer er geen neerslag valt in droge perioden is vegetatie afhankelijk van vochtlevering uit het grondwater door capillaire nalevering. De mate van capillaire nalevering verschilt per grondsoort, en wordt mede beïnvloed door de hoogte van de grondwaterstand. De gehanteerde waarden zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Ondergrens capillaire nalevering per grondsoort

GW-stand	Capillaire nalevering per grondsoort o.b.v. vegetatietype gras		
	Veengronden	Zandgronden	Kleigronden
2 m-mv	0,7 mm/dag	0,5 mm/dag	0,1 mm/dag
3 m-mv	0,1 mm/dag	0,1 mm/dag	0,0 mm/dag
4 m-mv	0,0 mm/dag	0,0 mm/dag	0,0 mm/dag

Er is gebruikt gemaakt van AHN2 maaivelddata in combinatie met de isohypsen berekend uit de gegevens van DINOloket. De ontwatering op een gegeven locatie is dan het verschil tussen het maaiveld en de (geïnterpoleerde) isohypsen.

Uit Tabel 7 valt af te lezen dat vegetatie bij kleigronden met een grondwaterstand dieper dan 2 meter geen vocht meer toegediend krijgt vanuit het grondwater via capillaire nalevering. Locaties op kleigronden met grondwaterstanden dieper dan 2 meter onder maaiveld zijn als “verdrogingsrisico” aangereikt. Locaties op zand- en veengronden krijgen dit label wanneer de grondwaterstand lager is dan 3 meter onder maaiveld.

### Funderingsschade

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 er een daling van het grondwater plaatsvindt.

### HITTE

Voor het in beeld brengen van de hittegevoeligheid van de gemeente is voor de volgende onderwerpen gebruik gemaakt van de klimaateffectatlas; 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 bedoelt 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.

## **OVERSTROMING**

Voor de opgenomen resultaten opgenomen onder overstroming is gebruik gemaakt van de klimaateffectatlas.



## BIJLAGE B RESULTATEN WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG

### **Bijlage B1 Kernkaarten maximale waterdiepte bui 8**

## Bijlage B2 Kernkaarten maximale waterdiepte 70mm



## Bijlage B3 Kernkaarten maximale waterdiepte 90mm

## Bijlage B4 Kernkaarten maximale waterdiepte 160mm

## Bijlage B5 Kernkaarten begaanbaarheid wegen bui 8

## Bijlage B6 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 70mm

## Bijlage B7 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 90mm

## Bijlage B8 Kernkaarten begaanbaarheid wegen 160mm

## BIJLAGE C RESULTATEN DROOGTE

### **Bijlage C1 Gemeente- en kernkaarten kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging**

## Bijlage C2 Knelpunten waterkwaliteit



## Bijlage C3 Kwetsbaarheid voor funderingsschade door paalrot

## BIJLAGE D RESULTATEN HITTESTRESS

## Bijlage D1 Gemeente- en kernkaarten oppervlaktetemperatuur

## Bijlage D2 Gemeente- en kernkaarten 'mate van hittestress'



## BIJLAGE E VERZAMELKAART KWETSBAARHEIDSANALYSES



## COLOFON

KLIMAATSTRESSTEST  
GEMEENTE SINT-MICHELSGESTEL

### AUTEUR

Erwin Slingerland

### ONZE REFERENTIE

083867573 0.1

### DATUM

17 mei 2019

### STATUS

Concept

### Arcadis Nederland B.V.

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

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