

# Data analyse sterfte bij hitte



Opdrachtgever



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat





# Data analyse sterfte bij hitte

---



Eindrapport

**Auteurs**

Jan Huizinga  
Bas Kolen

PR4012.20  
december 2019



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Uitgangspunten	2
1.4	Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Literatuuroverzicht</b>	<b>5</b>
2.1	Sterfte door hitte	5
2.2	Temperatuur	6
2.3	Effect hitte op Kwetsbare groepen	7
2.4	Gezondheidseffecten	7
2.5	Definities	8
<b>3</b>	<b>Beschikbare data</b>	<b>11</b>
3.1	Data over sterfte en bevolking	11
3.2	Meteorologische gegevens	11
3.3	Geografische data	12
<b>4</b>	<b>Analyse sterfte</b>	<b>15</b>
4.1	Tijdreeksen periode 1950 - 2019	15
4.1.1	Op jaarbasis	15
4.1.2	Zomerperiode	20
4.2	Correlatie tussen temperatuur en sterfte (jaarbasis)	22
4.3	Onderscheid in hitte events	24
4.3.1	Indeling in events op basis van de gemiddelde temperatuur en de duur	26
4.3.2	Indeling in events op basis van temperatuursprong en de duur	29
4.4	Trends in overmortaliteit en oversterfte	31
4.5	Prognoses voor de toekomst	35
4.6	Correlatie tussen ruimtelijke factoren en mortaliteit	36
4.6.1	Mortaliteit bevolking ouder dan 80 jaar per landsdeel	37
4.6.2	Bebouwd gebied	38
4.6.3	Agrarisch groen	38
4.6.4	Stedelijk groen	39
4.6.5	Open water	40
4.6.6	Hitte Eiland Effect (UHI)	40
4.6.7	Ouderdom van de woningvoorraad bouwjaar van woningen	41
<b>5</b>	<b>Conclusies, aanbevelingen en discussie</b>	<b>43</b>

6	Referenties	47
	Bijlagen	49
A	Mortaliteit	51

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

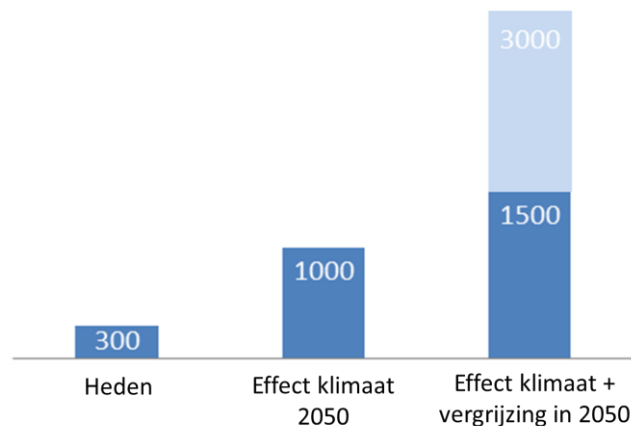
Het klimaat verandert. Een van de uitingen is dat het warmer wordt. Door deze stijging in temperatuur, in combinatie met vergrijzing, wordt het risico van sterfte door hitte groter.

*Figuur 1  
RTL Nieuws 9  
augustus 2019*



In 2019 is door een team van HKV, Tauw, CAS en CBS een prognose voor 2050 opgesteld voor het aantal doden door hitte (zie voor de resultaten <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/nas-nieuws/2019/gezondheid-centraal-symposium-lokale-hitteplannen/>). Deze prognose was gebaseerd op de vigerende kennis waarbij er vanuit gegaan is, dat er voor iedere graad warmer dan (gemiddeld) 20 graden op een dag 8 hiteslachtoffers vallen. Daarnaast kan onderscheid worden gemaakt in leeftijdsgroepen, met name 80+ers zijn extra kwetsbaar. Dat betekent dat voor 2050 de combinatie van klimaatverandering (het wordt warmer) en vergrijzing leiden tot een sterkere toename van sterfte door hitte. Deze stijging is dermate dat de doodsoorzaak sterk stijgt op een lijst van doodsoorzaken. De verwachting is dat er ruim meer mensen sterven aan hitte dan bijvoorbeeld aan griep of het verkeer als er geen maatregelen worden genomen.

*Figuur 2  
Verwachte aantal  
hiteslachtoffers nu  
in 2050 rekening  
houdend met  
klimaatverandering  
en vergrijzing bij  
ongewijzigd beleid:  
zie  
<https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/nas-nieuws/2019/gezondheid-centraal-symposium-lokale-hitteplannen/>*



Deze constatering is aanleiding geweest voor een verdere verdieping in sterfte door hitte middels een data-analyse. De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in dit rapport.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van het project is het uitvoeren van een langjarige data-analyse op zoek naar trends in de sterfte door hitte. In deze analyse kijken we naar:

- Tijdschalen: impact op jaarbasis, seizoenbasis maar ook naar een classificatie van verschillende hitteperiodes;
- Ruimtelijke schalen: is er een relatie te zien naar bijvoorbeeld de bouwjaren van wijken, de 'urban heat island effecten', de hoeveelheid groen etc. Hierbij kunnen we per gemeente/regio in kaart brengen hoeveel van het areaal hierop betrekking heeft en dat relateren aan de data;
- Trends: zien we een verloop over de jaren (bijvoorbeeld effect hitteplannen). Dit kunnen we doen door vergelijkbare warme periodes over de jaren te vergelijken.

Hiervoor is door HKV onderzoek gedaan op basis van een langjarige reeks (1950-2019), is er gekeken of er verschillende hitte events zijn en of er een relatie is met ruimtelijke factoren. Door het CBS is vooral gekeken naar trends die kunnen worden afgeleid door een vergelijking tussen recente hitteperiodes (2006, 2018 en 2019). De resultaten van het CBS zijn beschreven in een aparte rapportage.

Naast sterfte door hitte is er ook meer inzicht gewenst in de impact van hitte op het welzijn van mensen. Hiervoor is onderzocht of er data beschikbaar is bij het RIVM en CBS over de belasting van de zorgsector tijdens hitteperiode. Deze data is beschikbaar, echter niet openbaar en niet beschikbaar in het kader van het project. De data is in beheer bij Vektis en het maken van nadere afspraken is nodig. Vektis verzamelt, bewaart en bewerkt data over alle zorgdeclaraties in Nederland. Vektis levert de data onder strikte voorwaarden aan overheidsdiensten, maar (nog) niet aan derden.

## 1.3 Uitgangspunten

Het onderzoek in deze studie is gebaseerd op een data analyse op basis van openbaar beschikbare data. De focus heeft hierbij gelegen op sterfte door hitte.



## 1.4

### Leeswijzer

Hoofdstuk 1 bevat de aanleiding voor het onderzoek. In het 2<sup>e</sup> hoofdstuk is een overzicht opgenomen van de kennis uit de literatuur en zijn de begrippen gedefinieerd die we in dit rapport gebruiken. De gebruikte gegevens zijn opgenomen in hoofdstuk 3.

De resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Eerst zijn de tijdreeksen beschreven, vervolgens de correlaties en is er ingezoomd op hitte events. We sluiten het hoofdstuk af met trends en een prognose voor 2050.

In het 5<sup>e</sup> hoofdstuk zijn de conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 de gebruikte referenties.



## 2 Literatuuroverzicht

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de stand van zaken van de actuele kennis op basis van de literatuur. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- Sterfte door hitte;
- Wat verstaan we onder de temperatuur;
- Wat zijn kwetsbare groepen;
- Wat zijn andere gezondheidseffecten.

We sluiten het hoofdstuk af met een overzicht aan de definities die in de verdere uitwerking in dit onderzoek worden gehanteerd.

### 2.1 Sterfte door hitte

Op basis van een hitte periode kan in kaart worden gebracht wat de sterfte gedurende deze periode was. Echter deze sterfte wordt door allerlei factoren beïnvloed. Met andere woorden de ene hitte periode is de andere niet.

Tijdens de 12-daagse hittegolf in 2010 stierven naar schatting 660 mensen meer dan normaal in die periode (Schram 2015). In 2018 was er nauwelijks sprake van extra sterfte door hitte, mogelijk doordat implementatie van hitteplannen vruchten afwerpt in combinatie met een griepgolf eerder dat jaar met toegenomen sterfte onder voor hitte kwetsbare mensen.

Uitzondering was een iets toegenomen sterfte onder mensen van 80 jaar en ouder (CBS 2018). Verder bleven nachttemperaturen nog lange tijd onder de tropische waarde van 20°C.

Sterfte wordt relatief goed geregistreerd (Kovats en Hajat 2008), waardoor dit effect relatief duidelijk in beeld komt en gekoppeld kan worden aan hitte omdat meteorologische data ook wordt geregistreerd. In Nederland blijkt het sterftecijfer het laagst bij een daggemiddelde temperatuur van ongeveer 16.5 °C (Huynen et al 2001). Volgens recente schattingen neemt de extra sterfte (oversterfte) bij iedere graad boven 20°C met ongeveer 8 personen per dag toe (Rovers et al 2014). Deze 8 personen per graaddag zijn bepaald door een vergelijking te maken tussen een warme en een koude dag. Bij hittegolven sterven ongeveer 40 mensen per dag extra (Huynen et al 2001). Deze schatting van sterftegevallen per dag tijdens een hittegolf komt min of meer overeen met de 8 personen per graaddag. Dit onderzoek van Huynen heeft zich echter beperkt tot hittegolven. Een hittegolf is een opeenvolging van in De Bilt minimaal 5 zomerse dagen (maximumtemperatuur 25,0 °C of hoger), waarvan er minimaal drie tropisch (maximumtemperatuur 30,0 °C of hoger) zijn. Naast hittegolven kunnen er ook andere periodes zijn met temperaturen hoger dan gemiddeld 20 graden. De vraag is wat de impact is van deze warme periodes op sterfte, hier gaan we later in dit onderzoek op in.

Wanneer het gaat over hitte, gaat het feitelijk over temperatuur. Naast de luchttemperatuur kan ook onderscheid worden gemaakt in de oppervlaktetemperatuur en de gevoelstemperatuur (Döpp et al 2011). De oppervlakte temperatuur representeert de temperatuur van het gras, de daken, wegen, gebouwen, vegetatie etc. Deze temperatuur kan worden afgeleid uit satellietbeelden of op basis van metingen met infrarood camera's. De oppervlaktetemperatuur en de luchttemperatuur zijn met elkaar verbonden, maar de relatie is complex en hangt af van veel andere factoren (Voogt en Oke 2003). De gevoelstemperatuur is hoe mensen warmte beleven, deze gevoelstemperatuur hangt niet alleen af van de luchttemperatuur, maar ook van de luchtvochtigheid, de windsnelheid en de straling vanuit de omgeving (zonnestraling en warmtestraling). Een index die ook rekening houdt met de energiebalans van het menselijk lichaam is de Physiological Equivalent Temperature (PET), waarin luchttemperatuur, wind, straling, en luchtvochtigheid verwerkt zijn (Höppe 1999). Voor de daadwerkelijke hittebeleving of thermisch comfort speelt daarnaast nog een aantal psychologische (bijvoorbeeld waardering van de omgeving, verwachtingspatroon), sociaaleconomische (bijvoorbeeld openingstijden van winkels) en fysiologische factoren (bijvoorbeeld gezondheid, leeftijd, activiteit) een rol.

Uit hitteonderzoek door TU-Delft (Hoeve en Wandl 2014) en Le Grand et al.(2014) blijkt dat de binnentemperatuur het verloop van de buitentemperatuur met enige vertraging volgt. De fluctuaties in binnentemperatuur zijn wel (veel) kleiner. In warme periodes kan de binnentemperatuur een groot deel van de dag boven de buitentemperatuur liggen, met name in de nacht en een deel van de ochtend. In die periode kan verversing met buitenlucht de woning koelen. In de (na)middag en avond is de buitentemperatuur in warme periodes hoger, en kan ventilatie bijdragen aan verwarming van de woning (Le Grand et al 2014). De binnentemperatuur wordt voor ongeveer 40% verklaard uit de buitentemperatuur (Hoeve en Wandl 2014). Verschillende woningkenmerken spelen hierin een rol (Rovers et al 2014). Maar in hoeverre de ene woning meer opwarmt dan de andere hangt af van woningkenmerken, gedrag van woninggebruikers en wijkkenmerken die de buitentemperatuur beïnvloeden (Hoeve en Wandl 2014 en Le Grand et al 2014).

In dit onderzoek gaan we uit van de luchttemperatuur<sup>1</sup> zoals geregistreerd bij De Bilt. We kijken in deze studie naar de periode 1950 – 2019 voor:

- De gemiddelde temperatuur op een dag;
- De maximale temperatuur op een dag.

Daarnaast onderzoeken we ook de correlatie tussen sterfte en de lichtgevoeligheid en de windsnelheid.

---

<sup>1</sup> Hiermee wordt doorgaans de temperatuur van de lucht op 'neushoogte' bedoeld. Hij wordt gemeten met een thermometer in de schaduw, afgeschermd voor neerslag en goed geventileerd. Op meteorologische stations vindt de meting plaats op een hoogte van 1,5 meter boven een open grasvlakte.

## 2.3

### Effect hitte op Kwetsbare groepen

Naarmate hittegolven extremer zijn neemt ook de kwetsbaarheid van mensen toe. Een verhoogde gevoeligheid voor warme omstandigheden ontstaat door een verminderd aanpassingsvermogen van het lichaam. Een goede algehele fitheid beschermt tegen risico's van warme weersomstandigheden door optimalisering van de lichaamsfuncties. Gezonde jonge mensen kunnen zich goed aanpassen aan hitte.

Ouderen hebben meer dan drie dagen nodig om te kunnen acclimatiseren (factsheet climate pro cities). Dit kan een gevolg zijn van een veranderde fysiologie ten gevolge van veroudering. Ouderen zijn vaker geneigd tot beperkte vochtinname. Tijdens de hittegolf van 2003 bleek er verhoogde sterfte (11%) in de leeftijdsgroep 40 tot 59 jaar (Daanen et al 2010) maar algemeen gaat men uit van verhoogde gevoeligheid bij hogere leeftijden, met name ouder dan 65 jaar (Huynen et al 2001). De grootste sterfte door hitte vindt plaats bij 75-plussers voor mannen en bij 85-plussers voor vrouwen (Meer et al 2012). Ook zeer jonge kinderen (vooral zuigelingen) vormen een risicogroep, met name omdat zij nog niet (goed) kunnen communiceren en verzorgers signalen onvoldoende oppikken. Uitdroging wordt hierbij als belangrijke risicofactor beschouwd.

Andere risicofactoren die toegenomen gevoeligheid voor warmte bepalen zijn overgewicht, chronische aandoeningen, gebruik van medicatie, alcohol en drugs en lichamelijk inspanning. Sommige groepen mensen stellen zichzelf al dan niet bewust of vrijwillig bloot aan warmte door 'thermisch gedrag' (bv., lichamelijke inspanning) en woon/leefomstandigheden (bv., binnenmilieu woningen, dak- en thuislozen).

In dit onderzoek besteden we speciale aandacht aan de groep 80+ers, deze zijn het meest kwetsbaar. Vanwege de acclimatisatieperiode kan gesteld worden dat de duur van een hitteperiode minder van belang is dan de overgang naar een warme periode. Daarom kijken we ook naar de relatie tussen de toename in temperatuur tijdens een hitte gebeurtenis en sterfte.

## 2.4

### Gezondheidseffecten

Hittestress kan leiden tot ernstige effecten op de gezondheid, zoals ademhalingsproblemen, beroertes en nierfalen, soms met de dood tot gevolg. Deze ziektebeelden kunnen verklaard worden door uitdroging, virale en bacteriële infecties, bijkomende effecten van luchtvervuiling (door toename van concentraties ozon en fijn stof bij hogere temperaturen) en medicatie voor bijvoorbeeld astma en COPD (waardoor patiënten moeilijker warmte afvoeren) en psychische aandoeningen. Verder kan slaapverstoring de gezondheid negatief beïnvloeden.

Ziekenhuisbezoeken en sterfte nemen bij hitte beduidend toe (Daanen et al 2010). Van aan weersextremen gerelateerde doodsoorzaken in Europa is meer dan 90% het gevolg van hitte (EEA 2017).

Vanwege een gebrek aan beschikbare gegevens is deze relatie tussen hitte en gezondheid nu niet verder uitgewerkt. Interessante parameters om te relateren aan de temperatuur zijn:

- Het aantal huisartsbezoeken; deze geeft een overzicht van de mate waarin serieuze overlast wordt ervaren.
- Het aantal ziekenhuisbezoeken; deze geven een overzicht van de toename van serieuze gezondheidsproblemen.
- Belasting van speciale afdelingen op ziekenhuizen als Geriatrie, Nefrologie en Urologie.

## 2.5

### Definities

In het vervolg van dit onderzoek gebruiken we een aantal termen, deze termen zijn in dit hoofdstuk gedefinieerd.

Begrippen	Uitleg
Hitte Event	Aaneengesloten periode (van 1 of meer dagen) met een gemiddelde dagtemperatuur van 20 graden of meer.
Zomerperiode	De maanden juni, juli en augustus
Sterfte	Het absolute aantal sterftegevallen in een periode, van bijvoorbeeld een jaar.  Als we sterfte over verschillende jaren met elkaar vergelijken dan ontstaat er ruis omdat de totale omvang van de bevolking kan veranderen.
Mortaliteit	De sterfte gedeeld door het aantal inwoners op 1 januari in het betreffende jaar.  Hiermee wordt een correctie uitgevoerd op de omvang van de bevolking waardoor de jaren onderling beter vergelijkbaar zijn.  Echter een veranderende bevolkingsopbouw en de levensverwachting kunnen nog steeds ruis veroorzaken. Zo zijn er in 2019 meer vitale 80+ers dan in 1950.
Overmortaliteit	Overmortaliteit is de 'gemiddelde mortaliteit in een hitteperiode' minus 'gemiddelde mortaliteit in een zomerperiode' van het betreffende jaar.  Hiermee wordt een correctie uitgevoerd voor de levensverwachting en bevolkingsopbouw. Er wordt gekeken naar de extra mortaliteit door hitte in deze periode ten opzichte van de gehele zomerperiode.
Gemiddelde dagtemperatuur	De gemiddelde temperatuur over een etmaal (geregistreerd door het KNMI).

Begrippen	Uitleg
	Zo kan ook de maximale temperatuur worden bepaald in het etmaal, of het verschil in temperatuur tussen twee dagen.





# 3 Beschikbare data

## 3.1 Data over sterfte en bevolking

Gebruik is gemaakt van CBS gegevens over de sterfte per dag voor de periode 1950 – 2019. De sterfte per dag is bekeken voor de gehele bevolking en voor de groep 80+ers.

Aangezien de gegevens met sterfte per dag niet openbaar beschikbaar zijn vanaf 1950 en verdeeld over provincies vanaf 1995 zijn er door het CBS twee 'specials' aangeleverd:

1. De sterfte per dag voor de periode 1950-1995. Het bestand bevat per dag de sterftcijfers op nationaal niveau uitgesplitst naar 3 leeftijdscategorieën: 0-65 jaar, 65-80 jaar en 80plus. Hiervan afgeleid zijn:
  - dagelijkse sterftcijfers voor heel Nederland voor wat betreft de som van alle leeftijdscategorieën.
  - dagelijkse sterftcijfers voor heel Nederland voor wat betreft de leeftijdscategorie 80plus.
2. De sterfte per dag voor de periode 1995\_2019Q3. Het bestand bevat per dag de sterftcijfers uitgesplitst naar provincie en 3 leeftijdscategorieën. Ook hier betreft het de leeftijdscategorieën 0-65, 65-80 en 80 plus. Hiervan afgeleid zijn:
  - dagelijkse sterftcijfers voor heel Nederland voor wat betreft de som van alle leeftijdscategorieën.
  - dagelijkse sterftcijfers per provincie voor wat betreft de som van alle leeftijdscategorieën.
  - dagelijkse sterftcijfers per provincie voor wat betreft 80 plus.
  - maandelijkse sterftcijfers over alle leeftijden.
  - maandelijkse sterftcijfers 80 plus.

Verder is gebruik gemaakt van opendata van het CBS waarmee de volgende reeksen zijn aangemaakt:

- aantal inwoners geheel Nederland op 1 januari 1950-2019 per leeftijdscategorie;
- aantal inwoners per provincie op 1 januari 1950-2019 per leeftijdscategorie.

## 3.2 Meteorologische gegevens

Gebruik is gemaakt van opendata van het KNMI. Toegepast zijn de gemiddelde en maximale temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid bij station De Bilt voor de periode 1950 – 2019.

**Agrarisch Areaal Nederland (AAN)**

Aan wordt bijgehouden door het Ministerie van Economische Zaken. Het bestand bevat de geografische afbakening van landbouwgrond in Nederland (grond die wordt gebruikt als bouwland, blijvend grasland of de teelt van blijvende gewassen).

Het bestand is gebruikt om per landsdeel het percentage landbouwgrond te bepalen. Bron: <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/agrarisch-areaal-nederland-aan->.

**Bestand Bodemgebruik CBS**

Het bestand Bodemgebruik CBS bevat digitale geometrie van het bodemgebruik in Nederland. Voorbeelden van het bodemgebruik zijn verkeersterreinen, bebouwing, recreatieterreinen en binnen- en buitenwater. De begrenzingen zijn voor een groot deel gebaseerd op de Top10NL (BRT). Bij het interpreteren zijn luchtfoto's leidend.

Het bestand (jaar 2015) is gebruikt om het percentage groen per bebouwde kern te bepalen en om het percentage openwater per landsdeel te bepalen.

Bron: <https://www.pdok.nl/downloads/-/article/cbs-bestand-bodemgebruik#b4925f7afaaf5cfbc28f98fbec3187d>.

**Bestand Vierkantenstatistiek CBS**

Het bestand CBS vierkanten bevat statistische gegevens per 100m x 100m. Met ingang van november 2017 is het aantal kerncijfers aanzienlijk uitgebreid met gegevens over o.a. demografie, woningen, energie en sociale zekerheid.

Het bestand (jaar 2017) is gebruikt om verdeling woningvoorraad binnen landsdelen te bepalen. Bron: <https://www.pdok.nl/downloads/-/article/cbs-vierkantstatistieken#bcd4974f320b7fb3ee0572f53b0b7c89>.

**Bebouwd Gebied**

Het bestand bebouwd gebied bevat de grenzen van bebouwde kernen in Nederland.

Het bestand (jaar 2000) is bepaald om het percentage bebouwd gebied per landsdeel te bepalen.

**Stedelijk hitte-eiland effect (UHI) in Nederland**

Deze kaart geeft het stedelijk hitte-eiland effect, dit is het zomer gemiddelde luchttemperatuursverschil tussen de stedelijke en omliggende landelijke gebieden. Het stedelijk hitte-eiland effect is het sterkst 's nachts. Het zorgt ervoor dat de luchttemperatuur 's nachts niet daalt waardoor er gevoelige bevolkingsgroepen (baby's, kinderen, ouderen) gezondheidseffecten ondervinden. Het is waardevol om te weten waar de grootste overlast zich

bevindt om maatregelen te kunnen nemen. Belangrijk voor:  
stedenbouwkundige ontwerpers; beleidsmedewerkers klimaatadaptatie.

Deze kaart (jaar 2017) is gebruikt voor het bepalen van het percentage  
bebouwd gebied per landsdeel dat onder invloed staat van een UHI van meer  
dan 0.5 graad.

Bron: RIVM, Atlas Natuurlijk Kapitaal.

<https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/api/records/a87f5ca8-f354-4ff6-adc3-70f1bf6b78e3>.



# 4 Analyse sterfte

In dit hoofdstuk schetsen we de resultaten van de data analyse die is uitgevoerd. Hiervoor presenteren we eerst in 4.1 de tijdreeksen van sterfte en de meteorologische data. Dit geeft een overzicht van de data die is gebruikt. Dit overzicht geeft ook al een beeld van trends die te zien zijn in de periode 1950-2019.

In hoofdstuk 4.2 gaan we in op de correlatie tussen mortaliteit en de gemiddelde temperatuur. In dit hoofdstuk zien we dat er met de ideale temperatuur als vertrekpunt zowel door koude als door hitte een stijging is in mortaliteit. Deze stijging is het sterkst bij 80+ers.

In hoofdstuk 4.3 zoomen we verder in op hitte events. We kijken hierbij naar de hitte events zelf en schatten de overmortaliteit, dus de stijging van de mortaliteit gedurende de hitte events ten opzichte van de gehele zomerperiode.

In hoofdstuk 4.4 identificeren we trends in de periode 1950 – 2019 en in hoofdstuk 4.5 maken we een prognose voor 2050 op basis van klimaatveranderingen. In hoofdstuk 4.6 schetsen we de relatie met ruimtelijke kenmerken in landsdelen.

## 4.1 Tijdreeksen periode 1950 - 2019

### 4.1.1 Op jaarbasis

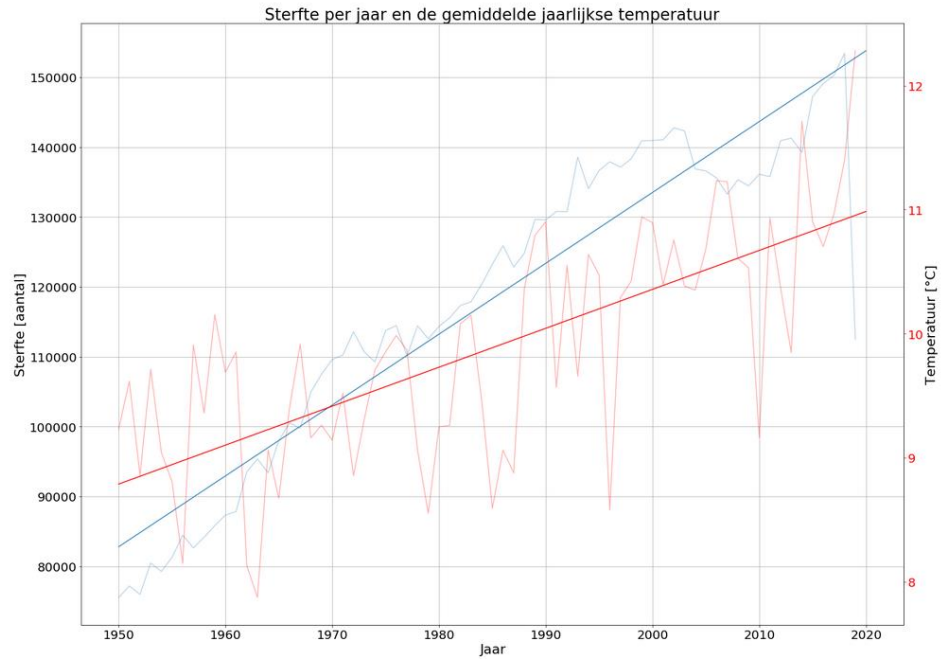
In deze paragraaf wordt inzicht geboden in het verloop van weer-variabelen in relatie tot:

1. de totale sterfte van de gehele Nederlandse bevolking per jaar.
2. sterfte onder 80+ers. Dit omdat vooral 80-plussers vooral overlijden als gevolg van hittestress.

Voor de weervariabelen is onderscheid gemaakt in de daggemiddelde temperatuur, de maximale temperatuur, de luchtvochtigheid en de windsnelheid.

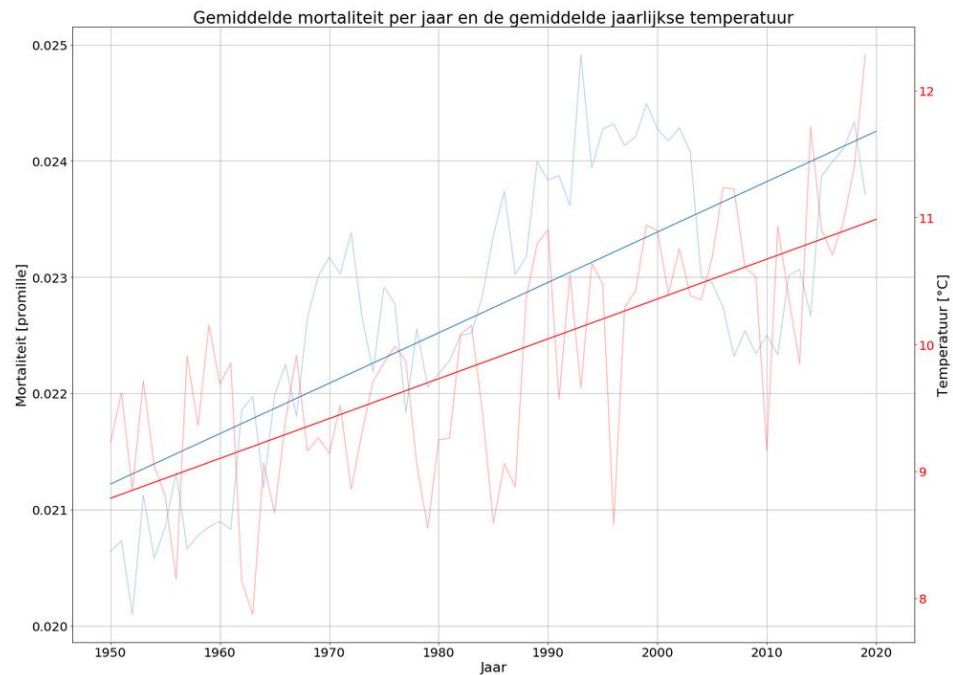
In de patronen uit Figuur 3 van de absolute sterfte is duidelijk de groei van de Nederlandse bevolking te zien. Ook de 80+ populatie is natuurlijk toegenomen. Zo is het logisch dat er in 2000 meer sterfte is dan in 1950 omdat er simpelweg meer mensen wonen in Nederland.

**Figuur 3**  
*Verloop van absolute sterfte (blauwe lijn) en de gemiddelde jaarlijkse temperatuur (rode lijn) in de periode 1950-2019*

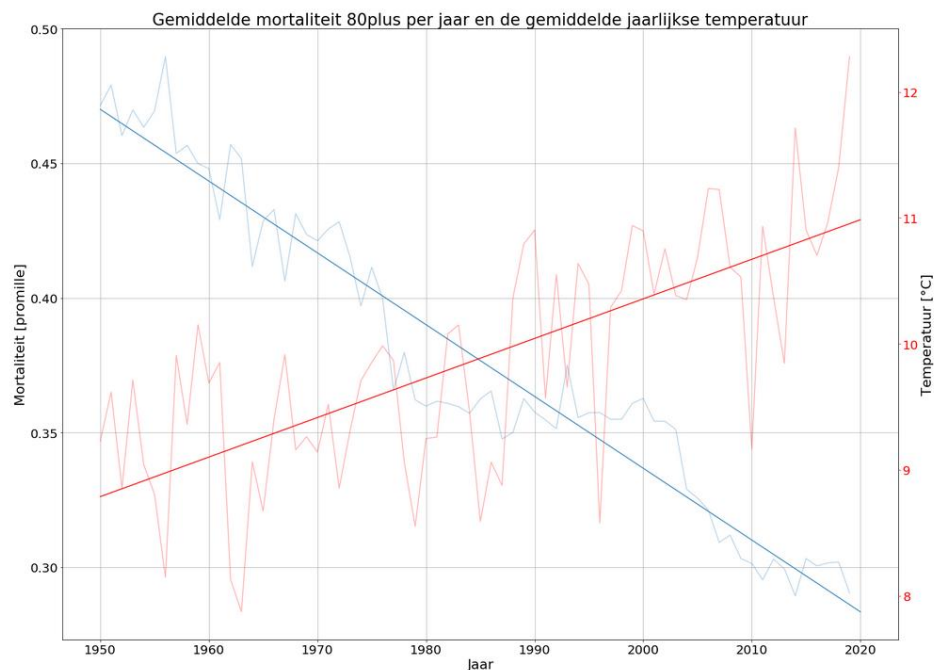


Om de jaren onderling vergelijkbaar te maken is ook de mortaliteit bepaald voor de gehele bevolking (Figuur 4) en de 80+ populatie (Figuur 5), hierbij is voor ieder jaar bepaald hoeveel promille van de bevolking komt te overlijden.

**Figuur 4**  
*Verloop van de gemiddelde mortaliteit per jaar voor de gehele bevolking (blauwe lijn) en de gemiddelde jaarlijkse temperatuur (rode lijn) in de periode 1950-2019*



*Figuur 5  
Verloop van de  
gemiddelde  
mortaliteit per jaar  
voor de 80+  
populatie (blauwe  
lijn) en de  
gemiddelde  
jaarlijkse  
temperatuur (rode  
lijn) in de periode  
1950-2019*



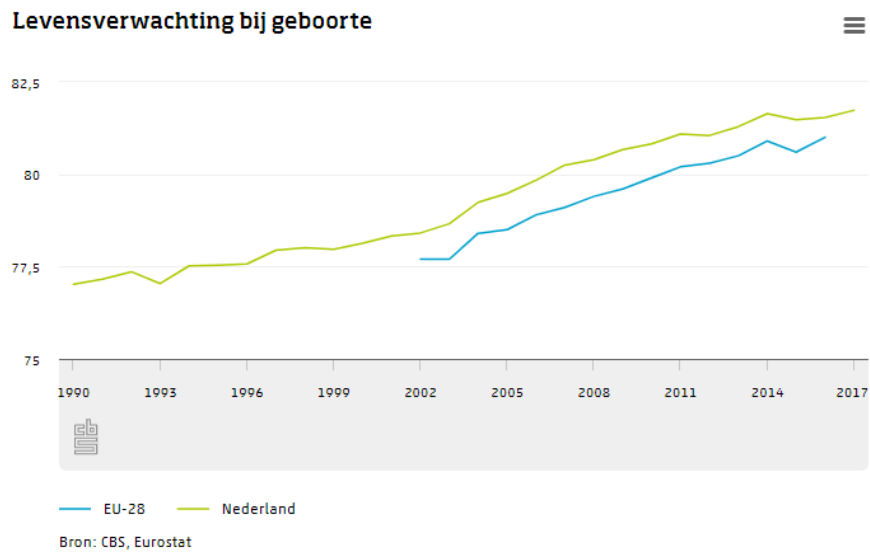
In zowel Figuur 3 (absolute sterfte) als in Figuur 4 en Figuur 5 (mortaliteit) is ook het verloop van de gemiddelde temperatuur weergegeven in relatie tot sterfte. In de tijdreeks zijn flinke jaarlijkse schommelingen te zien, daarom is er ook een lijn doorheen gefit die de trend weergeeft. Dit leidt tot de volgende conclusies:

- De gemiddelde temperatuur in een jaar<sup>2</sup> zoals geregistreerd bij De Bilt stijgt met orde 2 graden in 70 jaar. Eerder was door het KNMI al geconstateerd dat de gemiddelde temperatuur in de periode 1951 – 2014 met 1,4 graad is gestegen<sup>3</sup>. Deze stijging heeft dus doorgezet tot en met 2019 waarbij er warme jaren zijn toegevoegd.
- De gemiddelde mortaliteit van de gehele bevolking stijgt over de jaren. Grosso modo is de mortaliteit in de periode 1950- 2019 op basis van de gefitte lijn met 0,003 promille per dag gestegen. Uitgaande van 17 miljoen mensen betekent dat een toename van jaarlijkse sterfte door hitte van 50 – 55 mensen.
- De mortaliteit van de 80+ populatie daalt (zie Figuur 5), dat terwijl de gemiddelde temperatuur stijgt. Deze daling van de mortaliteit wordt beïnvloed door de ontwikkeling van de 80+ populatie. In de loop van de jaren worden Nederlanders ouder, en blijven we langer gezond. Dit is een verklaring van de daling van de kwetsbaarheid van 80+ers, waarbij de absolute omvang van deze groep wel toeneemt.  
Het zou nog beter zijn om de analyse uit te voeren op basis van en leeftijdsverwachting (zie Figuur 6), echter deze gegevens zijn niet beschikbaar.

<sup>2</sup> Bepaald door het gemiddelde te nemen van de daggemiddelde temperatuur in een jaar.

<sup>3</sup> <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/waarnemingen-klimaatveranderingen>

Figuur 6  
 Levensverwachting,  
 bron  
<https://www.cbs.nl/nl-nieuws/2018/36/levensverwachting-stijgt-minder-hard-in-nederland-en-eu>



Bovenstaande getallen zijn gemiddeldes, zoals uit de figuren blijkt, is er veel variatie per jaar die wordt bepaald door tal van factoren (zo wordt de daling in de mortaliteit in de jaren na 2000 verklaard (door CBS) door het wegwerken van de wachtlijsten). Echter als gekeken wordt naar de trend, zien we dat het en warmer wordt en dat de mortaliteit stijgt.

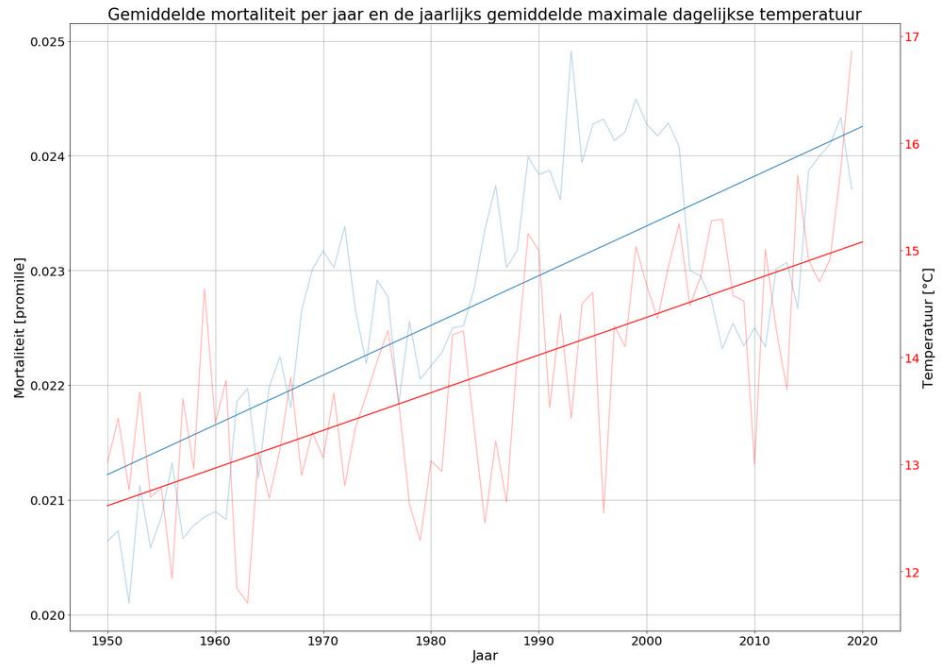
De invloed van de bevolkingsopbouw is aanleiding geweest om het begrip *overmortaliteit* toe te voegen. Hierbij is per jaar gekeken wat het verschil is tussen de mortaliteit in een hitte periode ten opzichte van de gemiddelde mortaliteit in een zomerperiode. Verondersteld is dan dat dit verschil bepaald wordt door de hitte.

### Andere meteorologische parameters

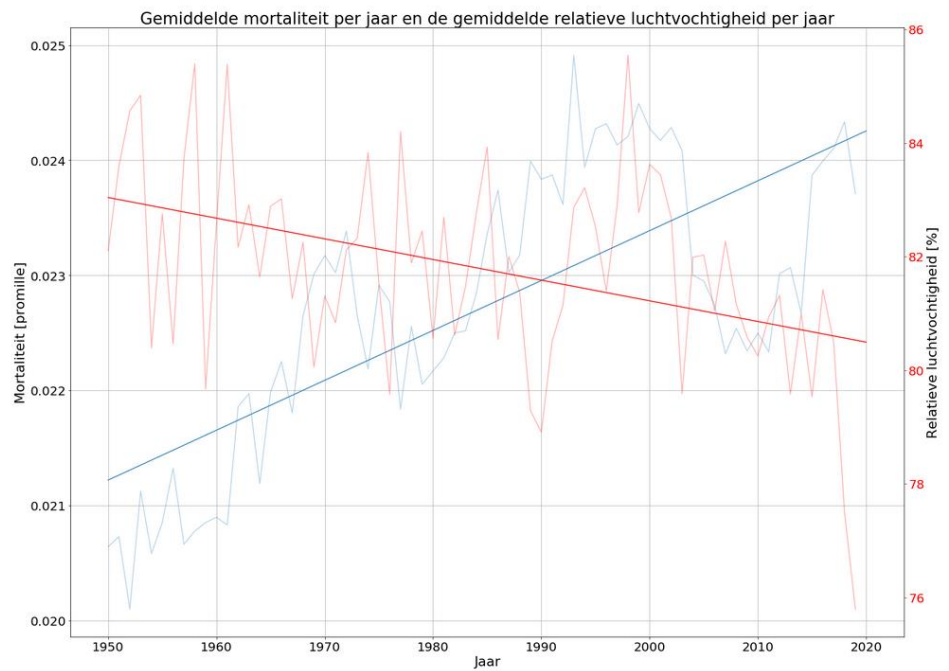
In Figuur 7 is de relatie tussen de mortaliteit niet uitgezet tegen het gemiddelde van de daggemiddelde temperatuur maar tegen het jaarlijks gemiddelde van de maximaal gemeten dagtemperatuur. Ook in deze figuur zien we een trend in toename van de maximale temperatuur en mortaliteit. We zien echter niet echt een andere relatie dan bij de gemiddelde temperatuur. Ook voor de relatie met de gemiddelde luchtvochtigheid (Figuur 8) en de gemiddelde windsnelheid (Figuur 9) is geen trend te signaleren tussen sterfte door hitte. Opgemerkt wordt dat de registratie van windsnelheid in een (niet nader onderzochte) sprong zit rond 1960.



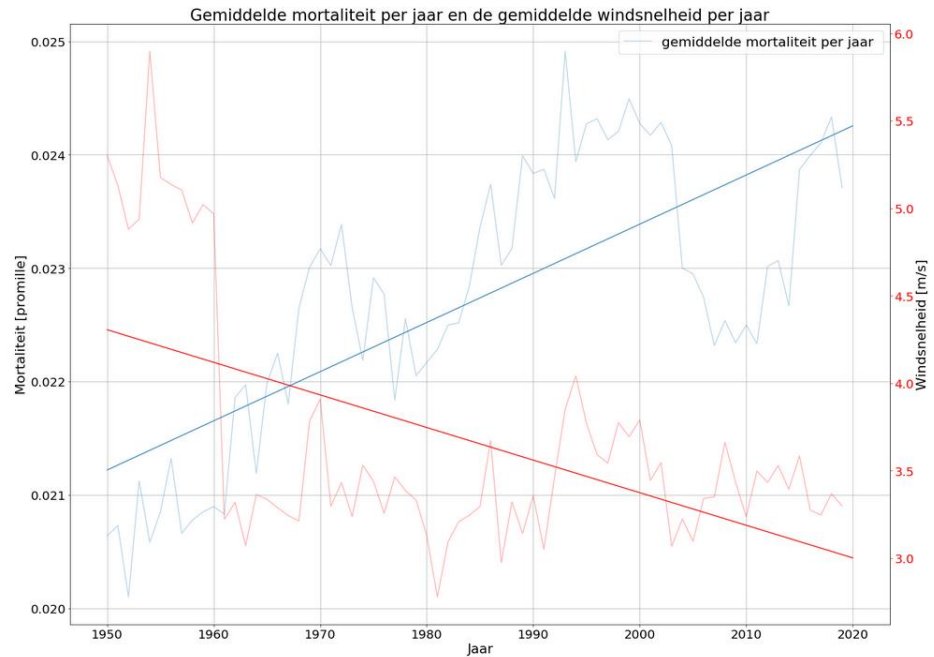
*Figuur 7  
Verloop van de  
jaarlijks gemiddelde  
mortaliteit (blauwe  
lijn) en de  
gemiddelde  
dagelijkse maximale  
jaarlijkse  
temperatuur (rode  
lijn) in de periode  
1950-2019*



*Figuur 8  
Verloop van de  
jaarlijks gemiddelde  
mortaliteit (blauwe  
lijn) en de  
gemiddelde  
dagelijkse  
luchtvochtigheid (rode  
lijn) in de periode  
1950-2019*



*Figuur 9  
Verloop van de  
jaarlijks gemiddelde  
mortaliteit (blauwe  
lijn) en de  
gemiddelde  
windsnelheid (rode  
lijn) in de periode  
1950-2019*



#### 4.1.2

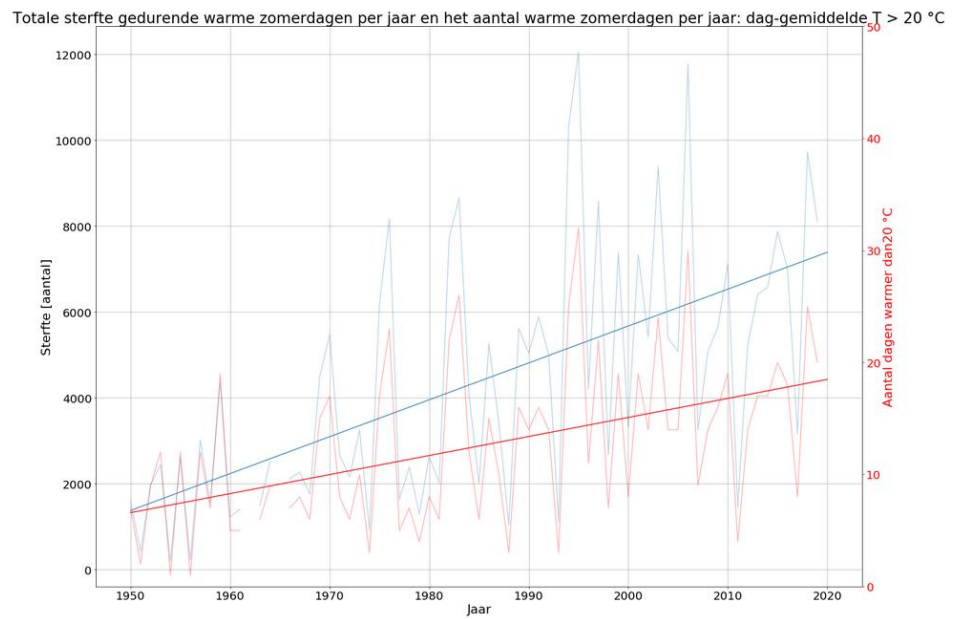
#### Zomerperiode

De sterfte door hitte zal voornamelijk in het zomerseizoen (juni, juli en augustus) plaatsvinden. Door alleen te kijken naar het zomerseizoen kan een duidelijkere relatie worden gelegd met hitte.

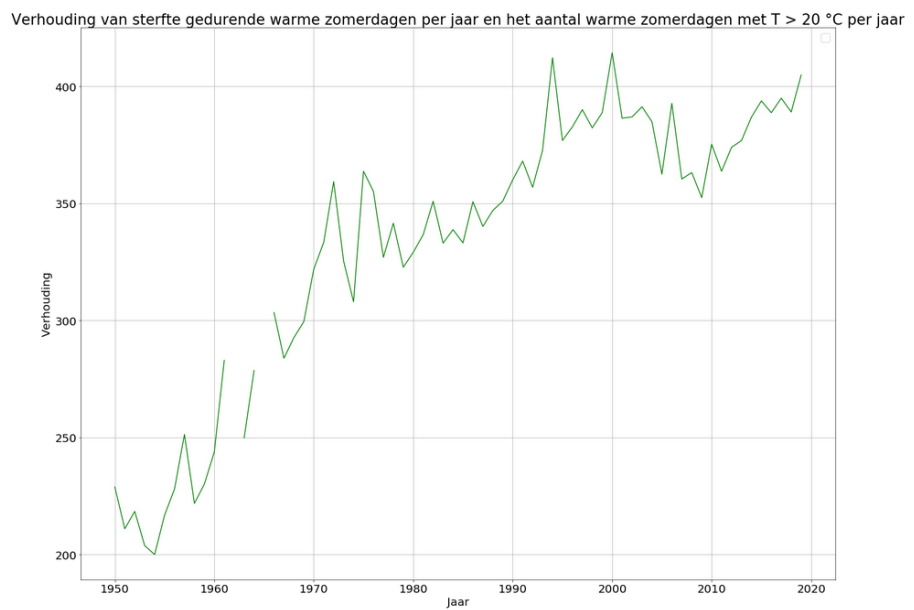
Het zomerseizoen is voor deze analyse gedefinieerd als de maanden juni, juli en augustus. Voor de zomerperiode is de totale sterfte (Figuur 10) en de mortaliteit (Figuur 12) bepaald voor alle dagen met een gemiddelde temperatuur hoger dan 20 graden.

Zeer opvallend in Figuur 10 is dat er een duidelijk verband lijkt tussen de absolute sterfte en de temperatuur. Als deze twee lijnen op elkaar worden gedeeld (Figuur 11) dan zien we dat de totale sterfte ten opzichte van het aantal dagen boven de gemiddeld 20 graden stijgt. Er lijkt wel een afvlakkende werking in te zitten omdat de stijging na de jaren 90 minder hard doorzet. De analyse op basis van absolute sterfte wordt vertroebeld door de groei van de bevolking. Daarom is in Figuur 12 gekeken naar de mortaliteit, en in Figuur 13 naar de trend in de ontwikkeling als we de mortaliteit delen door het aantal warme dagen. We zien dat dat de gemiddelde mortaliteit per dag dan zelfs licht daalt over de jaren.

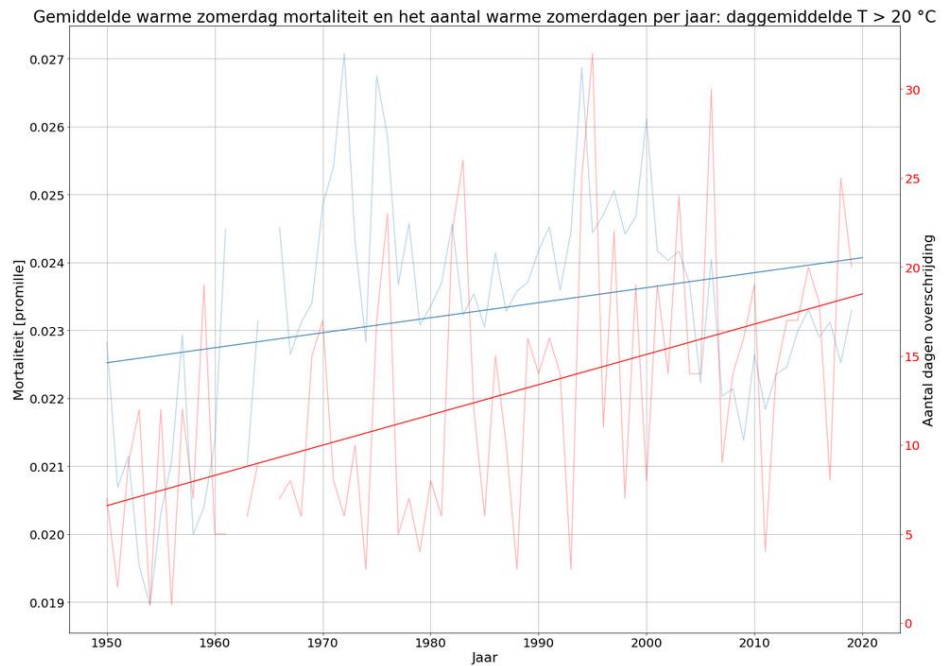
*Figuur 10  
Verloop van de  
jaarlijks gemiddelde  
sterfte (blauwe lijn)  
en het aantal dagen  
per jaar dat  
gemiddelde  
dagelijkse  
temperatuur > 20  
graden (rode lijn) is  
in de periode 1950-  
2019*



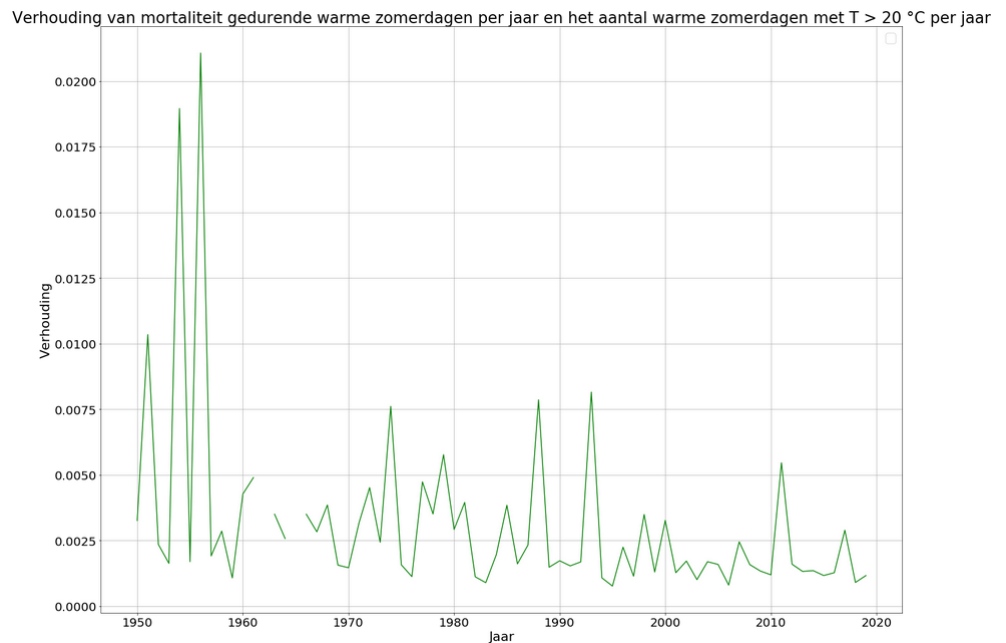
*Figuur 11  
verhouding op basis  
van de deling van de  
gemiddelde sterfte  
door het aantal  
dagen met  $T > 20$   
graden in de periode  
1950-2019*



*Figuur 12  
Verloop van de  
jaarlijks gemiddelde  
mortaliteit en het  
aantal dagen per  
jaar dat gemiddelde  
dagelijkse maximale  
jaarlijkse  
temperatuur > 20  
graden is in de  
periode 1950-2019*



*Figuur 13  
verhouding op basis  
van de deling van de  
gemiddelde  
mortaliteit door het  
aantal dagen met T  
>20 graden in de  
periode 1950-2019*



## 4.2 Correlatie tussen temperatuur en sterfte (jaarbasis)

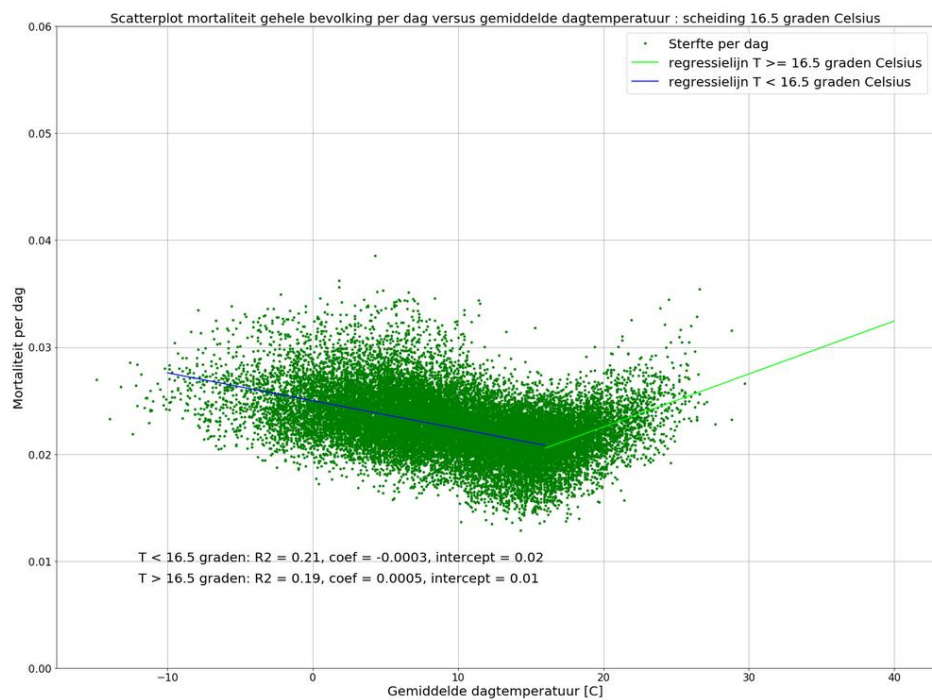
In deze paragraaf kijken we naar de correlatie tussen de mortaliteit en de temperatuur. We maken hierbij onderscheid in de mortaliteit onder de gehele bevolking en onder de 80+ers. Eerder is al vermeld dat 16,5 graden Celsius als de optimale temperatuur wordt gezien. We hebben dan ook een lijn gefit door alle waarnemingen bij temperaturen lager en hoger dan 16,5 graden .

Een gevoeligheidsanalyse naar het hanteren van een andere temperatuur als criterium heeft bevestigd dat 16,5 grad Celsius een correcte waarde is.

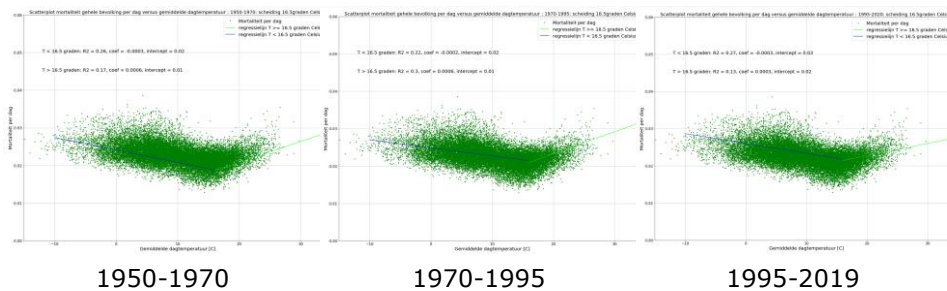
### Gehele bevolking

In Figuur 14 zien we ook dat naarmate de gemiddelde temperatuur daalt de mortaliteit stijgt, en dat bij een stijgende temperatuur ook de mortaliteit stijgt. We zien dat de mortaliteit harder stijgt als het een graad warmer wordt dan dat deze stijgt bij een graad kouder. We zien echter ook dat het aantal dagen met een temperatuur lager dan 16,5 grad Celcius ruim in de meerderheid is. We zien echter ook dat er periodes zijn met sterfte door hitte die mogelijk kunnen worden voorkomen. In deze studie focussen we dan ook op sterfte door hitte.

*Figuur 14  
Correlatie tussen  
gemiddelde  
temperatuur De Bilt  
en mortaliteit gehele  
bevolking in de  
periode 1950-2019*



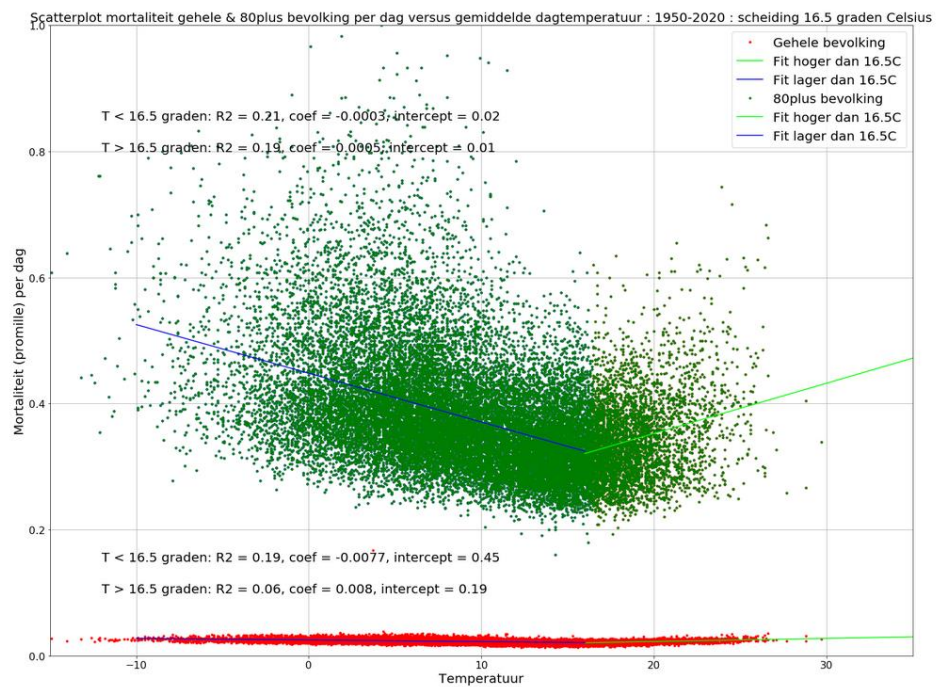
*Figuur 15  
Correlatie tussen  
gemiddelde  
temperatuur De Bilt  
en mortaliteit gehele  
bevolking over  
verschillende  
periodes*



### 80+ers

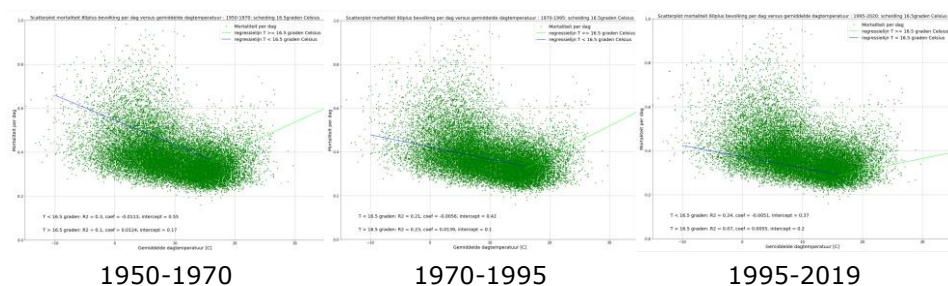
Als we niet kijken naar de gehele bevolking maar naar de 80+ers (Figuur 16) dan zien we dat de mortaliteit onder deze groep (logischerwijs) hoger is. We zien echter ook een veel grotere gevoeligheid van deze groep voor de gemiddelde temperatuur (waarbij de gevoeligheid voor mortaliteit van de gehele bevolking vrijwel verdwijnt), en opvallend genoeg is het effect van een graad lagere temperatuur op de mortaliteit groter dan 1 graad warmer.

*Figuur 16  
Correlatie tussen  
gemiddelde  
temperatuur De Bilt  
en mortaliteit gehele  
bevolking (rood) en  
80plus bevolking  
(groen) in de  
periode 1950-2019*



Als we onderscheid maken in verschillende tijdsperiodes voor de groep 80+ dan zien we dat de gevoeligheid voor de mortaliteit in relatie tot de temperatuur van deze groep daalt. Een oorzaak hiervan kan zijn dat we gemiddeld ouder worden, en dat er dus relatief minder mensen van deze groep overlijden.

*Figuur 17  
Correlatie tussen  
gemiddelde  
temperatuur De Bilt  
en mortaliteit 80+  
over verschillende  
periodes*



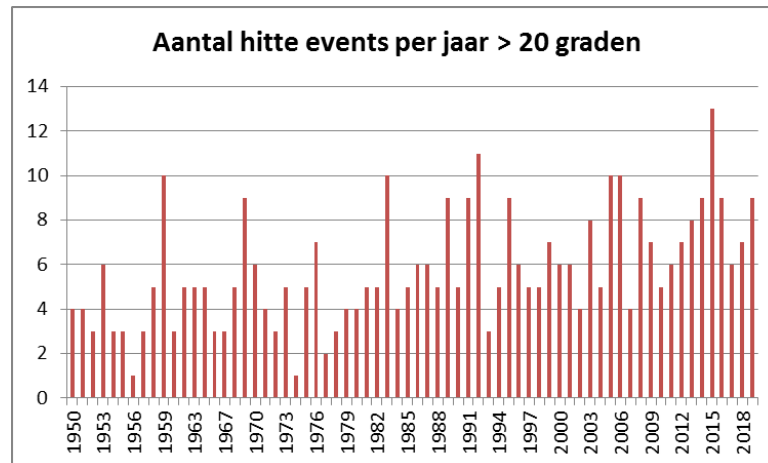
## 4.3

### Onderscheid in hitte events

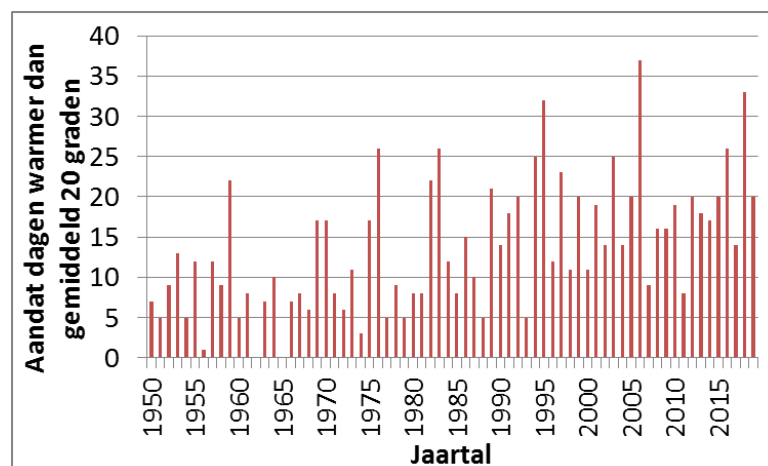
In dit hoofdstuk zoomen we verder in op de hitte events en zoeken we of er verschillende soorten events kunnen worden gedefinieerd. Een hitte event is gedefinieerd als een aaneengesloten periode waarin het gemiddeld 20 graden

Celsius of meer is. In Figuur 18 is het aantal hitte events in de periode 1950 – 2019 opgenomen. In Figuur 19 is het aantal dagen dat het warmer is dan gemiddeld 20 graden opgenomen. Door de oogharen heen is hier in de loop van de jaren een toename in te zien.

*Figuur 18  
Aantal hitte events  
in de periode 1950 -  
2019*



*Figuur 19  
Aantal dagen per  
jaar dat het warmer  
is dan gemiddeld 20  
graden*



Per gedefinieerd hitte event is de volgende informatie beschikbaar:

- De duur van het event (aantal dagen);
- De gemiddelde mortaliteit van het event (gedefinieerd als de totale sterfte gedeeld door de populatie);
- De maximale mortaliteit op een dag gedurende het event;
- De gemiddelde overmortaliteit per event (hierbij is de gemiddelde mortaliteit in de zomerperiode afgetrokken van de mortaliteit gedurende het event, wat resulteert zijn dus de extra slachtoffers door hitte);
- De gemiddelde, minimale en maximale temperatuur per event;
- De grootste toename van de gemiddelde temperatuur op 1 dag (vanwege de constatering dat tijd nodig is voor acclimatisatie).

Enkele kentallen over de events:

- Het langste event is 18 dagen, uit de zomer van 2018. Dit event had ook de hoogste gemiddelde maximale temperatuur (29,7 graad).

- Het event met de hoogste gemiddelde temperatuur (25,5 graden) stamt uit 2015. De events met de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> hoogste temperatuur komen beide uit 2019.
- Het event met de hoogste maximale temperatuur (29,7 graad) stamt uit 2018.
- De grootste toename van de gemiddelde temperatuur tussen 2 aangesloten dagen is 5,4 graad, in 2015.
- In 82% van de hitte events is er sprake van oversterfte als we kijken naar de gehele bevolking, kijken we alleen naar de 80+ers dan is het 81% van de hitte events waarin sprake is van oversterfte.

In de top 25 van de events met de grootste gemiddelde mortaliteit op basis van de gehele bevolking zijn maar drie gebeurtenissen van na 2000 opgenomen (2000, 2001 en 2003). Als we de mortaliteit onder de 80+ populatie ranken dan zijn er in de top 25 alleen gebeurtenissen van 1976 en eerder. Voor de hitte events is dan met name ingezoomd op *overmortaliteit* (bepaald per jaar door het verschil tussen de mortaliteit gedurende een event en de gemiddelde mortaliteit in de zomerperiode van dat jaar). Het event met de grootste overmortaliteit voor de gehele bevolking is 1954 (overmortaliteit van 0.0079 promille). Voor de 80+ers is dat een event in 1964 (overmortaliteit 0,24 promille). Het inzicht dat de extreemste gebeurtenissen worden gedomineerd door hitte events van lang geleden is aanleiding geweest om ook trends te onderzoeken over de periode 1950-2019. Dat is opgenomen in 4.4.

#### 4.3.1

### Indeling in events op basis van de gemiddelde temperatuur en de duur

#### Gehele bevolking

In dit hoofdstuk is onderscheid gemaakt in de overmortaliteit van de gehele bevolking voor verschillende hitte events op basis van een onderscheid in de gemiddelde temperatuur en de duur. Om eerst inzicht te krijgen in de effecten van een hogere gemiddelde temperatuur of de duur apart zijn deze parameters eerst afzonderlijk beschouwd. In Figuur 20 is de overmortaliteit uitgewerkt voor de temperatuur, in Figuur 21 voor de duur. In Figuur 22 voor klassen van zowel temperatuur als de duur. Voor de gemiddelde temperatuur zijn klassen gehanteerd van 1 graad Celsius. Voor de duur zijn klassen onderscheiden van 1 dag, en vervolgens klassen van 2 dagen tot en met 18 dagen.

In Figuur 20 is de relatie tussen de gewogen overmortaliteit (hierbij is rekening gehouden met de duur van de hitte gebeurtenissen) opgenomen. Uit deze figuur blijkt dat de mortaliteit overwegend stijgt bij een stijgende temperatuur. Opvallend is dat de mortaliteit bij de 2 events in de klasse van meer dan 25 graden lager is dan bij de klasse 24-25 graden. De events in de klasse 25-26 graden zijn echter van 2013 en 2019. In deze periode zijn de hitteplannen reeds geïntroduceerd waarbij de werking al zichtbaar kan zijn (in het onderzoek van CBS zijn hier duidelijke indicaties voor). Echter ook de

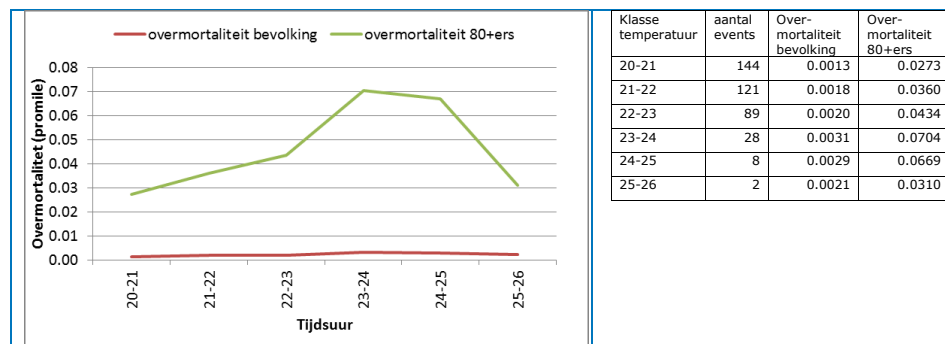


klasse 24-25 graden is qua overmortaliteit lager dan de klasse 23-24 graden. Ook in deze klasse gaat het met 8 events om een beperkte set. Deze events dateren van 2019, 2005, 1991, 1992, 2011, 1968, 1972 en 2003.

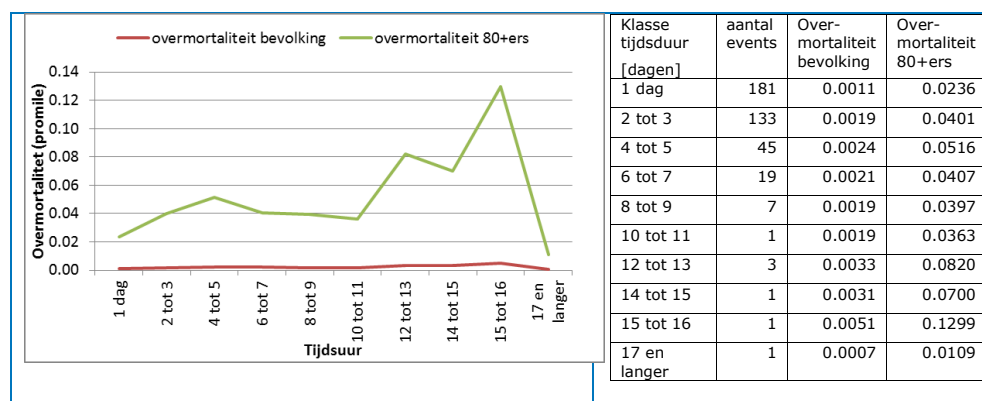
In Figuur 21 is de relatie tussen de gewogen overmortaliteit en de tijdsduur weergegeven. Opvallend is dat de duur tot een periode van 11 dagen nauwelijks een rol lijkt te spelen, uitgezonderd de extreme gebeurtenis van 18 dagen (uit 2018, met een relatief lage overmortaliteit) is de gewogen overmortaliteit hoger. Een voorzichtige conclusie is wel dat bij extreem lange gebeurtenissen de overmortaliteit zal oplopen.

Uit deze figuren blijkt ook dat een functie van 8 hitte slachtoffers per dag en graad dat het warmer is dan gemiddeld 20 graden, niet op gaat. Op basis van het patroon van de overmortaliteit ligt het voor de hand dat er per hitte event eerder sprake is van een startovermortaliteit (per hitte event is er altijd een mortaliteit van 0,02 promille voor 80+ers waarbij in de range van 20-25 graden de overmortaliteit verder oploopt met de temperatuur, daarna lijkt deze af te vallen. Daarnaast, zie Figuur 21, zien zijn er indicaties dat bij dueren van meer dan 10 dagen de overmortaliteit verdubbeld) en vervolgens dat het aantal hitte doden kan oplopen als het warmer wordt.

*Figuur 20  
Gewogen  
overmortaliteit (voor  
de gehele bevolking)  
in relatie tot of  
gemiddelde  
temperatuur*



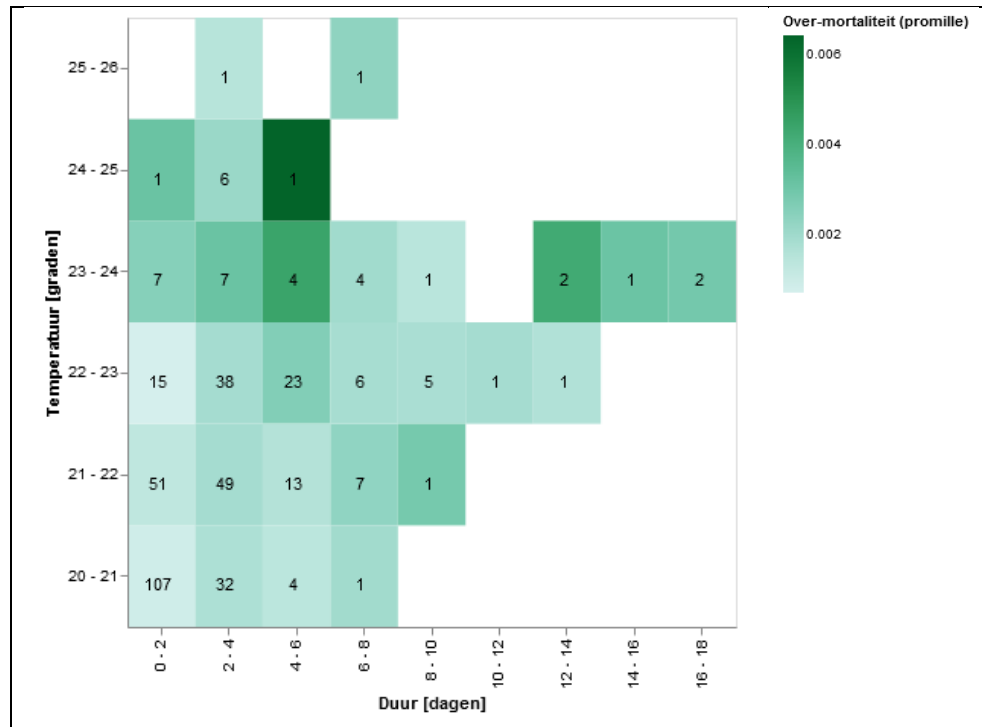
*Figuur 21  
Gewogen  
overmortaliteit (voor  
de gehele bevolking)  
in relatie tot of  
gemiddelde duur*



In Figuur 22 is de overmortaliteit gekoppeld aan klassen van hitte-events gebaseerd op de gemiddelde temperatuur en de duur. Per klasse is ook het aantal hitte events opgenomen in deze figuur. Duidelijk zichtbaar is dat het aantal extreme events beperkt is. Omdat de mortaliteit door diverse factoren beïnvloedt kan worden (als eerdere oversterfte door griep maar ook door hitteplannen) is het van belang klassen met weinig waarnemingen voorzichtig

te gebruiken. Het beeld dat de overmortaliteit stijgt als het warmer wordt en als de tijdsduur toeneemt, wordt enigszins bevestigd, echter het is opvallend dat de recente jaren de overmortaliteit lager lijkt te zijn.

*Figuur 22  
Overmortaliteit per klasse van gemiddelde temperatuur en duur voor de gehele bevolking. Per klasse is met het getal het aantal events weergegeven in de periode 1950-2019*

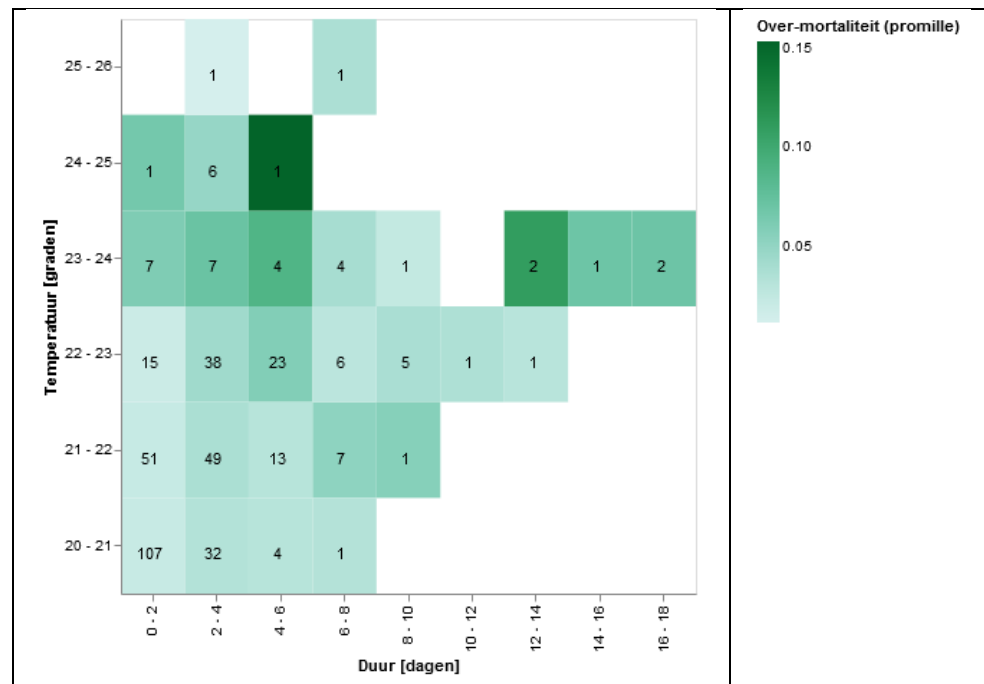


Eenzelfde figuur voor de mortaliteit is opgenomen in bijlage A.

### 80+ populatie

Voor de 80+ populatie is een vergelijkbare uitwerking gemaakt. In Figuur 23 zijn klassen gemaakt op basis van de temperatuur en de duur voor de 80+ers. Ook nu kunnen we zien dat de overmortaliteit toeneemt bij hogere temperaturen en langere dueren. Echter we zien ook dat de recente (extreme) gebeurtenissen weer een lagere overmortaliteit hebben dan andere gebeurtenissen in nabije klasse. Ook nu lijkt het alsof er sprake is van een bepaalde basissterfte tijdens een hitte event ongeacht de gemiddelde temperatuur of tijdsduur en dat er vervolgens een (beperkte) relatie is tussen temperatuur en duur.

*Figuur 23  
Overmortaliteit per  
klasse van  
gemiddelde  
temperatuur en duur  
voor de 80+ers. Per  
klasse is met het  
getal het aantal  
events weergegeven  
in de periode 1950-  
2019*



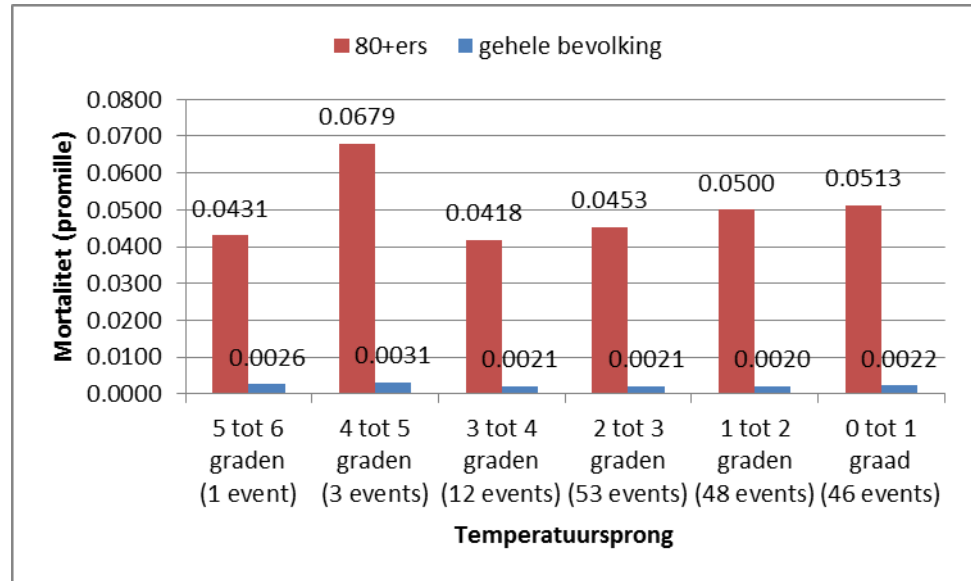
#### 4.3.2

#### Indeling in events op basis van temperatuursprong en de duur

Eerder is geconstateerd dat ouderen 3 dagen tijd nodig hebben om te acclimatiseren. Dat suggereert dat de verandering in temperatuur van belang kan zijn. Omdat de (over)mortaliteit stijgt als de temperatuur stijgt, hebben we vooral gekeken naar de toename van de temperatuur. In onderstaande figuren is onderscheid gemaakt in de maximale temperatuursprong tussen 2 dagen en de duur van het hitte event.

In Figuur 24 is de relatie tussen de overmortaliteit en de temperatuursprong weergegeven voor zowel de gehele bevolking als de 80+ers. Hierbij zijn klassen van 1 graad gehanteerd. Uit deze figuur blijkt dat de gemiddelde mortaliteit tijdens een hitte event niet afhankelijk is van alleen de omvang van een temperatuursprong. Temperatuursprongen van 4 tot 5 graden leiden wel tot een verhoogde mortaliteit (onder zowel 80+ers als de gehele bevolking) echter het betreft maar drie gebeurtenissen (1952, 2000 en 2010, opvallend hebben al deze gebeurtenissen een duur van 4-5 dagen). De gebeurtenis van 5 tot 6 graden is van 2015 en duurt 6 dagen. De lagere mortaliteit in 2015 kan te maken hebben met de werking van de hitteplannen.

*Figuur 24  
Overmortaliteit in relatie tot de temperatuursprong voor de gehele bevolking (links) en 80-ers (rechts)*

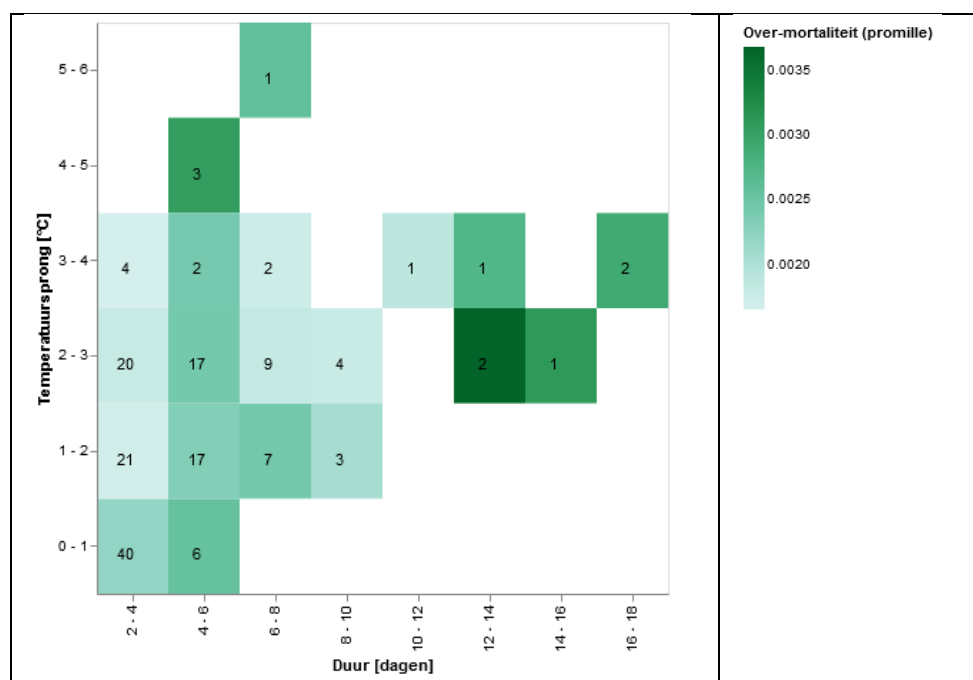


In Tabel 1 is de relatie tussen de temperatuursprong en de duur uitgewerkt. Hierbij is eerst in eerste instantie onderscheid gemaakt in hitte events met een duur van 8 dagen of langer en kortere events, en events met een sprong in temperatuur van 3 graden meer of minder. Uit de analyse blijkt, dat de gemiddelde overmortaliteit stijgt naarmate bij langere duren en grotere sprongen in temperatuur. Echter het verschil is wel beperkt. In Figuur 25 (gehele bevolking) en Figuur 26 (80+ers) zijn klassen gemaakt door onderscheid te maken in garden temperatuurstijging en klassen voor een duur van telkens 2 dagen. Ook hieruit blijkt een divers beeld waarin er een sterkere invloed lijkt dat er een hitte event is dan wat de toename is in temperatuur of de duur van het event.

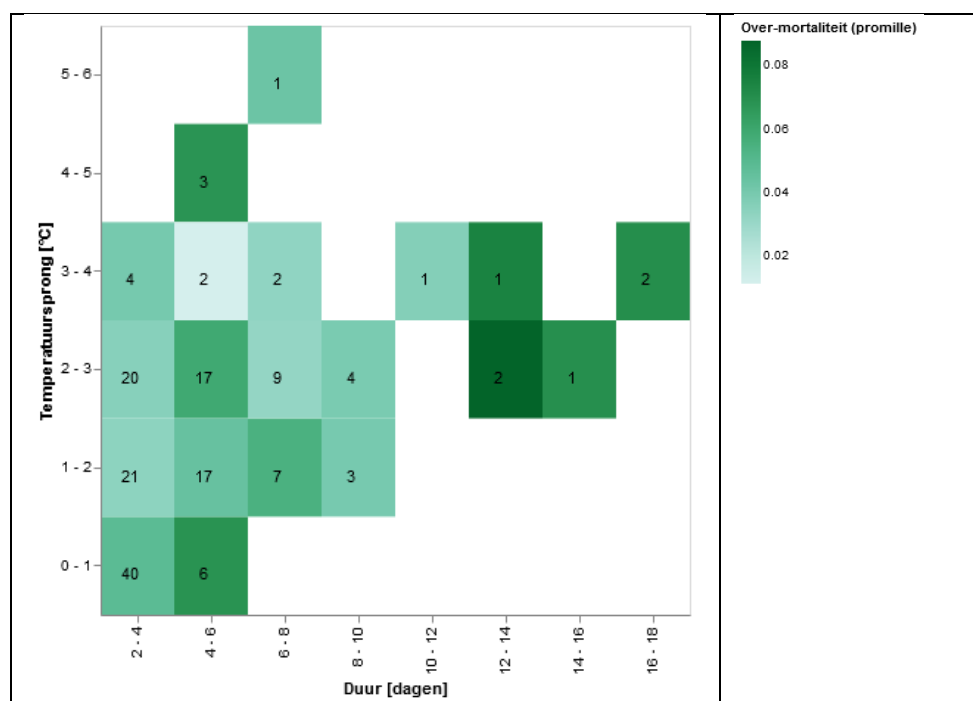
*Tabel 1  
Overmortaliteit voor 2 klassen van temperatuursprong en 2 klassen van de duur*

	Temperatuur sprong 3 graden of meer	Temperatuur sprong minder dan 3 graden	Temperatuur sprong 3 graden of meer	Temperatuur sprong minder dan 3 graden
	Gehele bevolking		80+ers	
8 dagen of langer	0.0026	0.063	0.0022	0.041
minder dan 8 dagen	0.0024	0.052	0.0021	0.045

*Figuur 25  
Overmortaliteit per  
klasse van  
gemiddelde  
temperatuur en duur  
voor de gehele  
bevolking. Per klasse  
is met het getal het  
aantal events van  
Langer dan 1 dag  
weergegeven in de  
periode 1950-2019*



*Figuur 26  
Overmortaliteit per  
klasse van  
gemiddelde  
temperatuur en duur  
voor de 80plus-  
bevolking. Per klasse  
is met het getal het  
aantal events van  
langer dan 1 dag  
weergegeven in de  
periode 1950-2019*



## 4.4 Trends in overmortaliteit en oversterfte

De (over)mortaliteit varieert per hitte event en is afhankelijk van veel factoren. In de eerder gepresenteerde analyse is door het beschouwen van de overmortaliteit een correctie uitgevoerd voor bevolkingsgroei en de bevolkingsopbouw. Toch is geconstateerd dat de relatie tussen hittesterfte niet alleen afhankelijk is van de omvang van de temperatuur, de sprong in

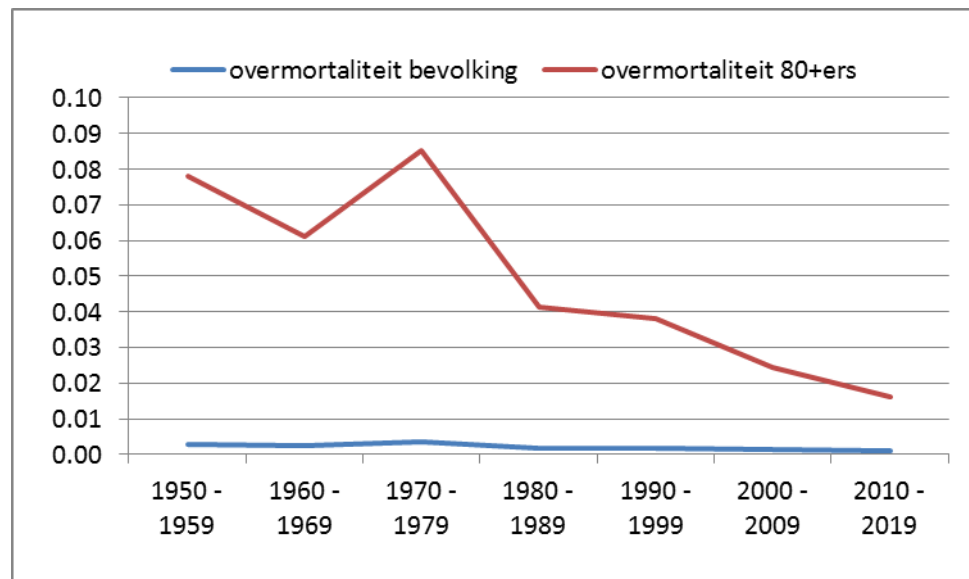
temperatuur en de duur maar ook (en misschien wel vooral) dat er een hitte event is. Echter ook andere factoren kunnen nog een rol spelen.

In Tabel 2 en Figuur 27 is een overzicht opgenomen van het gewogen gemiddelde van de overmortaliteit per periode van 10 jaar. Dit onderscheid is gemaakt voor de gehele bevolking als de 80+ers. Voor de 80+ers hadden we in Figuur 5 al gezien dat de mortaliteit van de 80+ers daalt. Dat beeld wordt versterkt als we kijken naar de ontwikkeling van de overmortaliteit over de periode van 10 jaar. Er lijkt een duidelijke trend zichtbaar (met een piek in de periode 1970-1979) waarin de overmortaliteit afneemt. De lagere gewogen gemiddelde mortaliteit van de periode 2010 – 2019 past exact in dit beeld.

*Tabel 2  
Gewogen  
gemiddelde  
overmortaliteit per  
decade inclusief het  
aantal hitte events*

	Hitte events	Overmortaliteit bevolking	Overmortaliteit 80+ers
1950 - 1959	17	0.0028	0.0780
1960 - 1969	42	0.0027	0.0610
1970 - 1979	38	0.0035	0.0852
1980 - 1989	40	0.0019	0.0415
1990 - 1999	59	0.0018	0.0382
2000 - 2009	65	0.0014	0.0243
2010 - 2019	69	0.0011	0.0161

*Figuur 27  
Gewogen  
gemiddelde  
Overmortaliteit per  
decade*



Het beeld over hittesterfte wordt gedomineerd door uitschieters in 2006, 2018 en 2019 (zie Tabel 3 voor de maximale overmortaliteit in deze periode), echter over de gehele linie is er dus een dalende trend. De maximale overmortaliteit in 2006 is lager dan het gewogen gemiddelde van de periode 1970-1979. Ook de maximale overmortaliteit in 2019 is vergelijkbaar met het gewogen gemiddelde van enkele decennia eerder. In 2018 was er nauwelijks sprake van verhoogde overmortaliteit onder de gehele bevolking maar wel onder 80+ers.

De oorzaak van deze trend is niet onderzocht maar gezonder leven en een gezondere leefomgeving inclusief hitteplannen liggen voor de hand. We gaan hierdoor steeds minder dood door hitte omdat de omstandigheden en onze conditie beter zijn (en dat we die beter in de gaten houden). We komen dan meer en meer dood te overlijden door andere oorzaken, die meer random zijn verdeeld (en wel een relatie hebben met temperatuur maar niet met hitte events).

*Tabel 3  
maximale  
overmortaliteit in  
hitte events 2006,  
2018 en 2019*

	Gehele bevolking	80+ers
1975	0.0057	0.14
2006	0.0031	0.07
2018	0.0014	0.04
2019	0.0026	0.05

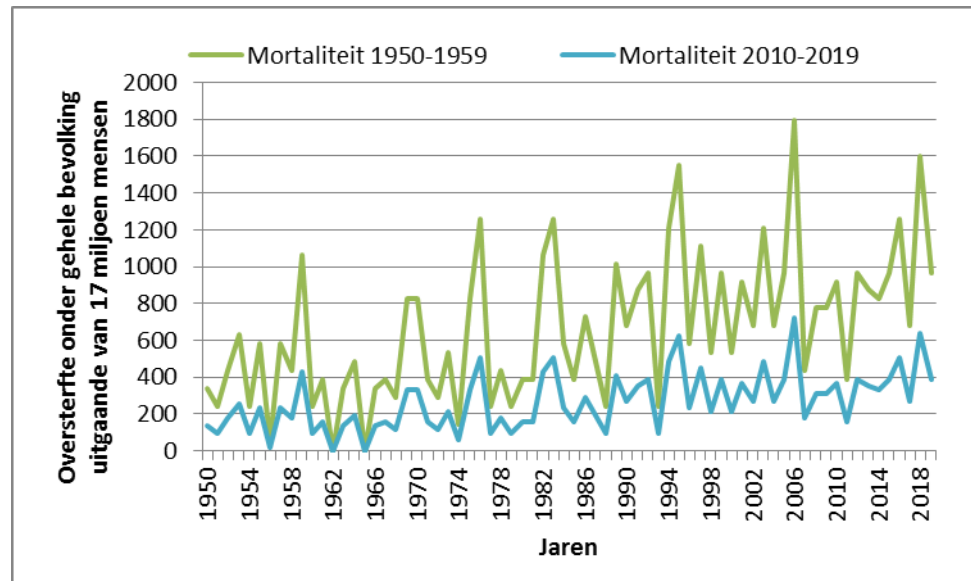
De overmortaliteit kan vervolgens worden gebruikt om de oversterfte te bepalen. Omdat de sterke relatie die we zien in de studie het voorkomen van hitte events is (en niet zozeer het verschil in temperatuur, temperatuursprong of de duur), hebben we een schatting gemaakt van de oversterfte op basis van het aantal dagen warmer dan 20 graden (zie Figuur 19). Hierbij zijn we uitgegaan van een populatie van de bevolking zoals deze er nu (ongeveer) is:

- Een bevolking van 17 miljoen mensen;
- Een 80 plus populatie van 1 miljoen mensen.

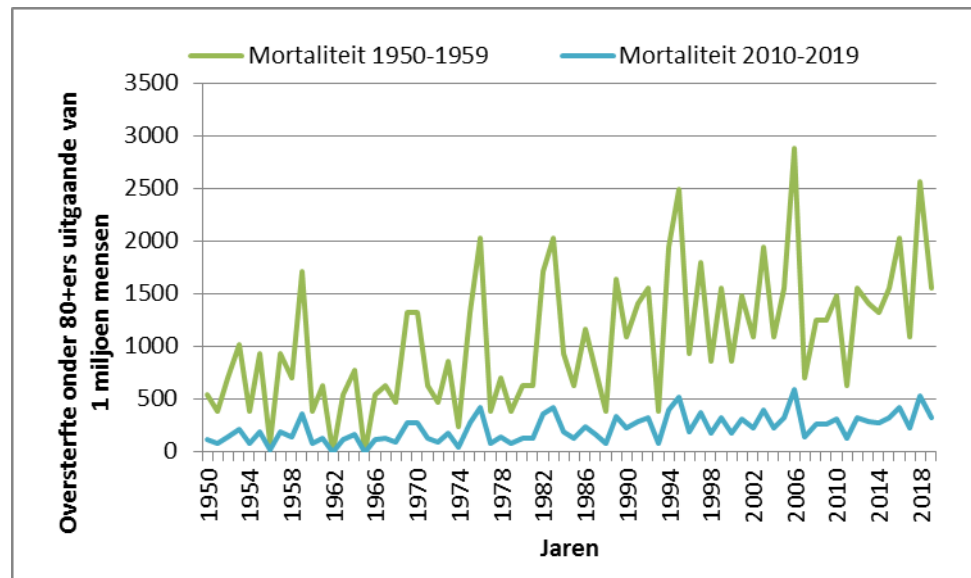
In Figuur 28 is een benadering opgenomen van de oversterfte zoals we die op basis van de overmortaliteitscijfers hadden verwacht op basis van het aantal dagen van hitte events uit de periode 1950-2019. Voor de gehele bevolking is er een lichte stijging te zien in de totale oversterfte over de jaren. In Figuur 29 is eenzelfde figuur gemaakt voor 80+ers uitgaande van 1 miljoen mensen. Uit beide figuren blijkt dat ondanks de dalende overmortaliteit de absolute oversterfte wel (licht) stijgt. Dat komt doordat er meer warme dagen zijn. Dit effect kan nog licht worden versterkt omdat er ook meer extra warme dagen zijn, hitteperiodes langer kunnen worden en vaker voor kunnen komen (met meer temperatuursprongen).

Verder vergelijken van Figuur 28 en Figuur 29 laat ook de beperkingen van de huidige tijdsreeks aan sterfte gegevens zien. Deze reeks is niet homogeen. De groep 80+ers in de jaren 50 was in algemene zin veel kwetsbaarder dan in de huidige situatie. Deze kwetsbaarheid kan zich ook uiten in een hogere mortaliteit bij hitte, zoals we gezien hebben in de analyse. Dit kan niet anders verklaard worden dan op basis van de levensverwachting van deze groep die over de jaren is toegenomen.

*Figuur 28  
Benaderde jaarlijks  
gemiddelde  
oversterfte voor de  
gehele bevolking op  
basis van 17 miljoen  
mensen op basis van  
een overmortaliteit  
uit de periode 1950-  
1959 en 2010-2019*



*Figuur 29  
Benaderde jaarlijks  
gemiddelde  
oversterfte voor  
80+ers op basis van  
1 miljoen mensen op  
basis van een  
overmortaliteit uit  
de periode 1950-  
1959 en 2010-2019*



In Tabel 4 is de gemiddelde oversterfte per decade gepresenteerd op basis van de getallen uit de bovenstaande figuren. Door onderscheid te maken in decades worden gebeurtenissen wat uitgemiddeld en kan wellicht een trend blijken. Zo blijkt dat de oversterfte door hitte toeneemt vooral omdat het aantal warme dagen stijgt. Tegelijk wordt de toename in perspectief geplaatst. Het effect van de toename in de periode 1950-2019 van de oversterfte is kleiner dan de daling in de overmortaliteit in dezelfde periode (vergelijk de vet gedrukte waarden in de tabel). Met andere woorden de oorzaken dat we minder gevoelig zijn voor hitte (andere leefomgeving, levensstijl en hitteplannen) hebben meer invloed op sterfte dan het veranderd klimaat. Een positieve uitleg is dat er effectieve aangrijpingspunten zijn om de oversterfte door hitte verder terug te brengen.



Tabel 4  
Trend jaarlijks  
gemiddelde decades  
op basis van  
benadering  
oversterfte

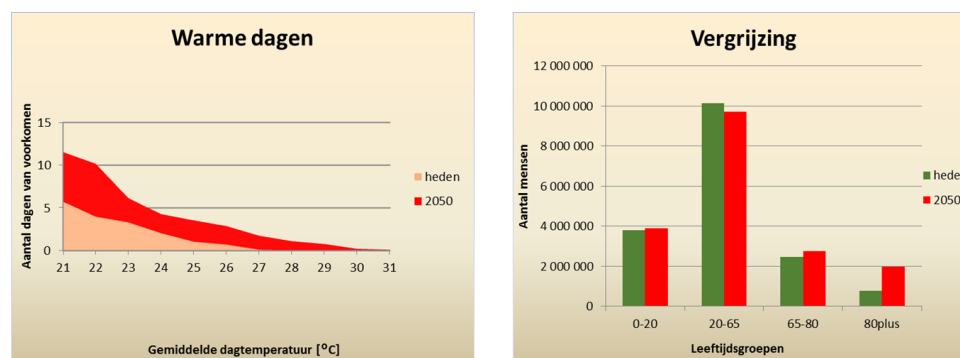
	Gehele bevolking		80+ers	
	Op basis van overmortaliteit van periode 1950-1959	Op basis van overmortaliteit van periode 2010-2019	Op basis van overmortaliteit van periode 1950-1959	Op basis van overmortaliteit van periode 2010-2019
1950 - 1959	<b>460</b>	185	<b>741</b>	153
1960 - 1969	329	132	530	110
1970 - 1979	518	208	834	173
1980 - 1989	654	262	1053	218
1990 - 1999	872	350	1404	290
2000 - 2009	877	352	1411	292
2010 - 2019	942	<b>378</b>	1516	<b>314</b>

## 4.5

### Prognoses voor de toekomst

In de eerdere studie is een prognose gemaakt van de sterfte door hitte in de toekomst uitgaande van het huidige beleid. Op basis van deze studie kan de prognose worden ge-update op basis van het huidige beleid. In Figuur 30 zijn prognoses opgenomen voor de ontwikkelingen van klimaat en de bevolking tot 2050. Het aantal (extra) warme dagen neemt toe met een factor 3 in het WH scenario voor het klimaat. Daarnaast zal de populatie ouderen verdubbelen, echter tegelijk zien we dat de kwetsbaarheid van de groep 80+ers afneemt (vooral omdat er meer vitale mensen zijn in deze groep). We veronderstellen dat de combinatie van ouder worden en meer vitaliteit in deze groep elkaar opheffen. Dan resteert een toename van een factor 3 in sterfte door het klimaat bij ongewijzigd beleid (en niet doorzetten van de trend sinds 1950).

Figuur 30  
Toekomstprognose  
op basis van KNMI  
WH scenario en  
bevolkings-  
ontwikkeling



Op basis van de huidige waarnemingen kan betoogt worden dat deze factor 3 door de toename van warme dagen een overschatting is. Immers uit de huidige tijdreeksen blijkt een afvlakkend effect in overmortaliteit bij extreme dagen. Daarnaast zal een belangrijke vraag zijn of het aantal hitte events met een factor 3 toeneemt of dat alleen de duur toeneemt.

In Tabel 5 is het effect op de oversterfte gepresenteerd, weer uitgaande van een bevolking van 17 miljoen mensen. De prognose is op basis van de toename van het aantal warme dagen dat de hittesterfte in absolute omvang bij ongewijzigd beleid (en niet doorzetten van de trend) toeneemt, en relatief gezien overeen komt met de situatie een eeuw geleden. De inschattingen voor de groep 80+ers zijn iets optimistischer dan voor de gehele bevolking. De indruk van de auteurs is dat deze inschatting aan de pessimistische kant is. Desalniettemin is de verwachte oversterfte zeker significant. Dat komt ook omdat de huidige oversterfte door hitte in 2010-2019 ongeveer 30% hoger is dan geraamd in de eerdere studie. Dat komt omdat niet alleen is gekeken naar hitte golven maar ook naar andere warme periodes.

*Tabel 5  
Prognose jaarlijks  
gemiddelde  
oversterfte door  
hitte in 2050 in  
perspectief ten  
opzichte van periode  
1950-1959 en 2010-  
2019*

	Gehele bevolking	80+ers
Overmortaliteit 1950-1959	942	1516
Overmortaliteit 2010 - 2019	378	<b>314</b>
Prognose 2050	1134	942

## 4.6

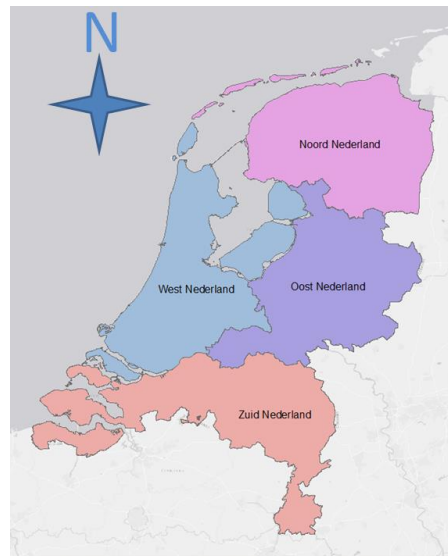
### Correlatie tussen ruimtelijke factoren en mortaliteit

In dit hoofdstuk onderzoeken we of er een verband is tussen de kenmerken van ruimtelijke omgeving en mortaliteit. Dit doen wij op het niveau van landsdelen.

Het CBS onderscheid in Nederland vier landsdelen (Figuur 31):

- Noord Nederland (Groningen, Friesland en Drenthe),
- Oost Nederland (Overijssel en Gelderland),
- West Nederland (Flevoland, Utrecht, Noord-Holland en Zuid-Holland)
- Zuid Nederland (Zeeland, Brabant en Limburg).

*Figuur 31  
Kaart met de  
indeling van de vier  
landsdelen*



Het oppervlak van ieder landsdeel is weergegeven in Tabel 6.

*Tabel 6  
Oppervlak per  
landsdeel*

Landsdeel	Oppervlak per landsdeel (ha)
Noord Nederland	864200
Oost Nederland	852500
West Nederland	883500
Zuid Nederland	912700

In de navolgende paragrafen worden de per ruimtelijke parameter beschreven hoe een ruimtelijke parameter is bepaald en hoe deze zich verhoudt tot de mortaliteit. Een toelichting van de gebruikte geografische bronbestanden is opgenomen in Hoofdstuk 3.

#### 4.6.1 Mortaliteit bevolking ouder dan 80 jaar per landsdeel

De mortaliteit van de bevolking van 80 jaar en ouder is berekend voor warme dagen ( $T > 20^{\circ}\text{C}$ ) gemiddeld over de periode 1995-2019. Omdat de periode 1995 – 2019 veel korter is dan 1950 – 2019 is de invloed van de levensverwachting kleiner).

Voor de berekening is de dagelijkse mortaliteit van personen per dag per provincie in de leeftijdscategorie ouder dan 80 jaar gebruikt. Tevens zijn de bevolkingsomvang gegevens per 1 januari van ieder jaar toegepast. De berekende mortaliteit voor de leeftijdsgroep van 80 jaar en ouder is opgenomen in Tabel 7. Opvallend is dat de gemiddelde mortaliteit in Noord en Zuid Nederland hoger is dan in de rest van Nederland.

Tabel 7  
Gemiddelde mortaliteit van de bevolking ouder dan 80 jaar in de periode 1995-2019 per landsdeel

Landsdeel	Mortaliteit bevolking 80+(promille) 1995-2019 (T>20 °C)
Noord Nederland	0.332
Oost Nederland	0.307
West Nederland	0.305
Zuid Nederland	0.372

#### 4.6.2

#### Bebouwd gebied

De omvang van het bebouwd gebied per landsdeel is bepaald met de kaart Bebouwd Gebied. Deze kaart geeft in Nederland alle gebieden weer die verstedelijkt zijn. Per landsdeel is het totale oppervlak van het bebouwde gebied bepaald en gerelateerd aan het totale oppervlak van het landsdeel (percentage). Het resultaat van deze analyse is onderstaand weergegeven.

Tabel 8  
Bebouwd gebied per landsdeel

Landsdeel	Bebouwd gebied per landsdeel	
	ha	percentage [%]
Noord Nederland	48192	5.6
Oost Nederland	70680	8.3
West Nederland	146175	16.5
Zuid Nederland	102586	11.2

De verwachting is dat de hogere mortaliteitscijfers voor Noord Nederland en Zuid Nederland terug te zien zijn in de percentages van de bebouwde gebieden. Dit zou op twee verschillende wijzen tot uiting kunnen komen. In de eerste plaats neemt de temperatuur in stedelijke gebieden sterker toe dan in landelijke gebieden: dit kan resulteren in een hogere mortaliteit. Aan de andere kant is het mogelijk dat hitteplannen beter werken in verstedelijkte gebieden, wat zou resulteren in juist een lagere mortaliteit in meer verstedelijkte landsdelen.

De resultaten laten zien dat er geen eenduidige relatie lijkt te bestaan op landsdeelniveau tussen enerzijds Noord- en Oost Nederland met een hogere mortaliteit en West- en Oost Nederland met een lagere mortaliteit.

#### 4.6.3

#### Agrarisch groen

De hoeveelheid agrarisch groen per landsdeel is bepaald met de kaart 'Agrarische Areaal Nederland'. Deze kaart geeft alle percelen weer die een agrarische functie hebben. Per landsdeel is het areaal agrarisch gebied bepaald en gerelateerd aan het totale oppervlak van het landsdeel (percentage). Het resultaat van deze analyse is onderstaand weergegeven.

Tabel 9  
Agrarisch areaal per  
landsdeel

Landsdeel	Agrarisch areaal per landsdeel	
	ha	percentage [%]
Noord Nederland	553802	64,1
Oost Nederland	445998	52,3
West Nederland	412610	46,7
Zuid Nederland	476669	52,2

De verwachting is dat de relatief hogere mortaliteitscijfers voor Noord Nederland en Zuid Nederland terug te zien zijn in de percentages van de agrarische arealen, omdat opwarming van agrarisch gebied minder snel verloopt dan in stedelijk gebieden. Mogelijk hebben agrarische gebieden dus een temperatuurstijging dempend effect.

De resultaten in de Tabel laten zien dat een hoger percentage agrarisch areaal in Noord Nederland overeenkomt met hogere mortaliteit van Noord Nederland. Voor Zuid Nederland geldt dat de mortaliteit ook hoger is dan in West- en Oost Nederland. Het agrarisch areaal is echter in Limburg niet hoger dan in West- En Oost Nederland. De mortaliteitsverhoudingen lijken dus niet gecorreleerd met het agrarisch areaal per landsdeel.

#### 4.6.4

#### Stedelijk groen

De hoeveelheid groen in stedelijke gebieden per landsdeel is bepaald met de kaart 'Bodemgebruik' van het CBS. Het resultaat van deze analyse is onderstaand weergegeven.

Tabel 10  
Areaal groen in  
bebouwde gebieden  
per landsdeel

Landsdeel	Groen areaal per landsdeel		
	Oppervlak bebouwd (ha)	Oppervlak groen binnen bebouwd gebied (ha)	Percentage groen in bebouwd gebied [%]
Noord Nederland	48192	3775	7.8
Oost Nederland	70680	5475	7.7
West Nederland	146175	15761	10.8
Zuid Nederland	102586	7935	7.7

Uit de Tabel blijkt dat de percentages groen in bebouwde gebieden in drie landsdelen vrijwel identiek zijn (Noord, Oost en Zuid Nederland). De steden in West Nederland zijn duidelijk groener. De verwachting is dat groenere steden een lager mortaliteit kennen omdat groen zorgt voor verkoeling.

De relatief hogere mortaliteitscijfers voor Noord Nederland en Zuid Nederland zijn niet terug te zien in lage percentages voor groen in bebouwde gebieden. Ook de relatief hoge waarde voor stedelijk groen van West Nederland is niet terug te zien in de vorm van een lage mortaliteit in West Nederland.

#### 4.6.5

#### Open water

Op basis van CBS-bestand 'Bodemgebruik' is het oppervlak van openwater binnen 'het vasteland' per landsdeel bepaald. Het oppervlak van buitenwater, bijvoorbeeld IJsselmeer, Waddenzee, Noordzee of Haringvliet is dus per landsdeel niet meegenomen. De volgende tabel toont de verhouding van het areaal openwater ten opzichte van het provinciaal grond oppervlak. Het resultaat van de analyse is weergegeven in de onderstaande tabel.

*Tabel 11  
Oppervlak open  
water per landsdeel*

Landsdeel	Openwater per landsdeel	
	ha	%
Noord Nederland	18982	2.2
Oost Nederland	11226	1.3
West Nederland	26344	3.0
Zuid Nederland	15800	1.7

De verwachting is dat de relatief hogere mortaliteitscijfers voor Noord Nederland en Zuid Nederland terug te zien zijn in hogere percentages voor het open water vanwege een mogelijk temperatuur regulerend effect. Uit de Tabel blijkt niet dat het oppervlak aan open water bijdraagt aan een lagere mortaliteit.

#### 4.6.6

#### Hitte Eiland Effect (UHI)

De UHI-kaart van het RIVM is gebruikt om per landsdeel te bepalen hoe groot het oppervlak stedelijk gebied is dat getroffen wordt door UHI gebieden met een verhoogde temperatuur van meer dan 0.5 graad.

*Tabel 12  
Areaal groen in  
bebouwde gebieden  
per landsdeel*

Landsdeel	Groen areaal per landsdeel		
	Oppervlak bebouwd (ha)	Oppervlak UHI> 0.5 °C binnen bebouwd gebied (ha)	Percentage groen in bebouwd gebied [%]
Noord Nederland	48192	21761	45.1
Oost Nederland	70680	54517	77.1
West Nederland	146175	124872	85.4
Zuid Nederland	102586	78248	76.2

Uit de Tabel blijkt dat in de bebouwde gebieden van Oost-, West- en Zuid Nederland meer dan 75% van het bebouwd oppervlak invloed ondervindt van het UHI met meer dan 0.5°C . De verwachting is dat als meer stedelijk gebied wordt getroffen door verhoogde nachtelijke temperaturen, dat dan de sterfte ook groter is.

De relatief hogere mortaliteitscijfers voor Noord Nederland en Zuid Nederland zijn niet terug te zien in de percentages voor bebouwd gebied dat wordt getroffen door het UHI effect. Dit percentage is juist lager, vooral in Noord Nederland.

#### 4.6.7

### Ouderdom van de woningvoorraad bouwjaar van woningen

In Tabel 13 is de samenstelling van de bebouwing opgenomen. Het gemiddeld bouwjaar van alle landsdelen ligt tussen 1970 en 1976. In de tabel is de spreiding over verschillende bouwjaren opgenomen. Op landsdeelniveau lijken er geen relaties te identificeren in relatie tot mortaliteit.

*Tabel 13  
Samenstelling  
bebouwing*

Landsdeel	Areaal Totaal aantal woningen (x1000)	Bouwjaar						
		voor 1945	45- 64	65- 74	75- 84	85- 94	95- 04	05 en later
Noord Nederland	600	17%	15%	21%	15%	13%	11%	8%
Oost Nederland	1097	13%	15%	20%	16%	14%	12%	10%
West Nederland	3369	22%	14%	15%	15%	13%	11%	9%
Zuid Nederland	1469	12%	18%	20%	16%	15%	11%	9%





# 5 Conclusies, aanbevelingen en discussie

Op basis van het onderzoek is de volgende conclusie opgesteld:

- Er is een duidelijke relatie tussen hogere sterfte en de gemiddelde dagtemperatuur van De Bilt, bij temperaturen kouder en warmer dan (gemiddeld) 16,5 graden neemt de sterfte toe. De groep 80+ers is het meest kwetsbaar. Een vergelijkbare relatie wordt gevonden als de analyse wordt uitgevoerd op basis van de maximale temperatuur. De relatie tussen de ontwikkeling van de windsnelheid en luchtvochtigheid over de jaren lijkt geen verband te hebben met de mortaliteit.
- Tijdens een hitte event (in dit onderzoek gedefinieerd als een periode van dagen met een daggemiddelde temperatuur groter dan 20 graden) is er een verhoogde kans op sterfte. De verhoogde kans op sterfte wordt bepaald door:
  - Het optreden van een hitte event (het effect van de omvang van een temperatuursprong lijkt beperkt);
  - De gemiddelde temperatuur tijdens een hitte event, hoe hoger des te hoger de overmortaliteit (dus hoeveel mensen extra overlijden als gevolg van een hitte gebeurtenis van meer dan gemiddeld 20 graden);
  - De duur van het event, bij dueren van langer dan 10 dagen zijn er indicaties dat er een hogere overmortaliteit is.
- Als we sterfte door hitte relatief bekijken dan is er sinds 1950 al sprake van een trend waarin de overmortaliteit met vrijwel gelijke tred afneemt tijdens hitte events. Sinds 1950 is de overmortaliteit afgenomen met ongeveer een factor 5 voor 80+ers en een factor 2.5 voor de gehele Nederlandse bevolking. Gedurende de periode 1950 – 2019 is ook de ruimtelijke leefomgeving en de levensstijl veranderd, ondanks dat gewerkt is met een jaarlijkse overmortaliteit, is dit effect nog wel zichtbaar in de data. Dit is een verklaring waarom de hogere overmortaliteit van de extreme gebeurtenissen sinds 2006 over komen met de gemiddelde overmortaliteit van decennia geleden. Met andere woorden, nu overlijden mensen door hitte maar enkele decennia geleden was het nog veel slechter. De extremen in overmortaliteit in het nu zijn gemiddeldes uit het verleden.

- Als we sterfte door hitte absoluut bekijken, concluderen we dat, ondanks de afnemende overmortaliteit bij hitte events er wel een stijgende trend is in de absolute oversterfte door hitte events. Dit komt omdat het aantal warme dagen toeneemt (en kan in mindere mate worden versterkt omdat deze dagen ook warmer worden en de duur toeneemt). Tegelijk wordt de toename in perspectief geplaatst van ontwikkelingen uit het verleden. Het effect van de toename in de periode 1950-2019 van de oversterfte is kleiner dan het effect van de daling in de overmortaliteit in dezelfde periode. Met andere woorden de oorzaken dat we minder gevoelig zijn voor hitte (andere leefomgeving, levensstijl en hitteplannen) hebben meer invloed op sterfte dan het veranderd klimaat. Een positieve uitleg is dat er effectieve aangrijpingspunten zijn om de oversterfte door hitte verder terug te brengen.
- De vergelijking tussen de mortaliteit en ruimtelijke factoren (groen, open water, bebouwd gebied, hitte eiland en bouwjaar) levert op landsdeel geen inzichten op in relaties tussen deze factoren. Op basis van de verschillende verhoudingen kan niet onderbouwd worden of er een relatie is.

### Kanttekeningen

Wat zijn de beperkingen van het onderzoek vanwege de gebruikte databestanden:

- De samenstelling van de groep 80+ers is flink veranderd. Kortweg zijn er in de loop der jaren veel meer vitale 80+ers bijgekomen waardoor er ook relatief minder door hitte overlijden (versterkt door de veranderende ruimtelijke omgeving en de hitteplannen).
- De statistische reeks van sterfte gekoppeld aan leeftijdsklassen is niet homogeen. Alhoewel correcties zijn uitgevoerd voor de omvang van de bevolking en de overmortaliteit per seizoen is bepaald zien we nog steeds dat de reeks niet homogeen is.
  - De mortaliteit onder de groep 80+ is afgenomen over de jaren, terwijl de groep in omvang is toegenomen. Er zijn blijkbaar meer gezonde ouderen;
  - De levensstijl en de omgeving is veranderd over de jaren en lijkt invloed te hebben over de relatie tussen sterfte en hitte.Een verdere verdieping kan worden bereikt door het definiëren van nieuwe klassen van levensjaren, niet gekoppeld aan leeftijd maar aan levensverwachting.
- Een hitte event is gedefinieerd op basis van een periode van gemiddeld 20 graden of meer. Uit het onderzoek zien we dat ongeacht de temperatuur, duur of temperatuursprong er sprake lijkt van een bepaalde basisovermortaliteit die gerelateerd is aan het voorkomen van een event. Niet onderzocht is of deze basisovermortaliteit een gevolg van is van de keuze van 20 graden als criterium (immers het optimum ligt op 16,5 graad).

## Discussie

De huidige uitwerking van hittesterfte is gebaseerd op het absolute aantal slachtoffers. Dit maakt het mogelijk om vergelijkingen te maken met andere oorzaken van overlijden en om verschillende gebeurtenissen te analyseren.

Er bestaan echter meerdere manieren om de effecten van gebeurtenissen of risico's met elkaar te vergelijken. Afhankelijk van de gekozen invalshoek kunnen zo vergelijkingen worden gemaakt tussen effecten. De mate waarin risico's geaccepteerd worden is ook afhankelijk van de aard van het risico en hoe het risico zich manifesteert. Voor activiteiten die men vrijwillig ondergaat (als bergbeklimmen) is men bereid een hoger risico te accepteren dan voor zaken die men overkomt (een gasexplosie of natuurgeweld). Ook maakt het in de aandacht voor risico's uit of slachtoffers verspreid over het land en in de tijdvallen of dat er bij een duidelijk te markeren gebeurtenis opeens 50 slachtoffers vallen.

Het beoordelen van risico's en onderling vergelijken roept het ook ethische vragen op, is het ene slachtoffer meer of minder waard dan de andere? En wat zijn de gevolgen van deze keuzes. In de Nederlandse grondwet is er veel aandacht voor gelijkwaardigheid. Tegelijkertijd zijn er begrippen als proportionaliteit en doelmatigheid. Vanuit de overheid gaat het ook om het doelmatig uitgeven van belastinggeld. Vanuit verzekeringsmaatschappen en zorgverlening wordt er ook onderscheid gemaakt in de mate van zorg die wordt verleend gekoppeld aan leeftijd en levensperspectief. Ondanks de gelijkwaardigheid worden er dus toch keuzes gemaakt. Voor de bescherming tegen dijkdoorbraken is dat ingevuld met een minimale basisveiligheid die overal geldt in Nederland, en indien het economisch aantrekkelijk is om de eisen nog verder aan te schroeven.

Het verdient aanbevelingen voor bestuurlijke afwegingen wat wel een niet acceptabel is (en wat het mag kosten) om verschillende perspectieven naast elkaar te zetten. Voorbeelden zijn:

- Absolute aantallen van slachtoffers, hierbij wordt geen onderscheid gemaakt.
- Op basis van een ziektelast (wat nu al plaatsvindt in de zorgsector). Hierbij wordt rekening gehouden met de leeftijd en het behandelingsperspectief. Een nadeel van deze methode is dat het lastig is vergelijken met doodsoorzaken buiten de zorgsector. Daarnaast is het de vraag of het bij hitte van doorslaggevende waarde is omdat het bij hitte vooral gaat over de meest kwetsbare. Deze hebben vrijwel allen een hoge leeftijd en relatief nog een kort leven.
- Op basis van de 'Economic value of loss of life'. Met deze waarde wordt een mensenleven gewaardeerd. De waarde is afhankelijk van het type risico. Bij overstromingen wordt een waarde gebruik van 6,7 Miljoen euro.

## Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de dataset te homogeniseren. Binnen de huidige uitwerking van overmortaliteit zien we dat er effecten zijn van andere

levensstijlen en de ruimtelijke omgeving. Hierdoor is de data niet een op een vergelijkbaar. Het verdient aanbeveling om verder onderzoek te doen naar het mogelijk detrenden van de waarnemingen voor deze effecten.

Aanbevolen wordt om de relatie tussen oversterfte en overmortaliteit en de ruimtelijke factoren verder onder onderzoeken op een kleiner schaalniveau. Immers het is ook de ambities om ruimtes (zowel buiten als binnen) beter in te richten in verband met hitte. Voor het daadwerkelijk kunnen maken effectieve ontwerpen van de ruimte is het van belang om de relatie met hitte te onderbouwen.

Het verdient aanbeveling om de slachtofferfunctie (8 slachtoffers per graad boven gemiddeld 20 graden per dag) te updaten. Aanbevolen wordt dat niet te doen op basis van de huidige dataset voor 1950 – 2019 vanwege de kanttekeningen over uniformiteit. Aanbevolen wordt hiervoor ofwel eerst de dataset te homogeniseren, ofwel de functie te baseren op data uit de periode 2010-2019 zodat die het meest overeen komt met de huidige situatie. De functie is een variabele van:

- Een vaste waarde voor overmortaliteit op basis van het optreden van een hitte event.
- Het aantal dagen van een event.
- De gemiddelde temperatuur op een dag. Een toename van de overmortaliteit als functie van de temperatuur (binnen een range van 20-25 graden, bij een verdere toename duiden de huidige waarnemingen op het afvlakken van de toename)
- De duur van het event. Een relatie met de duur waarbij bij dueren van meer dan 10 dagen rekening wordt gehouden met een hogere overmortaliteit.

## 6 Referenties

### Schram, 2015

Ziek door het veranderende klimaat. Stichting Biowetenschappen en Maatschappij. Publicatie op NEMO Kennislink op 29 september 2015, zie <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/ziek-door-het-veranderende-klimaat/>

### CBS, 2018

Hitte heeft niet geleid tot veel meer sterfte. [https://www.cbs.nl/nl-nl-nieuws/2018/33/hitte-heeft-niet-geleid-tot-veel-meer-sterfte](https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/33/hitte-heeft-niet-geleid-tot-veel-meer-sterfte)

### Kovats en Hajat, 2008

Heat Stress and Public Health: A Critical Review. Annual Review of Public Health, 29:41-55

### Huynen et al., 2001

Huynen M.M.T.E., Martens P., Schram D., Weijenberg M.P., Kunst A.E., 2001. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population: Environmental Health Perspectives, v. 109, p. 463-470.

### Rovers et al., 2014

Rovers V., Bosch P., Albers R., 2014. Eindrapport Climate Proof Cities 2010-2014. TNO 129/2014

### Döpp et al., 2011.

Döpp S., Klok L., Janssen S., Jacobs C., Heusinkveld B., Kleerekoper L., Lenzholzer S., Brolsma R., Blocken B., Bosch P., Heijden M. van der, Daanen H., Timmermans H., Hensen J., Broeke H. ten, Klemm W., Uittenbroek C., 2011. Kennismontage Hitte in de Stad. TNO-060-UT-2011-01053

### Voogt en Oke, 2003

Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, 86(3), 370-384.

### Höppe, 1999

The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology, 43, 71-75.

### Hoeven en Wandl, 2014

Hoe ruimte Rotterdam warmer maakt, hoe dat van invloed is op de gezondheid van de inwoners, en wat er aan te doen is. TU Delft, Faculteit Bouwkunde, Delft.

### Le Grand et al., 2014

Le Grand A., Duijm F., Greven F., Loenhout J. van, Zuurbier M., Hoek G., 2014. Blootstelling aan hitte bij ouderen in stadswoningen. Rapport GGD Gelderland-Midden, GGD-Groningen en UU-IRAS. <https://www.academischewerkplaatsmmk.nl/>

### Factsheet Climate Proof Cities

Hittestress. Doelgroep: GGD, verzorgingstehuizen, ziekenhuizen.

### Daanen et al., 2010

Daanen H.A.M., Simons M., Jansse S.A., 2010. De invloed van hitte op de gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam. TNO-DV 2010 D248. In opdracht van het ministerie van VROM.

**Meer et al., 2012**

Meer G. de, Aarts F., Broek I. van den, Bruggen M. van, Daanen H.A.M., 2012. GGD-richtlijn medische milieukunde Gezondheidsrisico's van zomerse omstandigheden. RIVM Rapport 609400007/2012. In opdracht van het ministerie van VWS.

**EEA, 2017**

Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. EEA Report 2/2012, EEA, Copenhagen. 143 pp., doi:10.2800/41895.

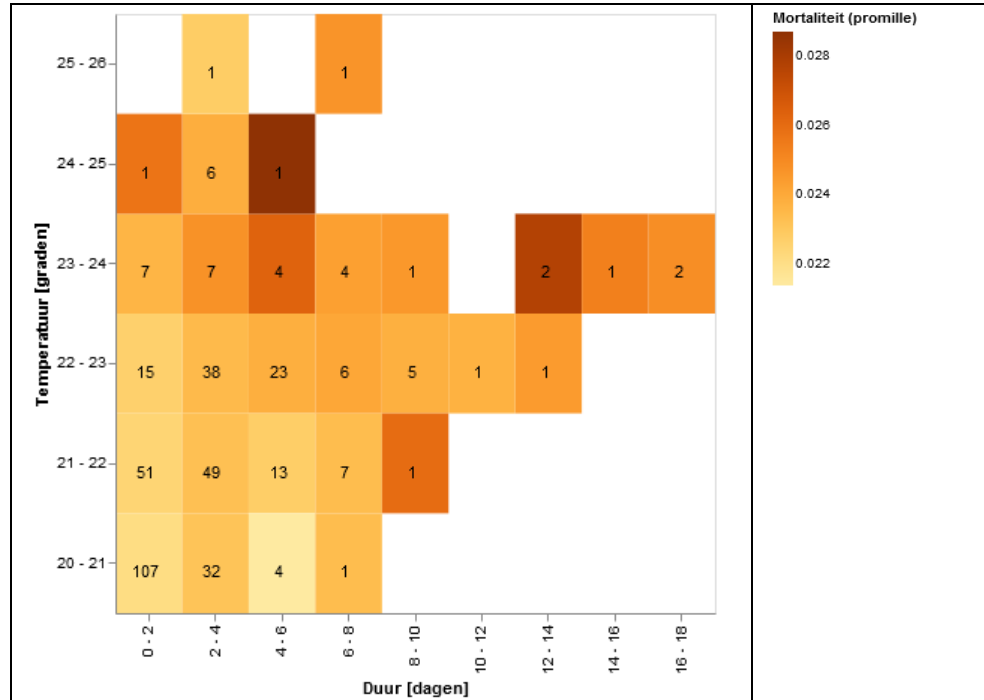
# Bijlagen



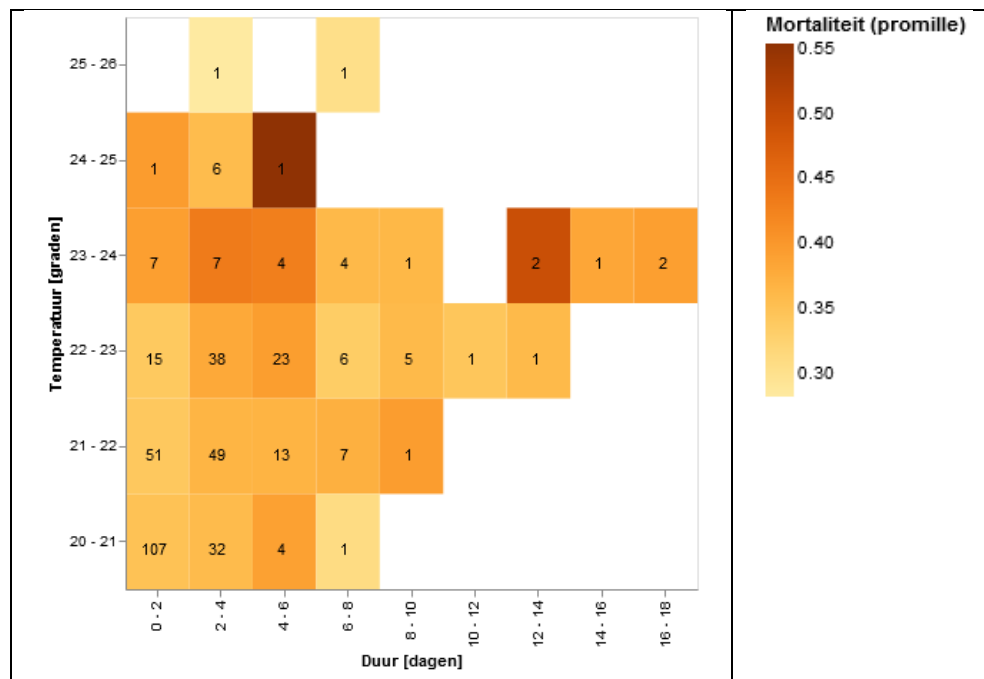


# A Mortaliteit

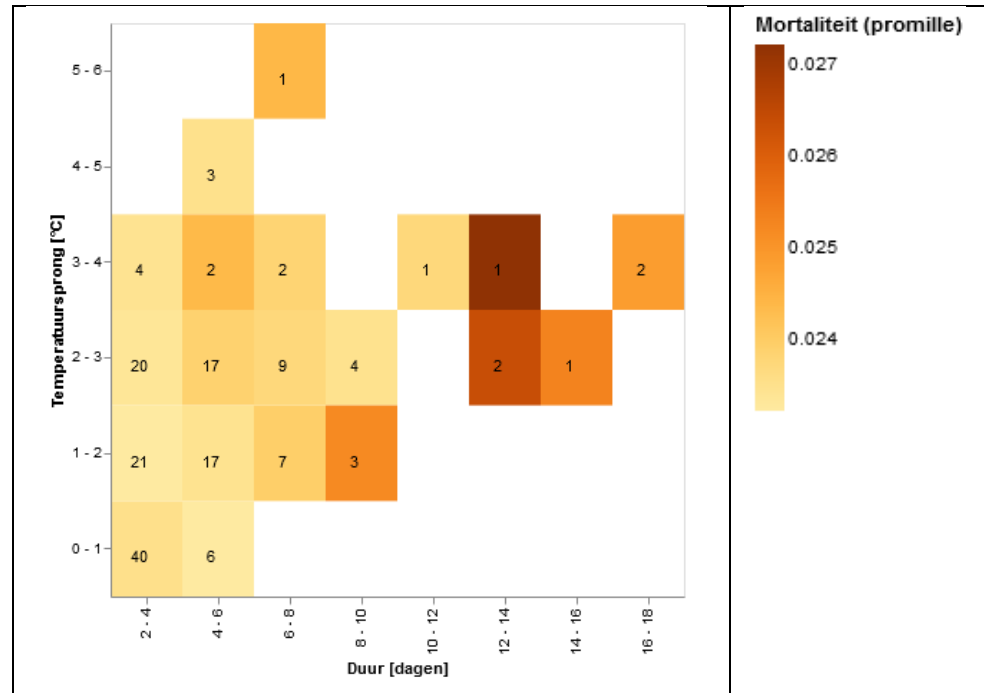
*Figuur 32  
Mortaliteit per klasse van gemiddelde temperatuur en duur voor gehele bevolking. Per klasse is met het getal het aantal events weergegeven in de periode 1950-2019*



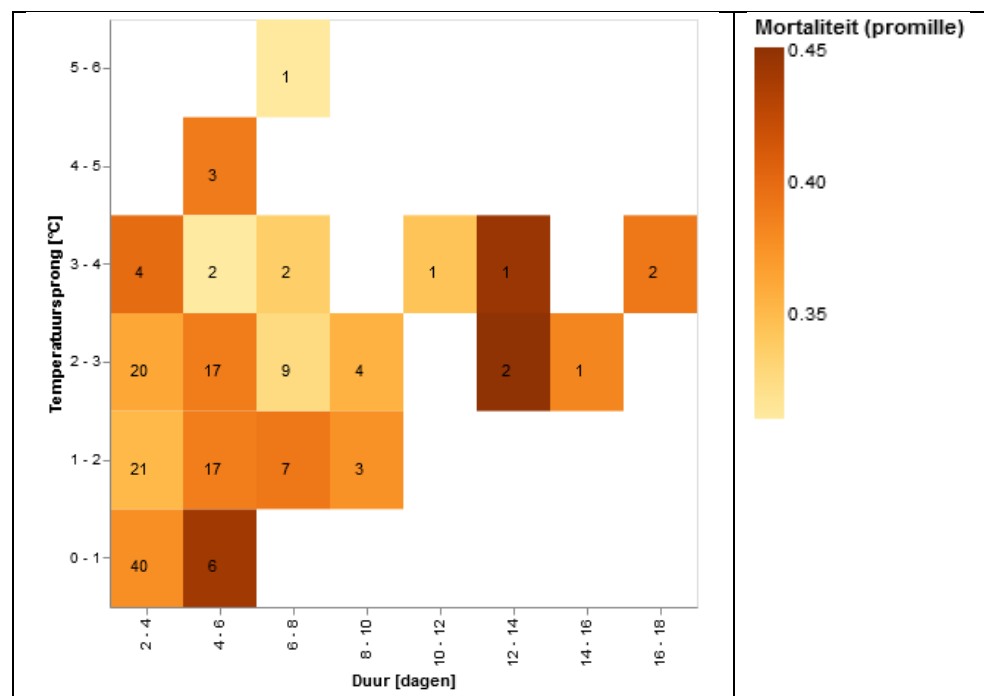
*Figuur 33  
Mortaliteit per klasse van gemiddelde temperatuur en duur voor de 80+ populatie. Per klasse is met het getal het aantal events weergegeven in de periode 1950-2019*



*Figuur 34  
Mortaliteit per klasse van temperatuursprong en duur voor gehele bevolking. Per klasse is met het getal het aantal events van meer dan 1 dag weergegeven in de periode 1950-2019*



*Figuur 35  
Mortaliteit per klasse van temperatuursprong en duur voor de 80+ populatie. Per klasse is met het getal het aantal events van langer dan 1 dag weergegeven in de periode 1950-2019*





**HKV**