



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Effecten klimaat op gezondheid**

Actualisatie voor de Nationale  
Adaptatiestrategie (2016)

RIVM rapport 2014-0044

S. Wuijts et al.





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Effecten van klimaat op gezondheid**

Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016)

RIVM Rapport 2014-0044

## Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

S. Wuijts,  
C. Vros,  
F.M. Schets,  
M.A.H. Braks,

met tekstbijdragen van A.J.H. van Vliet (WUR) en M.M.T.E. Huynen (ICIS, Universiteit Maastricht).

Contact:  
Susanne Wuijts  
[susanne.wuijts@rivm.nl](mailto:susanne.wuijts@rivm.nl)

Dit onderzoeksproject werd uitgevoerd in opdracht van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat ([www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)



## Publiekssamenvatting

### **Effecten klimaat op gezondheid:**

Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016)

Klimaatverandering kán de volksgezondheid beïnvloeden. De consequenties daarvan kunnen onder bepaalde omstandigheden groot zijn. Zo kunnen hittegolven, die meer ziekte- en sterfgevallen tot gevolg hebben, vaker voorkomen en vorstperioden juist minder vaak. Ook is het mogelijk dat het hooikoortsseizoen langer duurt en kunnen nieuwe ziekten en plagen ontstaan. Om hier beleidsmatig gericht op in te kunnen spelen, is het belangrijk om veranderingen goed te volgen. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat de bestaande monitoring en kennis over onderliggende processen moet worden versterkt.

Burgers kunnen zelf ook maatregelen nemen om beter om te gaan met de effecten van klimaatverandering. De overheid zou burgers hierover moeten informeren, bij voorkeur per doelgroep. Een goed voorbeeld is het hitteplan dat ouderen tijdens een hittegolf moet stimuleren voldoende te drinken en zich niet te warm te kleden. Verder is het van belang klimaatmaatregelen te combineren met andere maatregelen, omdat deze kunnen bijdragen aan een verbetering van de leefomgeving, zoals meer groen in de stad.

Voorals ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen of hart- en vaatziekten blijken gevoelig voor extreme warmte tijdens hittegolven. Vaak overlijden zij eerder omdat hun gezondheidsklachten verergeren door de hitte; er zijn circa 13% meer sterfgevallen tijdens een hittegolf. Het effect van hitte is groter in stedelijke gebieden, omdat deze extra opwarmen en 's nachts minder afkoelen. Of sterfte afneemt door zachtere winters is nog onduidelijk.

Door klimaatverandering kan de blootstelling aan pollen en huismijt via de lucht toenemen. Door hogere temperaturen bloeien planten en bomen eerder en kunnen nieuwe soorten, zoals de sterk allergene Ambrosia, zich in Nederland vestigen. Hierdoor kan het pollenseizoen langer duren – in 2050 misschien zelfs een groot deel van het jaar – en kunnen klachten ernstiger zijn. Naar schatting kan het medicijngebruik voor hooikoortsklachten dan verdubbelen. De luchtkwaliteit versterkt deze hittestress en allergieklachten. Beleidsmaatregelen zouden erop gericht moeten zijn de luchtkwaliteit te verbeteren.

Klimaatverandering is een van de vele factoren die invloed heeft op de mate waarin infectieziekten voorkomen, maar onduidelijk is hoe die factoren zich tot elkaar verhouden. Volgens sommigen zijn maatschappelijke en economische factoren, zoals internationalisering, veel bepalender. Een uitbraak van een infectieziekte kan een grote maatschappelijke impact hebben. Een sterke monitoring is daarom van groot belang om tijdig te kunnen ingrijpen.

#### Trefwoorden:

Klimaatverandering, gezondheid, hittestress, infectieziekten, allergenen



## Abstract

### **The effects of climate change on health:**

Update for the National Adaptation Strategy (2016)

Climate change can affect public health. In certain circumstances, the consequences could be significant. Heatwaves, which are marked by a higher incidence of disease and increased mortality, may become more frequent. Periods of sub-zero temperatures may become less common. It is possible that the hay fever season will be extended, and that new diseases or other risks to public health emerge. If government policy is to respond to climate change effectively, it is important that all developments are closely monitored. A study conducted by RIVM concludes that the current monitoring system must be updated and improved, as must knowledge about the processes which underlie the effects of climate change.

Citizens can take measures themselves, which will help to offset the adverse effects of climate change. It falls to the government to inform the public about those measures, preferably tailoring the message to each target group. One example of government communication is the 'Heat Plan', which encourages the elderly to drink plenty of fluids during exceptionally warm weather and to dress appropriately. It is also important to combine climate measures with those in other policy areas. Introducing more greenery to the urban environment, for example, will not only offset the effects of climate change but will create a more pleasant human environment.

Senior citizens and people who suffer from respiratory or cardiovascular conditions are particularly susceptible to extreme temperatures. During a heatwave, mortality rises by approximately 13 per cent, largely due to the aggravation of pre-existing conditions. The effect of extreme temperatures is greater in the urban areas, which retain more heat by day and lose less heat at night. It is not yet clear whether milder winters will reduce mortality.

Climate change may also increase exposure to airborne allergens such as pollen and dust mites. Higher temperatures could encourage trees and plants to bloom earlier in the year, and may allow the establishment of new species such as the highly-allergenic ragweed in the Netherlands. The hay fever season will then be longer – perhaps extending through much of the year by 2050 – and the symptoms experienced by sufferers even more marked. It has been suggested that the use of medicines to manage those symptoms will double. Heat stress and allergic reactions will be exacerbated by air pollution. Government policy should therefore devote attention to improving air quality.

Climate change is just one of many factors which can influence the incidence and prevalence of infectious diseases. It is not yet clear how these factors relate to each other. Some researchers believe that social and economic factors, such as globalization, are of greater significance. An outbreak of an infectious disease can have a serious societal impact. It is therefore essential to respond to potential threats promptly, and this demands effective monitoring.

#### Key words:

Climate change, health, heat stress, infectious diseases, allergens



## Inhoudsopgave

### **Afkortingen – 9**

### **Samenvatting – 11**

### **Summary – 17**

## **1 Inleiding – 23**

- 1.1 Aanleiding – 23
- 1.2 Doel actualisatie risicobeeld Klimaat en Gezondheid – 24
- 1.3 Aanpak actualisatie risicobeeld Klimaat en Gezondheid – 24
- 1.4 Eerdere studies – 25
- 1.5 Opzet rapport – 27

## **2 Toestand en ontwikkeling volksgezondheid – 29**

- 2.1 Huidige toestand volksgezondheid – 29
- 2.2 Ontwikkelingen volksgezondheid in het VTV Trendsscenario – 30

## **3 Relevante ontwikkelingen klimaat en maatschappij tot 2050 – 33**

- 3.1 Deltascenario's – 33
- 3.2 KNMI(2014)-scenario's – 34
- 3.3 Relevante ontwikkelingen Deltascenario's voor gezondheid – 35

## **4 Directe gezondheidseffecten door klimaatverandering – 39**

- 4.1 Huidige situatie directe gezondheidseffecten klimaat – 39
- 4.2 Directe gezondheidseffecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving – 45

## **5 Effecten klimaatverandering op aeroallergenen – 49**

- 5.1 Huidige situatie aeroallergenen – 49
- 5.2 Effecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving op aeroallergenen – 51

## **6 Effecten klimaatverandering op infectieziekten – 57**

- 6.1 Huidige situatie infectieziekten – 57
- 6.2 Effecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving op infectieziekten – 58

## **7 Risicobeoordeling klimaatverandering voor gezondheid – 67**

- 7.1 Inleiding – 67
- 7.2 Beoordeling risico's – 67
- 7.3 Interactie met andere sectoren – 72

## **8 Handelingsperspectief – 75**

- 8.1 Beperken gezondheidseffecten door hitte – 75
- 8.2 Aeroallergenen – 76
- 8.3 Infectieziekten – 77
- 8.4 Nog te benutten kansen – 79

## **9 Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie – 81**

## **10 Kennislacunes – 85**

## **11 Conclusies en aanbevelingen – 87**

- 11.1 Conclusies – 87
- 11.2 Aanbevelingen – 88

**Referenties – 91**

**Bijlagen – 103**

**I Deltascenario's – 105**

**II Criteria Risicobeoordeling Klimaat op Gezondheid UK – 108**

**III Maatregelen temperatuurgerelateerde effecten – 110**

**IV Betrokkenen bij project – 112**

## Afkortingen

|                 |                                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| App             | Mobiele applicatie voor toepassing op smartphone of tablet            |
| BBP             | Bruto Binnenlands Product                                             |
| CBS             | Centraal Bureau voor de Statistiek                                    |
| CIB             | Centrum Infectieziektenbestrijding van het RIVM                       |
| CO <sub>2</sub> | Koolstofdioxide                                                       |
| COPD            | verzamelnaam voor chronische bronchitis en longemfyseem               |
| CPB             | Centraal Planbureau                                                   |
| DALY            | Disability-Adjusted-Life-Years                                        |
| ECDC            | European Centre for Disease Prevention and Control                    |
| ELON            | Europees Luchtweg Onderzoek Nederland                                 |
| GE              | Global Economy, één van de WLO-scenario's                             |
| GBD             | Global Burden of Disease                                              |
| GGD             | Gemeentelijke of Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst                 |
| GHOR            | Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio                   |
| ICD             | International Classification of Diseases                              |
| ICLEI           | Internationale vereniging lokale overheden voor duurzame ontwikkeling |
| ICT             | Informatie- en communicatietechnologie                                |
| KNMI            | Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut                        |
| KvK             | Kennis voor Klimaat                                                   |
| LUMC            | Leids Universitair Medisch Centrum                                    |
| MNP             | Milieu- en Natuurplanbureau, thans: PBL                               |
| NHG             | Nederlands Huisartsen Genootschap                                     |
| NVWA            | Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit                               |
| PBL             | Planbureau voor de Leefomgeving                                       |
| RC              | Regional Communities, één van de WLO-scenario's                       |
| RIVM            | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu                         |
| UV              | Ultraviolette straling                                                |
| TNO             | Technische innovatie- en kennisorganisatie voor leefomgeving          |
| VTV             | Volksgezondheid Toekomstverkenning                                    |
| VWS             | Ministerie Volksgezondheid Welzijn en Sport                           |
| WHO             | World Health Organization                                             |
| WLO             | Welvaart en Leefomgeving (toekomstscenario's)                         |
| WNV             | Westnijlvirus                                                         |
| WUR             | Universiteit van Wageningen                                           |
| ZonMw           | Nederlandse organisatie voor gezondheidsonderzoek en zorginnovatie    |



## Samenvatting

Het klimaat verandert wereldwijd en ook in Nederland. De gevolgen van klimaatveranderingen, zoals overstromingen, verspreiding van water- en vectoroverdraagbare ziekten en hittestress, kunnen economische en maatschappelijke impact hebben. Om deze impact te beperken heeft de landelijke overheid een Klimaatagenda opgesteld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013). Deze Klimaatagenda bevat de kabinetsvisie en daarbij behorende acties die in 2016 moet uitmonden in een Nationale Adaptatiestrategie. Strategieën voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening worden ontwikkeld in het Deltaprogramma. Voor de sectoren energie, transport (infrastructuur), ICT, gezondheid, natuur, landbouw en visserij zijn, in opdracht van Kennis voor Klimaat en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), in de eerste helft van 2014, de risico's en kansen van klimaatverandering in beeld gebracht en mogelijkheden voor adaptatie geïdentificeerd. Voorliggend rapport beschrijft het resultaat van de analyse voor de sector gezondheid. Het rapport vormt een actualisatie van eerder uitgebrachte studies (Huynen et al., 2008 en PBL, 2012). Daarbij is zo veel mogelijk gebruikgemaakt van de nadien verschenen literatuur.

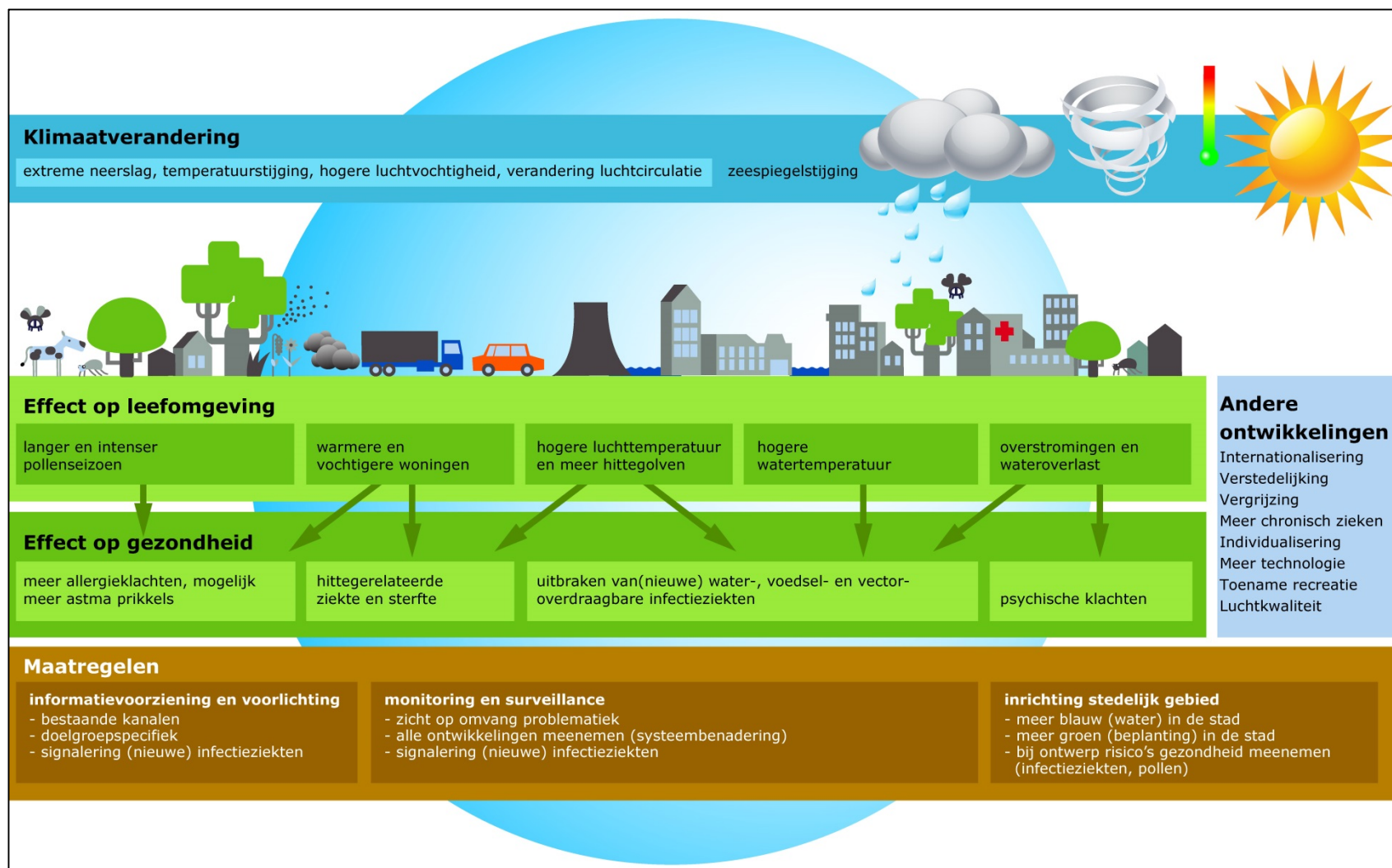
De gezondheidseffecten van klimatologische ontwikkelingen zijn beschreven voor drie hoofdgroepen van effecten (zie ook Figuur S.1):

- directe gezondheidseffecten waaronder temperatuurgerelateerde ziekte en sterfte;
- veranderingen in de ziektelast door allergieën door veranderingen in het voorkomen van allergenen zoals pollen, huismijt en schimmels;
- verschuivingen in het voorkomen en de ernst van vectoroverdraagbare, voedsel- en wateroverdraagbare infectieziekten.

De keuze voor het beperken van de uitwerking van gezondheidseffecten tot bovengenoemde drie groepen komt voort uit verschillende eerdere studies (WHO, 2012; US EPA, 2014; Hames en Vardoulakis, 2012 en Huynen et al., 2008). Daaruit wordt geconcludeerd dat voor Nederland de belangrijkste veranderingen voor deze groepen worden verwacht.

Voor de uitwerking is gebruikgemaakt van de toekomstbeelden die zijn geschetst in de Deltascenario's (Bruggeman et al., 2011). Deze scenario's zijn bedoeld voor het ontwikkelen van beleidsstrategieën op de langere termijn. De scenario's beschrijven mogelijke toekomstbeelden voor de ontwikkeling van het klimaat en de leefomgeving, maar doen geen uitspraak over de waarschijnlijkheid dat een scenario voorkomt.

De analyse van risico's, impact en mogelijke maatregelen is getoetst in een tweetal workshops, waarin experts en stakeholders vertegenwoordigd waren. Daar waar dit mogelijk is, zijn hierover kwantitatieve gegevens toegevoegd. De kwantitatieve gegevens hebben vooral betrekking op de huidige situatie en zijn onder andere ontleend aan de Volksgezondheid Toekomstverkenning (VTV) (Hoeymans et al., 2014). Getalsmatige projecties naar de toekomst zijn nog maar beperkt beschikbaar en konden daarom ook niet voor alle gezondheidseffecten worden gebruikt bij de inschatting van risico's en de impact daarvan.



Figuur S.1 Klimaatverandering, effecten op leefomgeving, gezondheid en aangrijpingspunten voor beleid.

## Conclusies

- *Het beeld van de effecten van klimaatverandering op gezondheid blijft op hoofdlijnen hetzelfde als in voorgaande studies.*  
Op onderdelen zijn er wel verschillen zoals de discussie over de invloed van klimaatverandering op koudesterfte en de positionering van risico's van klimaatverandering voor infectieziekten ten opzichte van andere maatschappelijke ontwikkelingen. Dit kan deels worden verklaard doordat in de afgelopen jaren in Nederland maar zeer beperkt onderzoek is gedaan naar de gezondheidseffecten van klimaatverandering. De kennisvragen zoals geformuleerd in 2009 zijn daarom nog steeds actueel. Internationaal zijn er wel op onderdelen kwalitatieve en/of getalsmatige verkenningen uitgevoerd. Deze resultaten zijn in het rapport verwerkt en ondersteunen het eerder geschetste beeld. Aanvullend is in het rapport op basis van expertbeoordelingen en informatie over de huidige zorguitgaven een eerste inschatting gemaakt van de impact van klimaatverandering op gezondheid.
- *De impact van klimaatverandering op gezondheid is in potentie hoog.*  
Wel is er verschil tussen de beoordeelde gezondheidseffecten op de terreinen waar deze impact zich uit. De impact is beoordeeld op basis van economische, maatschappelijke en gezondheidsaspecten. Bij hittegerelateerde effecten wordt de impact vooral bepaald door de toename van sterfte en de verergering van bestaande cardiovasculaire en respiratoire aandoeningen. Tijdens hittegolven in de afgelopen jaren, werden gemiddeld 40 extra sterfgevallen per hittegolfdag waargenomen. Projecties naar de toekomst (Forsberg et al., 2012) berekenen voor Nederland een extra toename van 280 sterfgevallen per jaar in 2035 door klimaatverandering en een toename van het aantal ziekenhuisopnames voor respiratoire aandoeningen op 220 per jaar ten opzichte van 2005. De effecten van bevolkingsgroei, vergrijzing, verstedelijking en adaptatie zijn hierin nog niet meegenomen. Voor infectieziekten geldt dat de impact van een uitbraak hoog kan zijn als gevolg van de omvang en maatschappelijke onrust. Voorbeelden hiervan, hoewel niet klimaatgerelateerd, zijn uitbraken van Q-koorts en de verspreiding van influenza A/H1N1. De verlenging van het pollenseizoen ten slotte, leidt voor een grote groep mensen (15-20% van de Nederlandse bevolking) tot mogelijk meer allergieklachten met een geschatte verdubbeling van de kosten van medicijngebruik tot gevolg, een toename van ongeveer € 100 miljoen per jaar. De impact is daarom als hoog beoordeeld. Vooral ouderen, jonge kinderen en chronisch zieken zijn kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering op de gezondheid.
- *Van niet alle gezondheidseffecten van klimaatverandering kan een inschatting van de impact worden gemaakt. Deze effecten zijn mogelijk wel relevant.*
  - o De literatuur is niet eenduidig voor zover het *koudegerelateerde sterfte* betreft. Tot nu toe werd verondersteld dat door zachtere winters de koudesterfte afneemt en dat deze afname de toename van de zomersterfte overtreft. Recente studies (Staddon et al., 2014 en Hunang et al., 2014) stellen echter dat bewoners van gebieden met zachtere winters juist gevoeliger kunnen zijn voor koude (als gevolg van een mindere sociaaleconomische, culturele en fysiologische aanpassing) en dat in combinatie met toekomstige vergrijzing de koudegerelateerde sterfte mogelijk zal toenemen.
  - o De verandering van temperatuur en luchtvochtigheid kan ook van invloed zijn op de temperatuur en luchtvochtigheid binnenshuis. Hierdoor kunnen *schimmels en huismijt* zich ontwikkelen. Vocht en schimmels dragen bij aan de ziektelast van astma. Voor de Verenigde

Staten is een bijdrage van vocht en schimmels aan de ziektelast door astma becijferd op 40%. Het is niet bekend wat dit percentage voor Nederland is. Met name in stedelijke gebieden, waar de temperatuurstijging het grootst is en waar ook nog veel oude woningen zijn met een minder goede temperatuur- en vochtregulatie, zal dit effect het sterkst zijn. De impact van klimaatverandering op de aanwezigheid van schimmels en huismijt binnenshuis is in dit rapport niet beoordeeld, omdat er geen gegevens in de literatuur gevonden zijn over de bijdrage van klimaatverandering aan het klimaat binnenshuis.

- *Andere factoren, zoals internationalisering, verstedelijking en vergrijzing, zijn mogelijk bepalender voor het voorkomen van infectieziekten dan klimaatverandering.*

Deze factoren vormen samen een complex systeem waarvan de werking nog grotendeels onbegrepen is. Hierdoor is het ook nog niet mogelijk om daadwerkelijk vast te stellen of door klimaatverandering het voorkomen van infectieziekten zal toe- dan wel afnemen. De inschatting van experts is dat maatschappelijke en economische factoren zoals internationalisering mogelijk bepalender zijn dan de verandering van het klimaat. Lokaal kan dit beeld echter afwijken, bijvoorbeeld in stedelijk gebied, waar zich, door de aanwezigheid van waterpartijen, infectieziekten kunnen ontwikkelen.

- *Klimaat effecten op andere sectoren kunnen de impact voor gezondheid versterken.*

De effecten van klimaatverandering (extreme weersomstandigheden) op andere sectoren kunnen met name invloed hebben op de beschikbaarheid en kwaliteit van zorg (bij uitval van transport, energie of ICT-voorzieningen). Daarnaast kunnen veranderingen in het ecosysteem en de landbouw invloed hebben op het vestigingsklimaat van exoten (introductie nieuwe allergenen) en vectoren (introductie nieuwe infectieziekten).

## **Aanbevelingen**

- *Systeembenadering gebruiken bij kennis- en beleidsontwikkeling.*  
Naast klimaatverandering zijn vele andere factoren van invloed op de volksgezondheid, zoals internationalisering, verstedelijking en vergrijzing (zie ook Figuur S.1). Deze factoren hebben ook onderling relaties en kunnen worden beschouwd als samenhangend systeem. Om gezondheidseffecten van klimaatverandering op de lange termijn te kunnen beoordelen en effectieve beleidsmaatregelen te kunnen ontwikkelen is inzicht nodig in de werking van dit systeem. Met een systeembenadering wordt ook de wisselwerking met andere beleidsterreinen, zoals ruimtelijke ordening, natuurbeleid en economische ontwikkeling, zichtbaar en kan ook daar ondersteuning bieden bij het maken van keuzes over te nemen maatregelen en het inschatten van de bijdrage van maatregelen aan het verminderen van de impact van klimaatverandering op de gezondheid.
- *Gefaseerd uitwerken kennislacunes.*  
Tijdens de workshop met experts op 17 april 2014 is geconstateerd dat de onderzoeksvragen uit het ZonMw/KvK-programmavoorstel Klimaat en Gezondheid (Huynen en Van Vliet, 2009) nog steeds actueel zijn. Het ontbreken van financiering, als gevolg van andere prioriteiten, wordt als belangrijkste reden genoemd voor het niet uitvoeren van dit programmavoorstel. Het voorstel is echter ook groot en veelomvattend.

De auteurs stellen daarom voor om, bij het uitwerken van kennislacunes, te kiezen voor een gefaseerde aanpak, waarbij de veranderingen van het (a)biotisch systeem vooral worden gemonitord (aanpak volgens systeembenadering) en de onderzoeksinspanning wordt gericht op de effecten van deze veranderingen op de gezondheid. Bij de periodieke update van beleidsplannen kan dan worden gezien of op basis van de dan verworven kennis, aanvullend onderzoek of maatregelen nodig zijn.

- *Veranderingen klimaat monitoren en maatregelen hierop afstemmen. Burgers informeren over maatregelen die ze zelf kunnen nemen.*

Tijdens de workshops kwam naar voren dat experts en stakeholders van mening zijn dat de risico's van klimaatverandering nogal eens worden gebagatelliseerd. Argumenten die daarbij gebruikt worden, zijn: het zijn processen die geleidelijk plaatsvinden, passen we ons daar dan niet op aan, zijn andere factoren niet veel belangrijker, projecties in de toekomst zijn zeer onzeker.

Op zichzelf zijn deze punten valide, maar de ontwikkeling van het klimaat in de afgelopen decennia en de projecties naar de toekomst laten zien dat deze veranderingen dusdanig kunnen zijn dat deze in potentie grote impact kunnen hebben op de volksgezondheid. Het is daarom van belang veranderingen goed te monitoren en het beleid erop in te richten dat er op deze veranderingen kan worden ingespeeld. De bestaande monitoring moet op dat punt worden versterkt. Daarnaast is het belangrijk om de burger bewust te maken van de risico's en de mogelijkheden die hij of zij zelf heeft om hiermee om te gaan. Een voorbeeld hiervan vormt het Nationaal Hitteplan. Dit past ook in de maatschappelijke trend waarbij burgers steeds meer zelf keuzes willen maken ten aanzien van hun leefstijl en gezondheid. Kernwoorden zijn dus monitoring/surveillance en informatievoorziening. Om te voorkomen dat informatievoorziening wordt gezien als 'betuttelend' moet deze worden aangepast aan de doelgroep waarvoor deze is bedoeld.

- *Zoek naar combinaties van maatregelen.*  
Klimaatmaatregelen kunnen bijdragen aan een verbetering van de leefomgeving, zoals meer groen in de stad. Door te zoeken naar combinaties met andere projecten die hierop gericht zijn, neemt de haalbaarheid van deze maatregelen toe.
- *Verbeteren luchtkwaliteit is en blijft belangrijk, ook in relatie met hittestress en hooikoortsklachten.*  
Luchtverontreiniging kan hittegerelateerde gezondheidseffecten en hooikoortsklachten versterken. Structurele maatregelen om de concentraties ozon en fijnstof te verminderen, en zo de luchtkwaliteit in Nederland te verbeteren hebben de voorkeur boven tijdelijke maatregelen, zoals verlaging van de maximumsnelheid van het verkeer tijdens smogepisoden. Tijdelijke maatregelen hebben in Nederland slechts een marginaal effect op de verbetering van de luchtkwaliteit bij smog en daarmee op het wegnemen van acute gezondheidseffecten van smog.



## Summary

Climate change is a global phenomenon and will affect the Netherlands. The potential effects of climate change include floods, heat stress, and the spread of waterborne and vector-borne diseases. All have societal and economic impact. To minimize the adverse impact of climate change, the Dutch government has produced a 'Climate Agenda' (Ministry of Infrastructure and the Environment, 2013). It sets out the government's vision and the action that must now be taken to arrive at a National Adaptation Strategy, which is to be in place by 2016. Effective strategies to address flood safety and fresh water provision are being developed as part of the ongoing Delta Programme.

In early 2014, the Knowledge for Climate research programme and the Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL) commissioned, the risks and opportunities of climate change were identified for energy, transport/infrastructure, IT, health/healthcare, agriculture, fisheries, and ecological land management in parallel studies. The reports, by also identify promising adaptation strategies. The current document presents the findings of the analysis dealing with the health and healthcare sector. It forms an update of previous studies (Huynen *et al.*, 2008; PBL, 2012) and draws upon the more recent literature to the greatest extent possible.

The health effects of climatological developments are classified and described under three main headings (see Figure S.1):

- Direct health effects, including temperature-related disease and mortality
- Changes in the health burden associated with allergies, caused by greater prevalence of allergens such as pollen, dust mites, and fungal spores
- Changes in the incidence and prevalence of vector-borne, waterborne and foodborne infectious diseases

The decision to limit the exploration of health effects to these three categories was informed by the findings of earlier studies (WHO, 2012; US EPA, 2014; Hames & Vardoulakis, 2012; Huynen *et al.*, 2008), which conclude that these are the areas of greatest relevance to the Netherlands, given the country's geographic location and topography.

The potential health effects have been defined on the basis of the 'Delta Scenarios' (Bruggeman *et al.*, 2011), produced to support the development of long-term policy strategies. These scenarios set out various possible courses for climate change and the human environment. The scenarios do not make any statement with regard to which development is more likely to come to fruition.

The analysis of risks, impact and potential measures was reviewed and evaluated during two workshop sessions attended by experts and stakeholders. Wherever possible, the existing information was supplemented by the most recent quantitative data from sources such as the RIVM Public Health Forecast 2014 (Hoeymans *et al.*, 2014). Numerical projections (based on extrapolation) are not widely available and could therefore only partially quantify health risks and their impact.

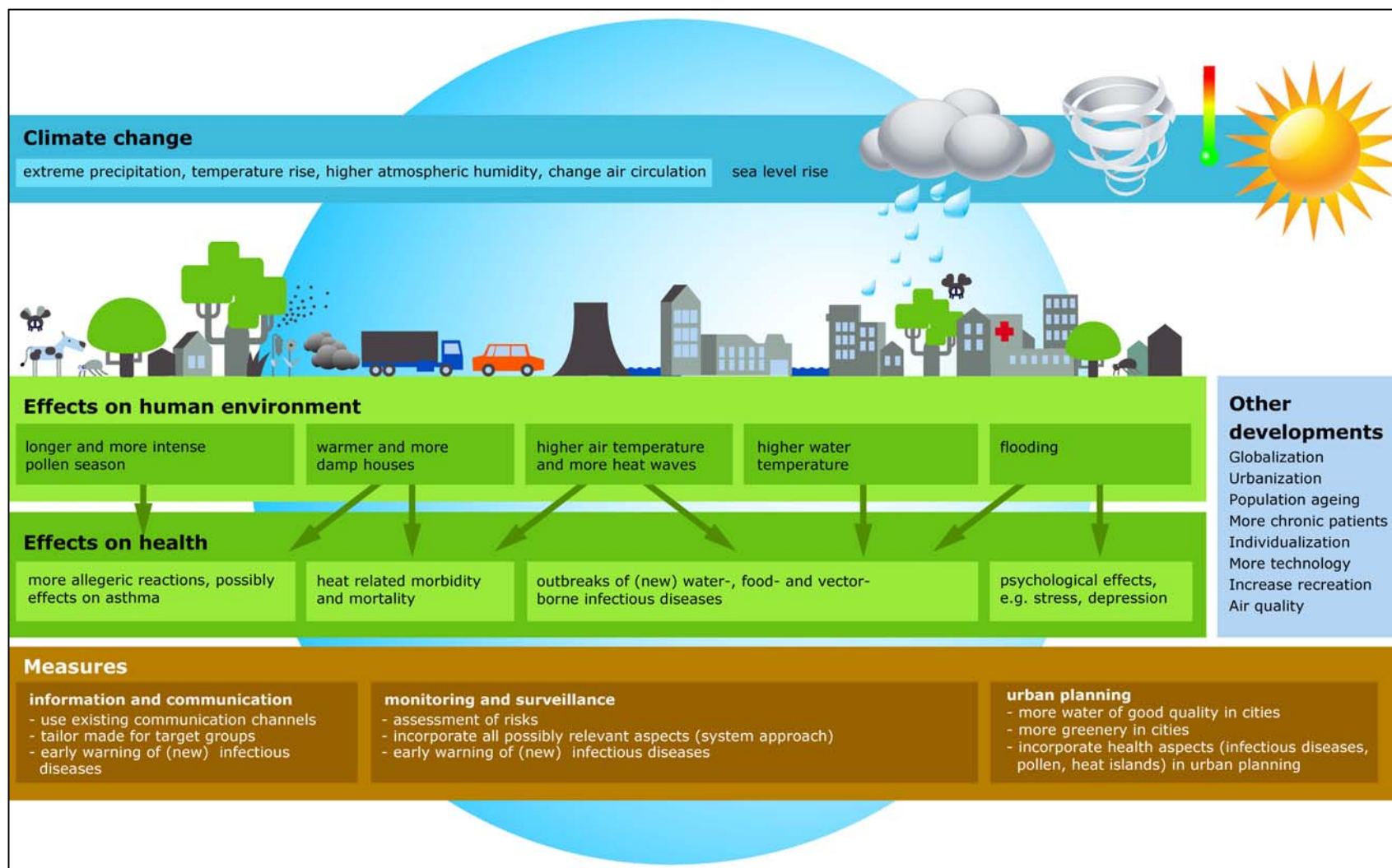


Figure S.1 The effects of climate change on the human environment and health; possible measures.

## Conclusions

- *The overall picture of the health effects of climate change remains largely unaltered.*  
There are, however, some differences within individual elements such as the discussion about the impact of climate change on mortality in periods of low temperatures. It is also unclear how significant climate change will be, compared to other factors such as social and economic developments, in terms of the risk of infectious disease transmission. This conclusion can be partially attributed to the fact that recent years have shown relatively little research which examines the health effects of climate change in the Netherlands. The research questions formulated in 2009 therefore remain current. There have been some international studies covering certain aspects, some which have produced numerical projections. Their findings have been incorporated into the report and support its conclusions. The report also includes an estimate of the potential impact of climate change on the health burden, based on expert opinions and information about current health care expenditure.
- *The health impact of climate change is potentially high.*  
There are however differences between the areas in which health effects will be apparent. The impact was assessed on the basis of economic, societal and health aspects. In terms of heat-related effects, the impact is largely determined by the increase in mortality and the aggravation of existing respiratory and cardiovascular conditions. During the heatwaves of recent years, mortality increased by an average of forty deaths per day. Current projections (Forsberg *et al.*, 2012) suggest that climate change will account for an additional 280 deaths per year by 2035, and that the number of hospital admissions for respiratory conditions will rise by 220 per year (compared to the 2005 level). These projections take no account of the effects of population growth, population ageing, urbanization, or climate adaptation measures.  
In terms of infectious diseases, any outbreak is likely to have a high impact due to both the extent of the outbreak itself and the resultant public unrest, as seen during the most recent outbreak of Q fever and the influenza A/H1N1 pandemic of 2009 (although neither was caused by climate change). The extension of the pollen season may lead to a worsening of the symptoms experienced by the large group of hay fever sufferers (15-20% of the population) and to a twofold increase in expenditure on medicines, with an estimated 100 million euros per annum. Accordingly, the impact of climate change for this health effect, is assessed as 'high'. The elderly, young children, and persons with a chronic condition are particularly susceptible to the adverse health effects of climate change.
- *At present, it is not possible to determine the impact of all health effects of climate change, even where those effects may be relevant.*
  - o The literature presents conflicting views with regard to cold-related mortality. It had been suggested that milder winters will lead to a decrease in mortality rates which will more than offset the expected increase in the summer months. However, recent studies (Staddon *et al.*, 2014; Hunang *et al.*, 2014) contend that those living in areas which experience milder winters will become more sensitive to the cold (due to lesser socio-economic, cultural and physiological adaptation) and that this, in combination with population ageing, may actually increase cold-related mortality.

- o Changes in the external temperature and humidity may affect the temperature and humidity within the home. This could promote the development of fungal spores and dust mites, both of which increase the health burden associated with asthma. In the United States, excess humidity and fungal spores have been calculated to contribute to the asthma-related health burden in the order of 40%. No figure is available for the Netherlands. The effect is likely to be most marked in the urban areas because it is here that rise in temperature is greatest and there is a larger proportion of older dwellings with less effective interior climate regulation. The current report does not assess the impact of climate change on the presence of fungal spores or dust mites in the home because the existing literature offers insufficient information about the extent to which climate change will influence the interior climate.
- *Other factors, such as globalization, urbanization, and population ageing, may do more to determine the incidence and prevalence of infectious diseases than climate change.*  
These factors in combination form a complex system, the mechanism of which remains largely unknown. It is therefore not possible to establish how climate change will affect the incidence of infectious diseases, either negatively or positively. The experts believe that societal and economic factors – such as globalization – will have a greater overall influence than climate change. However, this may not hold true at the local level, in urban areas for example, due to the presence of open water in which pathogens can develop.
- *Climate effects in other sectors may reinforce the health impact.*  
The effects of climate change in other sectors could affect the availability and quality of health care provision. This would be the case if, for example, extreme weather conditions cause the failure of essential infrastructure, the power supply, or IT systems. Changes within agriculture and the ecosystem could allow the establishment of new allergenic plant species or disease vectors.

## Recommendations

- *Apply the system approach when developing knowledge and policy.*  
Alongside climate change, many other factors can influence public health. They include globalization, urbanization, and population ageing (see Figure S.1). There are interrelationships between these factors which should therefore be regarded as a single, cohesive system. A thorough understanding of this system and its mechanisms is essential if we are to identify the long-term health effects of climate change and develop effective policy measures. The system approach reveals the mutual interaction between public health policy and other policy domains, such as spatial planning, nature policy, and economic development. It can support decision-making with regard to the measures to be implemented, and will help to ascertain the contribution that those measures will make in reducing the adverse health impact of climate change.
- *Apply a phased approach to resolve gaps in current knowledge.*  
The expert workshop held on 17 April 2014 concluded that the research questions of the ZonMw/KvK programme proposal *Klimaat en Gezondheid* (Huynen & Van Vliet, 2009) remain current and relevant. The main reason

for this proposal not having been implemented was lack of funding due to other priorities. The proposal is extensive in size too.

The authors of the current report therefore suggest that gaps in knowledge should be resolved by means of a phased approach. The immediate priority is to monitor changes in the (a)biotic system (applying the system approach), while research focuses on the health effects that these changes can have. When updating the policy plans based on the knowledge gained thus far, it will then be possible to determine whether any additional research or measures are required.

- *Monitor climate change and design new measures accordingly. Inform the public about the measures they are able to take for themselves.*  
During the workshops, it became apparent that the experts and stakeholders believe that the risks posed by climate change are still being underestimated and trivialized. Some people claim that the processes involved are extremely gradual and adaptation takes place naturally, that the relevance of other factors has not yet been established, or that the projections remain extremely uncertain. All these points are, in themselves, valid. However, the development of our climate in recent decades and the projections currently available provide a strong indication that climate change could have a very significant impact on public health. It is therefore essential to monitor developments effectively and to formulate policy which will address the effects at the earliest possible opportunity. The current monitoring system must therefore be improved and strengthened. In addition, it is important that members of the public are made aware of the risks and of the measures that they themselves can take. One example of effective communication is the national 'Heat Plan'. It is in keeping with the general societal trend of greater self-determination, whereby people wish to make their own lifestyle and health choices. The keywords are therefore monitoring, communication, and information. To avoid government information being regarded as paternalistic, it should be adapted according to the target group.
- *Seek combinations of measures.*  
Climate adaptation measures can help to improve the human environment: more greenery in the cities, for example, offsets the effects of climate change while also creating a more pleasant setting. Incorporating the measures into other projects with complementary aims will enhance their viability.
- *Improvement of air quality remains important, also with a view to reducing heat stress and alleviating allergic reactions.*  
Air pollution can enlarge heat related health effects and hay fever reactions. Structural measures to reduce the concentrations of ozone and fine particulate matter in the atmosphere, thus improving overall air quality, are preferable to temporary measures such as reducing speed limits during periods of smog. Such temporary measures have been shown to have only a limited effect on air quality, and will therefore do little to alleviate the acute health effects of smog or other forms of air pollution.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het klimaat verandert wereldwijd en ook in Nederland: de gemiddelde temperatuur is in de afgelopen eeuw gestegen, de hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag zijn toegenomen en zeer warme dagen komen vaker voor ([http://www.klimaatatlas.nl/klimaatverandering\\_index.html](http://www.klimaatatlas.nl/klimaatverandering_index.html)). Volgens de laatste klimaatscenario's (KNMI, 2014) blijft de temperatuur stijgen, komen zachte winters en hete zomers vaker voor, worden de winters natter en komen er vaker extreme buien voor (regen, hagel, onweer en storm).

De gevolgen van klimaatveranderingen, zoals overstromingen, verspreiding van water- en vectorgebonden ziekten, hittestress, ontwrichting van transport- en energienetwerken, kunnen economische en maatschappelijke impact hebben. Om deze impact te beperken heeft de landelijke overheid een Klimaatagenda opgesteld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013). Deze Klimaatagenda bevat de kabinetsvisie en daarbij behorende acties die in 2016 moet uitmonden in een Nationale Adaptatiestrategie.

Het Deltaprogramma richt zich op waterveiligheid, zoetwatervoorziening en het klimaatbestendig maken van steden. Daarnaast worden ook andere sectoren beïnvloed door klimaatverandering. Daarom is een breder inzicht nodig in de klimaatrisico's in Nederland voor andere sectoren en wordt nagegaan of deze moeten worden aangepakt in de Nationale Adaptatiestrategie.

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) opdracht gegeven om in de aanloop naar de Nationale Adaptatiestrategie in 2016:

- de meest recente kennis en informatie over de risico's, kansen en kwetsbaarheden van klimaatverandering in beeld te brengen;
- de beleidsmogelijkheden te verkennen voor klimaatadaptatie;
- klimaat- en gezondheidsindicatoren voor monitoring en evaluatie op te stellen.

De kansen, risico's en kwetsbaarheden voor klimaatverandering zijn voor de volgende zeven sectoren in beeld gebracht:

- energie;
- transport(infrastructuur);
- ICT;
- gezondheid;
- natuur;
- landbouw;
- visserij.

De analyses van de verschillende sectoren zijn parallel aan elkaar uitgevoerd. In de tweede helft van 2014 zullen de uitkomsten van deze analyses bijeen worden gebracht door het PBL. Deze geïntegreerde analyse zal, samen met de resultaten van het Deltaprogramma, dienen als vertrekpunt voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016).

PBL heeft, via Kennis voor Klimaat (KvK), het RIVM opdracht gegeven om deze analyse uit te voeren voor het thema gezondheid. Daarbij gaat het om een actualisatie van eerder verschenen rapporten (zie ook paragraaf 1.3). Dit

rapport beschrijft het resultaat van deze actualisatie. Het beperkt zich tot de gevolgen van klimaatverandering op de gezondheid in Nederland. Er wordt niet ingegaan op de effecten op de gezondheid van bevolkingsgroepen elders in de wereld die het gevolg zijn van Nederlandse activiteiten en consumptie.

Nederland 'exporteert' door haar open economie en hoge welvaartstandaard milieuproblemen naar andere delen van de wereld (Mackenbach, 2007). De WHO geeft in haar 'Atlas of Health and Climate' (2012) aan dat vooral kwetsbare groepen en arme populaties ernstige gevolgen zullen ondervinden van klimaatveranderingen. Deze ernstige gevolgen worden versterkt door snelle, ongeplande verstedelijking, lucht- en waterverontreiniging en andere niet-duurzame ontwikkelingen. Bovendien geeft de WHO aan dat het effect van klimaatveranderingen sterk lokaal bepaald wordt (WHO, 2012). Anderzijds hebben milieuveranderingen elders in de wereld, gevolgen voor de gezondheid in Nederland (Gezondheidsraad, 2009). Deze effecten brengt PBL in een apart deelproject in kaart.

## **1.2 Doel actualisatie risicobeeld Klimaat en Gezondheid**

Klimaatverandering en de effecten daarvan zullen naar verwachting de komende eeuwen doorzetten. Effecten van klimaatverandering voor de mens kunnen direct samenhangen met veranderingen in het optreden van extreme weersituaties (hittegolven, wateroverlast en dergelijke) of indirect door veranderingen in het voorkomen van infecties en allergieën.

Het doel van dit rapport is om te komen tot een actueel beeld van risico's en kansen voor de volksgezondheid in Nederland als gevolg van klimaatverandering nu en in de komende decennia. Daarbij is de inzet om de risico's te beoordelen op impact en de frequentie waarin deze kunnen voorkomen om zo de resultaten te kunnen vergelijken met de analyses van de andere sectoren (zie ook paragraaf 1.1).

## **1.3 Aanpak actualisatie risicobeeld Klimaat en Gezondheid**

De analyses voor de zeven sectoren zijn volgens eenzelfde aanpak uitgevoerd.

Als eerste stap is een inventarisatie uitgevoerd van de meest recente literatuur over risico's en kansen van klimaatverandering voor de volksgezondheid. Daarbij is gekeken naar drie hoofdgroepen van effecten:

- directe gezondheidseffecten waaronder temperatuurgerelateerde ziekte en sterfte;
- veranderingen in de ziektelast door allergieën door veranderingen in het voorkomen van allergenen zoals pollen, huismijt en schimmels;
- verschuivingen in het voorkomen van vectorgedragen, voedsel- en watergedragen infectieziekten.

De keuze voor het beperken van de uitwerking van gezondheidseffecten tot deze drie groepen komt voort uit verschillende eerdere studies (WHO, 2012; US EPA, 2014; Hames en Vardoulakis, 2012 en Huynen et al., 2008). Daaruit wordt geconcludeerd dat voor Nederland de belangrijkste veranderingen voor deze groepen worden verwacht.

Voor de beschrijving van de ontwikkeling van het klimaat en sociaaleconomische ontwikkelingen, is gebruikgemaakt van de Deltascenario's (Bruggeman et al., 2011). Deze scenario's zijn bedoeld voor het ontwikkelen van beleidsstrategieën op de langere termijn. De scenario's beschrijven mogelijke toekomstbeelden voor de ontwikkeling van het klimaat en de leefomgeving, maar doen geen

uitspraak over de waarschijnlijkheid dat een scenario voorkomt. Daarnaast kunnen combinaties van bijvoorbeeld extreme weersomstandigheden en uitval van voorzieningen, zoals infrastructuur, de effecten van klimaatverandering voor gezondheid versterken. De cascade-effecten met de thema's transport, energie, ICT, natuur, landbouw en visserij zijn daarom in paragraaf 7.3 beschreven.

Bij de analyse van de scenario's ligt in eerste instantie de focus op de impact van klimaatverandering op de gezondheid, maar worden andere relevante sociaaleconomische factoren, zoals internationalisering, vergrijzing en verstedelijking, ook benoemd.

Vervolgens zijn de belangrijkste risico's en kansen van klimaatverandering op de gezondheid uitgewerkt en waar mogelijk gekwantificeerd. Voor het beoordelen van de impact is gebruikgemaakt van de voor het Verenigd Koninkrijk (Hames en Vardoulakis, 2012) opgestelde indeling (zie ook Bijlage II). Deze indeling is voor alle deelstudies gebruikt om de resultaten van de analyses vergelijkbaar te maken. De resultaten moeten met enige voorzichtigheid worden bekeken omdat er niet gecorrigeerd is voor de verschillen tussen de Engelse en de Nederlandse situatie, bijvoorbeeld in termen van bevolkingsomvang of bruto nationaal product.

Tijdens een workshop op 17 april 2014 met experts, is deze inventarisatie verder uitgebreid. Het materiaal dat daar is verzameld, is in dit rapport verder uitgewerkt. In een tweede workshop op 16 juni 2014 met stakeholders is de analyse van de risico's, 'het risicobeeld', getoetst en zijn mogelijke aangrijpingspunten voor beleid geïdentificeerd. De uitkomsten van deze workshop zijn verwerkt in het hoofdstuk over het handelingsperspectief (hoofdstuk 8). Daarnaast zijn experts geconsulteerd bij het opstellen van het rapport en bij de beoordeling van het concept-rapport. Een overzicht van de betrokken personen en organisaties is opgenomen in Bijlage IV.

#### **1.4 Eerdere studies**

In 2005 verscheen de eerste (kwalitatieve) studie 'Effecten van klimaatverandering in Nederland' (MNP, 2005). Huynen et al. (2008) publiceerden een state-of-the-art studie naar de mondiale milieuveranderingen op de volksgezondheid; daarbij stond vooral de klimaatverandering centraal. In 2009 signaleert de Gezondheidsraad dat meer aandacht nodig is op het gebied van onderzoek en beleid, voor de gezondheidseffecten van mondiale milieuveranderingen (Gezondheidsraad, 2009). Hiertoe is het ZonMw/KvK-programmavoorstel Klimaat en Gezondheid uitgebracht (Huynen en Van Vliet, 2009). In 2012 is door PBL een actualisatie uitgebracht van de kennis omtrent de mogelijke invloed van klimaatverandering op de gezondheid. In dit rapport (PBL, 2012) wordt gerapporteerd over de nadien gepubliceerde studies over de aard, omvang en onzekerheden rondom gezondheidsrisico's door klimaatverandering en de mogelijke opties hoe daarmee om te gaan in het beleid. In Tabel 1.1 zijn de door PBL (2012a) beschreven klimaateffecten voor het thema gezondheid weergegeven. PBL (2012a) vormt het vertrekpunt voor het voorliggende rapport. Daarbij is zo veel mogelijk gebruikgemaakt van de nadien verschenen literatuur.

**Tabel 1.1** *Klimaatverandering en gezondheid: conclusies uit PBL (2012, Tabel 1) voor het thema gezondheid.*

| <b>Gezondheidseffect</b>              | <b>Waargenomen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Mogelijke toekomst, volgens KNMI-scenario's</b>                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hittestress en zomersmog              | Toename vervroegde sterfte door meer warme en tropische dagen (vergeleken met normale zomers). Effect matig (met juiste adaptatie) t.o.v. andere stressfactoren en waarschijnlijk ook kleiner dan afname wintersterfte.                                                                                                                                                                                                                                  | Verdere toename door meer frequente hittegolven, ook in combinatie met meer frequente zomersmog. In beginsel beheersbaar door gedrag, gezondheidszorg en aanpassingen in stedelijke (her)inrichting.                                                                    |
| Wintersterfte                         | Minder ziekte en een afname van sterfte in winter.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Verdere daling sterfte.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Allergieën en hooikoorts              | Aantal 'allergiedagen' toegenomen met ruim 20 dagen; eikenprocessierups al in grote delen van Nederland aanwezig.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Verdere stijging van het aantal 'allergiedagen', door verlenging van het groei- en bloeiseizoen, en het mogelijk vóórkomen van nieuwe allergene soorten; in 2020 eikenprocessierups in heel Nederland.                                                                  |
| Vectorgebonden infectieziektes        | Klimaatverandering leidt tot veranderingen in de verspreiding, dichtheid en activiteit van insecten en teken (mogelijke vectoren voor infectieziektes). De uiteindelijke invloed van klimaat op transmissie van ziekteverwekkers is complex en vooralsnog onbekend.                                                                                                                                                                                      | Grote onzekerheid m.b.t. introductie en transmissie van pathogenen (virussen, bacteriën) en mogelijke hiermee verbonden uitbraken van infectieziektes.                                                                                                                  |
| Wateroverdraagbare infectieziektes    | De klimaatinvloed is divers. Sommige wateroverdraagbare ziekteverwekkers (bacteriën, amoeben, algen) zijn klimaatgevoelig en verhoging van temperatuur, vochtigheid, uv-straling, neerslag en waterbeschikbaarheid leidt direct tot vergroting van de hiermee verbonden ziektelast door infecties. Het vóórkomen van andere ziekteverwekkers zoals intestinale bacteriën, virussen en parasieten kan onder invloed van klimaatverandering juist afnemen. | Projecties over de verdere invloed van klimaatfactoren op ontwikkeling en transmissie van wateroverdraagbare ziekteverwekkers zijn onzeker. Zonder adaptatiemaatregelen zijn zowel positieve als negatieve effecten mogelijk, afhankelijk van het type ziekteverwekker. |
| Voedsel-overdraagbare infectieziektes | Er is een direct causaal verband tussen klimaatverandering, vooral hogere temperatuur, en de toename van voedselgebonden infecties. Door de relatief goede voedselhygiëne is dit effect in Nederland beperkt.                                                                                                                                                                                                                                            | Beperkte verdere toename van voedselgerelateerde infecties mogelijk.                                                                                                                                                                                                    |

## **1.5 Opzet rapport**

De opzet van het rapport is conform de daarvoor door KvK-PBL opgestelde handreiking (23 april 2014) en omvat de volgende onderdelen:

- Wat is de huidige toestand van de volksgezondheid en wat zijn autonome ontwikkelingen (hoofdstuk 2)?
- Welke effecten hebben de Deltascenario's voor klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen op de volksgezondheid (hoofdstuk 3)?
- Wat zijn de gezondheidseffecten door klimatologische ontwikkelingen (hoofdstuk 4-6)?
- Hoe zijn risico's en kansen klimaatverandering voor gezondheid beoordeeld (hoofdstuk 7)?
- Welke aangrijpingspunten zijn er voor het verminderen van risico's en het benutten van kansen (handelingsperspectief) (hoofdstuk 8)?
- Wat zijn mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie (hoofdstuk 9)?
- Welke kennislacunes zijn er en hoe zou hier invulling aan kunnen worden gegeven (hoofdstuk 10)?



## 2 Toestand en ontwikkeling volksgezondheid

Het RIVM rapporteert elke vier jaar over de toestand en toekomstige ontwikkeling van de volksgezondheid (Wet op het RIVM, artikel 3, eerste lid, onder b) in de Volksgezondheid Toekomstverkenning (VTV). Recent is een nieuwe VTV uitgebracht (Hoeymans et al., 2014). De VTV beschrijft de volksgezondheid en zorg in Nederland in verleden, heden en toekomst, inclusief factoren die de gezondheid en zorg beïnvloeden. De VTV wordt gebruikt als bouwsteen om bestaand beleid te verbeteren en nieuw beleid te ontwikkelen. De informatie die in de VTV wordt gepresenteerd is wetenschappelijk getoetst. Ongeveer 300 experts hebben bijgedragen aan de totstandkoming ervan.

In dit hoofdstuk is informatie uit de VTV samengevat die relevant is voor de analyse van klimaateffecten voor het thema gezondheid. Daarbij is de huidige toestand beschreven (paragraaf 2.1) en is ingegaan op een aantal relevante ontwikkelingen die de effecten van klimaatverandering kunnen beïnvloeden (paragraaf 2.2) en vice versa. De wijze waarop deze beïnvloeding plaats kan vinden komt in de hoofdstukken 4 tot en met 6 aan de orde.

### 2.1 Huidige toestand volksgezondheid

In de VTV 2014 (Hoeymans et al., 2014) wordt het volgende opgemerkt over de huidige stand van de volksgezondheid in Nederland:

- Mede dankzij preventie en zorg steeg de levensverwachting in het afgelopen decennium met meer dan drie jaar, tot gemiddeld 79 jaar voor mannen en 83 jaar voor vrouwen.
- Er zijn ruim vijf miljoen mensen met een chronische ziekte. Hart- en vaatziekten, kanker en psychische stoornissen veroorzaken de meeste ziektelast; roken en overgewicht zijn belangrijke beïnvloedende factoren. Positief daarbij is dat het aantal rokers daalt en ook de trend in andere leefstijlfactoren is niet langer ongunstig.
- De sterfte aan infectieziekten is op dit moment laag ten opzichte van bijvoorbeeld hart- en vaatziekten en ziekten van ademhalingswegen, al doen zich regelmatig grotere en kleinere epidemieën voor.
- De zorguitgaven zijn tussen 2000 en 2012 gestegen van 9,5% naar bijna 14% van het BBP (Bruto Binnenlands Product). In 2012 bedroegen de uitgaven € 83 miljard, dit is bijna € 5.000 per hoofd van de bevolking. De Nederlandse zorguitgaven zijn vergelijkbaar met die in Frankrijk en Duitsland, maar hoger dan in andere Europese landen.

De VTV 2014 (Hoeymans et al., 2014) beschrijft daarnaast dat de levensverwachting ook door sociaaleconomische en maatschappelijke factoren wordt beïnvloed:

- De levensverwachting is voor laagopgeleiden gemiddeld zes jaar korter dan voor hoogopgeleiden. Ook tussen autochtonen en allochtonen bestaan gezondheidsverschillen. Deze gezondheidsverschillen hangen sterk samen met werk en inkomen. En deze maatschappelijke determinanten hangen weer samen met de fysieke en sociale leefomstandigheden, leefstijl, toegang tot de zorg, en daarmee met gezondheid. In deze vergelijkingen blijven de meest kwetsbaren, zoals dak- en thuislozen, asielzoekers en illegalen vaak buiten beschouwing. Nederland telt ongeveer 27.000 daklozen, hun aantal is sinds 2009 met 9.000 toegenomen. De levensverwachting voor daklozen is beduidend lager dan voor niet-daklozen. Nusselder et al. (2013) concluderen

op basis van een tien jaar durende studie onder daklozen in Rotterdam, dat de levensverwachting voor een 30-jarige dakloze man elf jaar korter is, en voor een dakloze vrouw zestien jaar korter dan van niet-daklozen.

- Daarnaast zijn er verschillen in levensverwachting tussen regio's en gemeenten in Nederland. Zo worden mensen in grote steden bijvoorbeeld gemiddeld minder oud. Sociaaleconomische status verklaart een deel van deze verschillen, naast vele andere factoren. Gemeenten die te maken hebben met bevolkingskrimp zien bijvoorbeeld dat de meest gezonde mensen wegtrekken.
- Naast leefstijlfactoren, zoals roken en overgewicht, zijn ook de sociale en fysieke omgeving van belang voor het ontstaan van ziekten. Ongunstige milieufactoren dragen voor ongeveer 5,7% bij aan de totale ziektelast. Luchtverontreiniging heeft hierin het grootste aandeel. 3-5% van de totale ziektelast wordt toegeschreven aan luchtverontreiniging. Beleidsmaatregelen hebben de omgeving inmiddels schoner en veiliger gemaakt; zo is de blootstelling aan fijnstof gedaald en de opstellers van de VTV verwachten dat dit doorzet. Dit geldt echter in veel mindere mate voor andere milieufactoren, zoals verkeersgeluid en ozon. De belangrijkste ongunstige arbeidsomstandigheden zijn blootstelling aan gevaarlijke stoffen, psychosociale en fysieke arbeidsbelasting.
- De laatste jaren is de inrichting van de omgeving steeds meer gericht op het bevorderen van de gezondheid, bijvoorbeeld door deze aantrekkelijk te maken voor sporten, buitenspelen en het ontmoeten van andere mensen. Dit heeft mogelijk een positief effect op sociale cohesie en gezondheid.

## 2.2 Ontwikkelingen volksgezondheid in het VTV Trendscenario

De VTV 2014 (Hoeymans et al, 2014) beschrijft trends in de volksgezondheid tot 2030. Deze trends zijn gebaseerd op de analyse van historische trends en modellering, aangevuld met uitkomsten van literatuuronderzoek en oordelen van experts. In de VTV 2014 wordt dit trendscenario het 'business as usual-scenario' genoemd. Daarnaast is een aantal varianten beschreven waarin het effect van gewijzigd beleid in beschouwing is genomen. In deze paragraaf worden de trends die zijn signaleerd in het 'business as usual'-scenario beschreven.

- De levensverwachting zal tussen 2012 en 2030 toenemen met drie jaar voor mannen en twee jaar voor vrouwen.
- Het aandeel 65-plussers neemt toe van 16% in 2012 naar 24% in 2030. Binnen deze groep komen steeds meer 80-plussers, terwijl de 80-jarige van 2030 waarschijnlijk gezonder zal zijn dan de 80-jarige van nu.
- De oorzaak van deze toenames wordt toegeschreven aan een verdere verbetering van preventie- en behandelmethoden.
- Het aantal chronisch zieken zal toenemen van vijf miljoen in 2012 naar zeven miljoen in 2030. Trends laten zien dat er steeds meer chronisch zieken zijn die zich gezond voelen, lang niet altijd beperkingen hebben en vaak maatschappelijk meedoen. De nadruk ligt steeds meer op het vermogen van mensen om zich aan te passen en de wens om eigen regie te voeren. Voor kwetsbare groepen geldt dat zij daarbij ondersteuning nodig hebben die is aangepast aan hun wensen en mogelijkheden. Ongeveer 10% van de Nederlanders is laaggeletterd en 29% heeft in 2030 weinig gezondheidsvaardigheden. Met gezondheidsvaardigheid wordt de capaciteit van mensen bedoeld om informatie op te zoeken en deze ook toe te passen op hun eigen gedrag of leefstijl.
- In de toekomst blijft het voorkomen van infectieziekten onzeker: elk moment kan een nieuwe infectieziekte zich al dan niet aandienen. Bovendien zijn

steeds meer bacteriën in toenemende mate resistent tegen antibiotica, terwijl er maar weinig nieuwe antibiotica worden ontwikkeld.

- Technologie wordt meer en meer verweven met het dagelijks leven en de zorg. Voorbeelden die genoemd worden zijn: verbeteren diagnostiek, instrumenten voor monitoring gezondheidsstatus en elektronische voorzieningen die het mogelijk maken om langer zelfstandig te wonen.

De hiervoor beschreven ontwikkelingen kunnen de effecten van klimaatverandering op de volksgezondheid versterken. Een duidelijk voorbeeld hiervan vormt de vergrijzing en de toename van het aantal chronisch zieken. Door klimaatverandering komen er vaker zeer warme dagen voor. Ouderen en chronisch zieken zijn gevoelig voor hittestress. In hoofdstuk 3 zijn klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen in de leefomgeving beschreven die op hun beurt relevant kunnen zijn voor de volksgezondheid. Hoofdstuk 3 sluit af met Tabel 3.1 waarin de relevante ontwikkelingen uit beide hoofdstukken zijn samengevat.



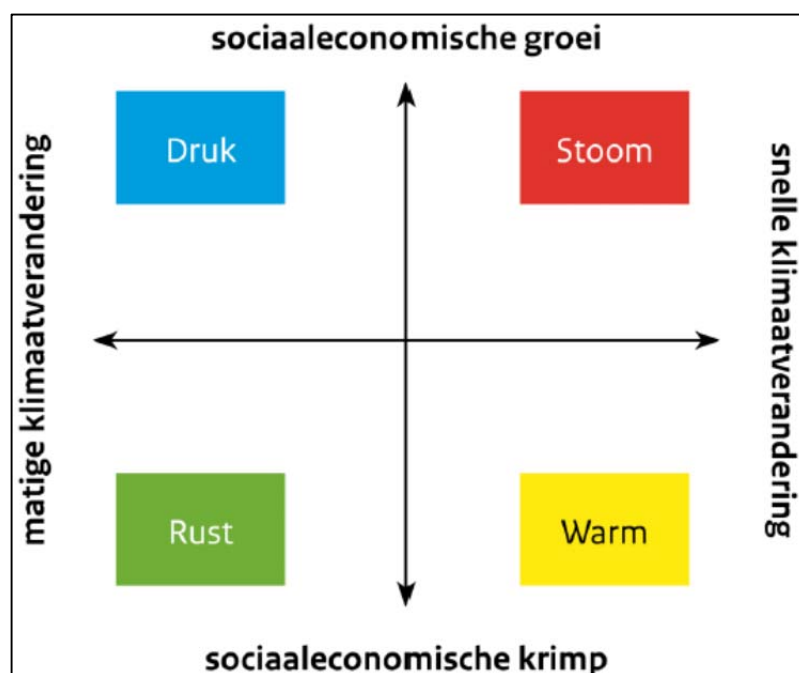
### 3 Relevante ontwikkelingen klimaat en maatschappij tot 2050

Voor de beschrijving van de effecten van klimaatverandering is gebruikgemaakt van de zogenoemde Deltascenario's. Deze scenario's zijn ook bij de uitwerking van de andere sectoren gehanteerd (zie ook hoofdstuk 1). In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de Deltascenario's, hoe deze kunnen worden gebruikt en welke ontwikkelingen die in de scenario's worden beschreven, relevant zijn voor het thema Gezondheid. Recent zijn de klimaatscenario's, die de basis vormden voor de Deltascenario's, vernieuwd (KNMI, 2014). In paragraaf 3.2 wordt ingegaan op de betekenis van deze nieuwe scenario's voor het thema gezondheid.

#### 3.1 Deltascenario's

Voor de beschrijving van de effecten van klimaatverandering is gebruikgemaakt van de zogenoemde Deltascenario's. In Bijlage I is een beschrijving opgenomen van de scenario's zelf, de bijbehorende kentallen, de wijze waarop de scenario's tot stand zijn gekomen en de bruikbaarheid ervan.

De Deltascenario's zijn mogelijke toekomstbeelden van de fysieke en sociaaleconomische omgeving (Bruggemant et al., 2011). De scenario's zijn ontwikkeld voor het Deltaprogramma en gebaseerd op de 2006-klimaatscenario's van het KNMI (Klein Tank en Lenderink, 2009) en de scenario's voor de ontwikkeling van de welvaart en de leefomgeving (WLO-scenario's) (CPB en PBL, 2006a en 2006b). Hiervoor zijn de extremen van beide scenario's (zie ook Figuur 3.1) met elkaar gecombineerd. De scenario's dienen bij het Deltaprogramma ter ondersteuning van het proces van analyse van knelpunten tot de ontwikkeling en afweging van maatregelen.



Figuur 3.1 Deltascenario's (PBL, 2013).

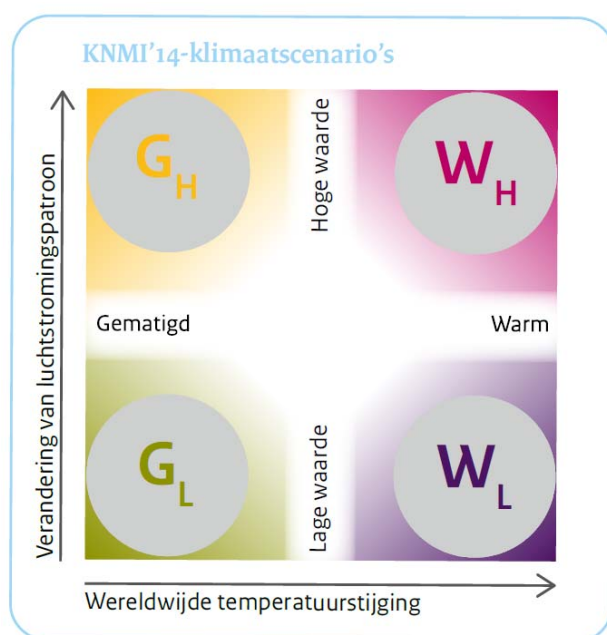
De Deltascenario's geven een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysische omgeving, zoals rivierafvoeren, zeespiegelstijging, bodemdaling en verzilting, en voor sociaaleconomische factoren, zoals groei of krimp van de bevolking en de economie en de mogelijke consequenties voor het gebruik van ruimte, land en water in Nederland op een termijn van 50 tot 100 jaar. De scenario's bestaan uit kwalitatieve en kwantitatieve informatie.

De Deltascenario's beschrijven uiteenlopende mogelijke toekomsten. Het zijn met nadruk geen prognoses of streefbeelden. Uitspraken over waarschijnlijkheid of wenselijkheid van de scenario's zijn dan ook niet aan de orde. Deze scenario's geven zicht op vier 'hoeken van het toekomstige speelveld', daarbij onderkendend dat het midden niet vaststaat, en dat er ook buiten de lijnen nog mogelijkheden liggen.

De Deltascenario's combineren wel bestaande scenariostudies, maar integreren deze niet. Fysieke ontwikkelingen (met name klimaatverandering) en sociaaleconomische ontwikkelingen (economie, demografie) worden impliciet als onafhankelijk van elkaar beschouwd, en het resultaat van de onafhankelijke combinatie wordt geschetst in vier zeer verschillende beelden (de Deltascenario's). De gehanteerde zichtjaren (2050 en 2100) waarvoor de scenario's zijn beschreven, moeten worden beschouwd als indicatie (2050 als 'binnen enkele decennia' en 2100 als 'binnen een eeuw') en niet als absolute waarde (Bruggeman et al., 2014).

### 3.2 KNMI(2014)-scenario's

Recent zijn door het KNMI (2014) nieuwe klimaatscenario's uitgebracht (Figuur 3.2). Op hoofdlijnen zijn de KNMI'14-scenario's vergelijkbaar met de 2006-scenario's, maar op onderdelen zijn er wel verschillen. Zo is de opwarming en uitdroging in de zomer minder sterk bij de scenario's met hoge verandering van het luchtstromingspatroon. Dit betekent voor de Deltascenario's een nuancering op het scenario STOOM, maar het geschetste beeld verandert daarmee niet.



Figuur 3.2 KNMI'14-klimaatscenario's.

De KNMI'14-scenario's geven meer gedetailleerde informatie in tijd, ruimte en klimaatvariabelen dan de 2006-scenario's en zijn bijgewerkt met de bevindingen uit het meest recente IPPC-rapport (2013) en de berekeningen zijn gebaseerd op recentere tijdreeksen van het Nederlandse klimaat (1981-2010 ten opzichte van 1976-2005 voor de 2006-scenario's). Vanwege de meer gedetailleerde informatie kunnen de nieuwe KNMI-scenario's waardevolle aanvullende inzichten bieden, bijvoorbeeld wanneer specifiek naar de effecten in bepaalde gebieden wordt gekeken, zoals de temperatuurontwikkeling in stedelijk gebied in combinatie met gegevens over bebouwing en bewoning door ouderen en chronisch zieken. Hiermee zouden gerichte adaptatiemaatregelen kunnen worden ontwikkeld. In verschillende steden, waaronder Rotterdam (Rotterdam, 2013), zijn initiatieven ontwikkeld om informatie op deze manier in te zetten.

Bij de KNMI'14-scenario's wordt ook een aantal schattingen gegeven van effecten die relevant zijn voor het thema gezondheid:

- Toename van de ozon- en fijnstofconcentratie in 2050, van 9 tot 21% voor ozon en 2 tot 5% voor fijnstof. Dit is in tegenstelling met het Trendskenario in de VTV waarin een daling van de fijnstofconcentratie optreedt. Deze zijn gebaseerd op de referentieraming van het PBL (2012b) en houden, in tegenstelling tot de KNMI'14-scenario's, rekening met de effecten van milieubeleid.
- Rond 2035 wordt verder herstel van de (stratosferische) ozonlaag boven Nederland verwacht. De toekomstige uv-straling in Nederland hangt echter niet alleen af van de ozonlaag, maar ook van de toekomstige bewolking. De kleine, maar beduidende afname van de bewolking in de zomer, doet bij de twee scenario's met hoge waarden voor de verandering van het luchtstromingspatroon, de verminderde blootstelling aan uv-straling door het herstel van de ozonlaag deels teniet.
- Het KNMI verwacht dat het temperatuurverschil door het stedelijk hitte-eiland-effect gemiddeld even groot is als de temperatuursverandering in de klimaatscenario's voor 2050.

### 3.3 Relevante ontwikkelingen Deltascenario's voor gezondheid

Met betrekking tot de volksgezondheid zijn de volgende aspecten van belang in de Deltascenario's:

- De ontwikkeling van de vergrijzing is uitgedrukt in het aandeel 65-plussers in de bevolking. Deze ontwikkeling is voor alle scenario's hetzelfde. Tot 2040 stijgt het aandeel 65-plussers van circa 15% tot 25% van de totale bevolking. Door vergrijzing zal een groter beroep worden gedaan op de gezondheidszorg en zullen meer geneesmiddelen worden gebruikt. Voor dit rapport is vooral van belang dat ouderen een kwetsbare groep zijn als het gaat om de effecten van hittestress en infectieziekten.
- De toename van individualisering is een andere, bij alle scenario's voorkomende, ontwikkeling. De nadruk wordt steeds meer gelegd op individuele belangen, wensen en gedrag in plaats van op de normen en waarden die horen bij een groep of gemeenschap waar het individu onderdeel van is. Mensen krijgen meer dan in de 'traditionele' samenleving de ruimte om hun eigen voorkeuren te volgen en daarmee hun eigen leefwereld in te vullen. Dat kan bijvoorbeeld leiden tot meer zelfstandigheid, maar ook tot opsluiting in die eigen leefwereld, met sociaal en fysiek isolement tot gevolg. Door de toegenomen individualisering zijn mensen minder gemakkelijk als groep benaderbaar om te worden geïnformeerd over bijvoorbeeld de risico's van hitte. Met name voor kwetsbare groepen zoals ouderen, chronisch zieken, verslaafden en daklozen is dit een aandachtspunt.

- De bevolkingstoename is van belang omdat de toename van ziektelast en sterfte wordt uitgedrukt als percentage van de bevolking. Bij het scenario STOOM is de toename het sterkst. Deze wordt vooral veroorzaakt door immigratie als gevolg van globalisering. In alle scenario's staat aangegeven dat het aandeel niet-westerse allochtonen vooral in de vier grote steden toeneemt van ongeveer 25% van de totale bevolking in 2002 naar 35-50% in 2040. De toename wordt voornamelijk toegeschreven aan migratie. Deze groep is vaak afkomstig uit warmere landen dan Nederland en daarom mogelijk al beter ingesteld op hittestress. Het is niet duidelijk hoe lang het duurt totdat adaptatie naar het Nederlandse klimaat plaatsvindt (zie ook paragraaf 4.1: optimale temperatuur). Ook de ontwikkeling van de bevolkingssamenstelling is dus van belang wanneer er wordt gekeken naar het effect van hitte op de volksgezondheid.
- In sommige provincies kan ook bevolkingskrimp optreden. Als oorzaken worden verhuizing naar de stad en vergrijzing genoemd. Dit geldt vooral de scenario's WARM en RUST en voor de regio's Noord-Nederland, Limburg en Zeeland (in de WLO-scenario's aangeduid als de regio Overig Nederland). Dit kan gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van zorgvoorzieningen in die regio.
- In grote delen van Nederland zal verstedelijking toenemen. De mate waarin verschilt per scenario, maar is het sterkste bij STOOM en DRUK. In verstedelijkte gebieden zijn de effecten van hittestress en luchtverontreiniging het grootst. Dit geldt ook voor de verspreiding van infectieziekten van mens op mens. Aandachtspunten voor de volksgezondheid in stedelijk gebied bij hogere temperaturen, zijn de gezondheidsrisico's van waterpartijen en water op straat na plensbuien (De Man, 2014), verspreiding van Legionella via aerosolen vanuit regenplassen en koeltorens (Schalk et al., 2012; Van Heijnsbergen et al., 2014).
- De mate van internationalisering met meer import en export van producten en meer reisbewegingen met risico's voor de (her)introduktie van virussen en bacteriën, maar ook van vectoren. Voorbeelden hiervan zijn het MERS-coronavirus en de tijgermug. Door klimaatverandering kunnen nieuwe soorten mogelijk beter overleven. De mate van internationalisering is het grootst bij het scenario STOOM.
- In alle scenario's neemt het inkomen per hoofd van de bevolking toe. We worden rijker (CPB en PBL, 2006a) en hebben ook meer tijd om te recreëren. In alle scenario's is behoefte aan meer recreatieareaal, maar de mate verschilt per scenario. De sterkste toename is bij scenario DRUK. Bij een toename van de temperatuur kan ook de behoefte aan waterrecreatie toenemen. Tijdens lange droge perioden kan de kwaliteit van het oppervlaktewater afnemen, omdat lozingen minder worden verdund (Wuijts et al., 2013). De druk op recreatiewater dat nog wel geschikt is, neemt dan toe, met meer kans op besmetting door wateroverdraagbare infectieziekten zoals gastro-enteritis veroorzaakt door enterale ziekteverwekkers tot gevolg. Daarnaast kunnen na plensbuien overstorten in werking treden waardoor ongezuiverd afvalwater wordt geloosd op het oppervlaktewater, met besmettingsrisico's tot gevolg.
- Het landbouwareaal neemt af. Het resterende areaal wordt intensiever benut, maar de mate waarin verschilt per scenario. In het scenario STOOM wordt een toename van de veeteelt voorzien. De afname van het landbouwareaal kan een toename van braakliggend of bosareaal worden. Dit betekent een uitbreiding van de tekenhabitat en daarmee een toename van het risico op de ziekte van Lyme.

Samenvattend is in Tabel 3.1 in grijs aangegeven welke toekomstige ontwikkelingen die worden beschreven in de VTV (zie hoofdstuk 2) en de Deltascenario's, een rol spelen bij de verschillende groepen gezondheidseffecten. In de volgende hoofdstukken (4-6) worden deze relaties verder uitgewerkt.

*Tabel 3.1 Relatie autonome ontwikkelingen en genoemde klimaatgerelateerde gezondheidseffecten.*

| Ontwikkeling                  | Directe gezondheidseffecten door hitte en koude | Allergieën en astma | Infectieziekten |                  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|
|                               |                                                 |                     | Vector          | Water en voedsel |
| Toenemende levensverwachting  |                                                 |                     |                 |                  |
| Vergrijzing                   |                                                 |                     |                 |                  |
| Toename chronisch zieken      |                                                 |                     |                 |                  |
| Technologische ontwikkelingen |                                                 |                     |                 |                  |
| Bevolkingstoename/-krimp      |                                                 |                     |                 |                  |
| Verstedelijking               |                                                 |                     |                 |                  |
| Individualisering             |                                                 |                     |                 |                  |
| Internationalisering          |                                                 |                     |                 |                  |
| Toename recreatie             |                                                 |                     |                 |                  |

Noot bij tabel: Een vakje is grijs gekleurd wanneer er een relatie is.



## 4 Directe gezondheidseffecten door klimaatverandering

### 4.1 Huidige situatie directe gezondheidseffecten klimaat

Klimaatverandering kan de gezondheid zowel direct als indirect beïnvloeden. In Nederland zijn de belangrijkste klimaatdeterminanten met directe gezondheidseffecten: luchttemperatuur (hitte en kou), luchtvochtigheid, uv-straling, en luchtverontreiniging (smog). Naast de uitstoot van vervuulende stoffen door bijvoorbeeld de industrie en het verkeer, wordt de luchtkwaliteit ook beïnvloed door klimaatfactoren. Door warmte en straling neemt de ozonconcentratie toe. Wind en neerslag zijn van invloed op de concentraties fijnstof (KNMI, 2014).

Om de gezondheidsrisico's van warm weer te beperken hebben het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), het Nederlandse Rode Kruis, ActiZ, GHOR Nederland en GGD Nederland in 2007 het Nationaal Hitteplan (VWS, 2007) opgesteld. In dat plan wordt aangegeven wie verantwoordelijk is voor het attenderen en waarschuwen van het publiek voor perioden van aanhoudende hitte. Het plan beschrijft ook de werkwijze voor het doorgeven van waarschuwingsberichten aan betrokkenen. In Nederland wordt het Nationaal Hitteplan geactiveerd wanneer de voorspelde maximale temperatuur ten minste vier dagen hoger is dan 27°C. In opdracht van het Ministerie van VWS heeft het RIVM met GGD' en, KNMI en TNO de richtlijn 'Gezondheidsrisico's van zomerse omstandigheden' (De Meer et al., 2012) ontwikkeld. GGD-medewerkers kunnen hieruit informatie putten over de gezondheidsrisico's van warm zomerweer en over maatregelen om deze te voorkomen en maatregelen die voorafgaande aan de zomer genomen kunnen worden als voorbereiding op hitte. Voor winterse omstandigheden is een soortgelijke richtlijn (Noorda et al., 2009) ontwikkeld.

#### *Risicogroepen*

Niet iedereen is even gevoelig voor hitte, kou en smog. De risicogroepen voor nadelige effecten van hitte en kou zijn wel grotendeels gelijk.

Vanuit **individuele factoren** zijn ouderen, jonge kinderen, mensen met overgewicht met name bij hitte) of een chronische aandoening (hart- en vaatziekten en luchtwegaandoeningen) en mensen die gebruikmaken van bepaalde medicamenten, alcohol en drugs kwetsbaar voor hitte en kou. Tijdens deze perioden kunnen al aanwezige gezondheidsklachten verergeren. Mensen met chronische long- en/of hart- en vaatziekten, ouderen en kinderen zijn kwetsbaar voor gezondheidsklachten door smog. Ook mensen die veel inspanning leveren en daardoor meer (verontreinigde) lucht inademen, zoals sporters, mensen die zware lichamelijke arbeid buiten verrichten en kinderen die buiten spelen, lopen een groter risico op gezondheidsklachten. Ernstige smog heeft effecten op de gehele bevolking en heeft toenemende klachten bij mensen met verhoogde gevoeligheid en verhoogde blootstelling tot gevolg. (Zuurbier et al., 2012).

In veel landen vindt vergrijzing van de bevolking plaats, waardoor de kwetsbare groep in omvang toeneemt. De verhoogde sterfte bij warm weer onder ouderen doet zich vooral voor bij bewoners van verpleeghuizen (in vergelijking met zelfstandig wonende ouderen) (Garssen et al., 2005). De Meer et al. (2012) verklaren deze oversterfte door het binnenklimaat tijdens warme perioden, de

gezondheid van de bewoners en de mate waarin de verzorging is aangepast aan de temperatuur.

Vanuit **woonomstandigheden** vormen mensen woonachtig in stedelijke gebieden, zorginstellingen of woningen die onvoldoende gekoeld of verwarmd (kunnen) worden een risicogroep. Ook **sociaal** geïsoleerde personen, personen die te maken hebben met uithuiszetting, of afsluiting van nutsvoorzieningen, en dak- en thuislozen behoren tot de risicogroepen. In Tabel 4.1 zijn voor verschillende risicogroepen factoren van gezondheidseffecten weergegeven.

*Tabel 4.1 Risicogroepen en -factoren voor directe gezondheidseffecten van klimaatverandering.*

| Risicogroepen en -factoren |                                              | Hitte | Kou | Lucht-veront-reiniging |
|----------------------------|----------------------------------------------|-------|-----|------------------------|
| Persoonlijke factoren      | Kinderen                                     |       |     |                        |
|                            | Ouderen                                      |       |     |                        |
|                            | Chronisch zieken <sup>1</sup>                |       |     |                        |
|                            | Mensen met overgewicht                       |       |     |                        |
|                            | Mensen die veel inspanning leveren           |       |     |                        |
|                            | Gebruikers medicamenten, alcohol, drugs      |       |     |                        |
| Woon-omstandigheden        | Wonen in stedelijke gebieden                 |       |     |                        |
|                            | Wonen in zorginstellingen                    |       |     |                        |
|                            | Huisuitzetting, afsluiting nutsvoorzieningen |       |     |                        |
| Sociale situatie           | Sociaal geïsoleerden                         |       |     |                        |
|                            | Dak- en thuislozen                           |       |     |                        |

<sup>1</sup> Chronische aandoeningen met een verhoogde sterfte tijdens aanhoudend warm weer zijn: diabetes mellitus, neuro-psychiatrische aandoeningen, hart- en vaat-aandoeningen, chronische longziekten, nieraandoeningen, (personen met een) lichamelijke beperking.

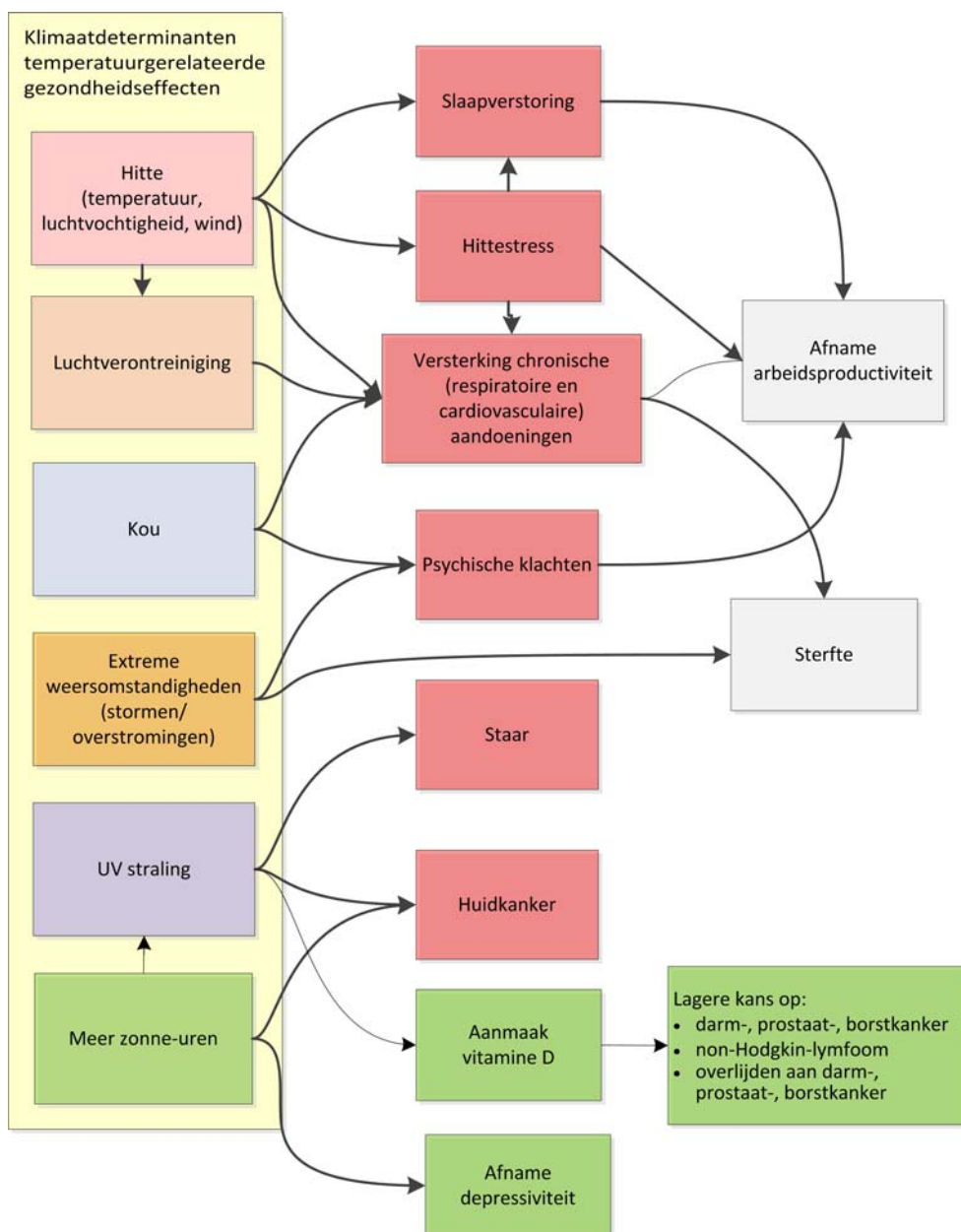
#### *Gezondheidseffecten*

In Figuur 4.1 zijn de directe gezondheidseffecten van klimaatverandering weergegeven. Deze figuur laat zien dat sterfte slechts een van de vele mogelijke gezondheidseffecten is. Het meeste onderzoek betreft echter sterfte-effecten; kennis over de relatie tussen temperatuur (inclusief hitte) en ziekte in Nederland ontbreekt vooralsnog.

#### Optimale temperatuur

Huynen et al. (2001) toonden aan dat de relatie tussen sterfte en temperatuur via een V-curve verloopt, waarbij de optimale temperatuur (de gemiddelde temperatuur met de laagste sterfte) rond 16 à 17°C ligt. Boven en onder dit optimum neemt de sterfte toe.

Deze V- of U-vormige relatie is ook in andere landen aangetoond (Alberdi et al., 1998; Rooney et al., 1998; Ballester et al., 1997; Pan et al., 1995; Kunst et al., 1993; Lindeboom et al., 2012; Wu et al., 2013; Baccini et al., 2008; Tawatsupa et al., 2008). De optimale temperatuur is echter plaatsafhankelijk (Baccini et al., 2008; Huang et al. 2011). In landen met een warmer klimaat ligt de optimale temperatuur hoger. Over het algemeen verhoogt de mortaliteit tussen 1-3% per graad Celsius temperatuurverhoging (Forsberg et al., 2012). Dit is in lijn met de resultaten van de Nederlandse studie van Huynen et al. (2001).



Figuur 4.1 Directe gezondheidseffecten van klimaatverandering.

#### Hitte

Warmere zomers, met meer hittegolven, leiden tot meer ziekte en voortijdige sterfte onder kwetsbare groepen. Hittestress is een situatie waarin mensen last krijgen van de hitte en de kans op gezondheidsproblemen toeneemt. Naast temperatuur spelen ook luchtvochtigheid, windsnelheid en zonnestraling een rol bij hittestress. De effecten van hittestress variëren van huiduitslag tot luchtwegklachten of zelfs hitteberoerte. Met name ouderen<sup>1</sup>, personen met luchtwegaandoeningen en personen met hart- en vaatziekten blijken gevoelig voor hittestress. Hitte leidt ook tot slapverstoring (kortere slaap en van mindere kwaliteit) en verminderde alertheid en aandacht (De Meer et al., 2012).

<sup>1</sup> Oudere mensen vormen een risicogroep voor gezondheidseffecten van hitte, vanwege een verminderd vermogen voor thermoregulatie als gevolg van veroudering en/of chronische aandoeningen en medicijngebruik.

Slaapverstoring door nachtelijke warmte leidt overdag tot concentratieverlies, lusteloosheid, vermoeidheid en prikkelbaarheid. In het algemeen leiden deze verschijnselen niet tot ernstige problemen, tenzij dit leidt tot gevaarlijke situaties in bijvoorbeeld verkeer of werk (De Meer et al., 2012).

#### Hittegerelateerde sterfte

Perioden van aanhoudende hitte gaan vaak gepaard met een geobserveerde toename in sterfte. De toegenomen sterfte (oversterfte) bij warm weer is het hoogst op de dag van de hitte zelf en loopt door tot 2-3 dagen daarna (Huynen et al., 2001; De Meer et al., 2012). De oorzaken van sterfte zijn dus vrijwel altijd acuut.

In Nederland resulteerden de extreem hoge temperaturen tijdens de hittegolven in de periode 1979-1997 in gemiddeld 40 extra sterfgevallen per hittegolfdag (Huynen et al., 2001). Dit is een oversterfte van ongeveer 13%. Een vergelijkbare oversterfte werd in Nederland geobserveerd tijdens de extreme hitte in augustus 2003; ongeveer 400 tot 500 extra sterfgevallen in een periode van twee weken (Garssen et al., 2005). Het CBS heeft berekend dat in 2010, tijdens een periode van aanhoudende warmte (waaronder twaalfdaagse hittegolf, acht dagen warmer dan 30°C) naar schatting 660 mensen meer overleden dan normaal (CBS, 2011) en in juli 2006, tijdens een lange periode van aanhoudende warmte, waaronder zestiendaagse hittegolf, naar schatting 1000 mensen meer overleden dan in een gemiddelde julimaand (CBS, 2006).

Slechts een klein deel van de totale sterfte tijdens hittegolven is het gevolg van een hitteberoerte, het merendeel is toe te schrijven aan cardiovasculaire en respiratoire ziekten (Forsberg et al., 2013). Hite verergert dus al bestaande cardiovasculaire en respiratoire ziekten.

De extra sterfte tijdens hittegolven bestaat deels uit personen bij wie het tijdstip van overlijden door de hitte 'slechts' een aantal dagen, weken of maanden is vervroegd (het zogenaamde 'oogsteffect'). De schattingen met betrekking tot de omvang van dit effect lopen echter zeer uiteen. Hierbij dient te worden aangetekend dat in Frankrijk geen duidelijk oogsteffect is waargenomen na de hittegolf van 2003 (Le Tertre et al., 2006).

Bouchama en Knochel (2002) stellen dat data met betrekking tot de incidentie van hitteberoerte waarschijnlijk ondergerapporteerd zijn, omdat deze aandoening niet vaak gediagnosticeerd wordt en omdat de criteria om een ziekte of overlijden wel of niet aan hitte toe te schrijven variëren. Veel slachtoffers overlijden thuis. Als doodsoorzaak wordt dan vaak de meest duidelijke aandoening geregistreerd.

#### Hittegerelateerde ziekte

Een deel van de hittegerelateerde ziekte wordt waarschijnlijk niet als zodanig geregistreerd (Bouchama en Knochel, 2002). De incidentie van hittegerelateerde ziekte is hierdoor minder bekend dan de incidentie van hittegerelateerde sterfte. In Nederland is nog geen onderzoek naar gedaan naar hittegerelateerde ziekte. In enkele buitenlandse onderzoeken naar hittegerelateerde ziekte (o.a. Hames en Vardoulakis, 2012; Åström et al., 2013; Rocklöv en Forsberg, 2009; Guirguis 2014) is gekeken naar het aantal ziekenhuisopnames.

Guirguis et al. (2014) zagen in California een totale toename in ziekenhuisopnames van 7% op de heetste dag tijdens hittegolven in de periode 1999-2009. De toename van ziekenhuisopnames tijdens hitte betreft bij ouderen met name respiratoire aandoeningen (COPD), nierfalen en dehydratie (Semenza et al., 1999; Kovats et al., 2004). Voor cardiovasculaire aandoeningen wordt door Michelozzi et al. (2009) geen toename van het aantal ziekenhuisopnames

tijdens hitte waargenomen, ondanks de toename van sterfte, terwijl Knowlton et al. (2009), Guirguis et al. (2014) en Lin et al. (2009) wel een toename van het aantal ziekenhuisopnames rapporteren gedurende hittegolven in Californië en New York.

#### Stedelijk warmte-eilandeffect

Het stedelijk warmte-eilandeffect versterkt hittestress. In stedelijke gebieden is de gemiddelde temperatuur hoger dan in het omliggende landelijk gebied. Er vindt in de stad meer absorptie van zonlicht plaats door aanwezige donkere materialen zoals woningen en asfalt. Tegelijkertijd is er minder warmteverlies door de lagere verdamping en windsnelheden. Bovendien komt er in stedelijk gebied ook meer warmte vrij door menselijke activiteiten zoals verwarming, gemotoriseerd vervoer en airconditioning. Hierdoor is de temperatuur in een stedelijk gebied (met name 's nachts) gemiddeld hoger dan in het omliggende landelijk gebied, het zogenaamde stedelijk hitte-eilandeffect.

Het stedelijk warmte-eilandeffect is sterk afhankelijk van de bebouwingsgraad, de hoeveelheid groen en van bewolking, windrichting en windsnelheid. Overdag kan het verschil in temperatuur oplopen tot 9°C, maar gemiddeld voor de 73 grootste steden in Nederland is het 2,9 graden. 's Nachts is het stedelijk hitte-eilandeffect gemiddeld 2,4 graden (Klok et al., 2012).

#### *Luchtverontreiniging en smog*

Tijdens perioden met warm weer zijn concentraties van luchtverontreinigende stoffen zoals ozon (O<sub>3</sub>), fijn stof (PM<sub>10</sub>) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) vaak verhoogd. Een korte periode met hoge concentraties luchtverontreiniging noemen we smogepisode. In ons land gaat het vooral om ozon en fijnstof. Smog door fijnstof kan het gehele jaar voorkomen. Smog door ozon komt alleen in de zomer voor als stikstofoxiden en vluchtige koolwaterstoffen onder invloed van zonlicht reageren tot ozon. In jaren met veel zomerse dagen is er meestal sprake van meer overschrijdingen (Mooibroek et al., 2013). Door klimaatverandering zullen zomerse dagen vaker voorkomen.

De laatste jaren is het aantal dagen waarop er sprake is van matige of ernstige smog door ozon afgenomen. De fijnstofconcentraties dalen sinds het begin van de jaren negentig (Buijsman et al., 2013).

In Nederland sterven jaarlijks naar schatting 1.300 mensen vroegtijdig door hoge ozonniveaus (Van Pul et al., 2011). Blootstelling aan fijnstof lijkt bij alle niveaus waarschijnlijk te leiden tot nadelige gezondheidseffecten. De gemiddelde levensduurverkorting door al het fijnstof bedraagt in Nederland ongeveer een jaar. In 2009 overleden naar schatting 1.800 mensen vroegtijdig (enkele dagen tot maanden) door de effecten van kortdurende blootstelling aan fijnstof (Buijsman et al., 2013).

De weersomstandigheden rondom een hittegolf zijn vaak bijzonder gunstig voor de vorming van zomersmog en deze verhoogde concentraties luchtverontreiniging spelen waarschijnlijk ook een rol bij het waargenomen gezondheidseffect van hitte (Filleul et al., 2006). Uit onderzoek blijkt dat deze verhoogde luchtverontreiniging in Nederland mogelijk verantwoordelijk was voor circa 25 tot 40% van de waargenomen oversterfte in de zeer warme zomer van 2003 (Fischer et al., 2005).

Tijdens een hittegolf is het effect van luchtverontreiniging op sterfte wellicht sterker dan op andere zomerse dagen (Basu et al., 2009; Van Pul et al., 2011; Analitis et al., 2012). Wanneer er een hittegolf voorspeld is, zou het beleid zich

dus kunnen richten op gedragsbeïnvloedende of andere uitstootbeperkende maatregelen om zo de luchtvervuiling tijdens hitte te verminderen (Analitis et al. 2012). In een aantal Europese landen, onder andere België, worden tijdelijke verkeersmaatregelen ingesteld tijdens smogsituaties. In Nederland wordt smog door ozon en fijnstof slechts in beperkte mate veroorzaakt door lokale bronnen van luchtverontreiniging. Maatregelen als verlaging van de maximumsnelheid van het verkeer, hebben maar weinig effect heeft op hoge concentraties PM<sub>10</sub> tijdens smogepisoden<sup>2</sup> en nagenoeg geen effect op ozon (Keller et al., 2008). In Nederland worden bij ernstige smog de bevolking en maatschappelijke organisaties geïnformeerd over de situatie. In de Smogregeling 2010 (VROM, 2010) staat beschreven welke stappen er genomen moeten worden om de bevolking via de radio, televisie, kranten of het internet in te lichten wanneer een informatiedrempel of alarmdrempel voor ozon, fijnstof SO<sub>2</sub> of NO<sub>2</sub> wordt overschreden.

#### *Kou*

In Europa vallen de meeste 'seizoensdoden' in de winter. Volgens Healy (2003) bedroeg in Nederland de wintersterfte<sup>3</sup> in de winters van 1988-1997 11%.

In Nederland wordt de wintersterfte vooral toegeschreven aan hart -en vaatziekten, luchtwegaandoeningen en sterfte onder ouderen (Huynen et al., 2001). Het is niet precies duidelijk welk aandeel de factoren uit het buiten- en binnenmilieu hieraan leveren en waardoor mensen precies ziek worden of overlijden. Sterfte door onderkoeling speelt bij de doodsoorzaken een ondergeschikte rol (Noorda et al., 2009).

#### *Extreme weersomstandigheden (overstromingen en wind)*

De aanpak van klimaatrisico's rond waterveiligheid, zoetwatervoorziening en het klimaatbestendig maken van steden maakt deel uit van het Deltaprogramma. In dit hoofdstuk worden de risico's van overstromingen en stormen dan ook verder niet beschreven.

#### *Uv-straling*

Uv-straling van de zon draagt bij aan de vorming van vitamine D in de huid. Hierdoor blijft de botstofwisseling op peil. Er zijn aanwijzingen dat vitamine D een rol speelt bij een lager risico op het optreden van en de sterfte aan diverse vormen van kanker anders dan huidkanker. Deze aanwijzingen zijn het sterkst voor darm-, prostaat- en borstkanker en het non-Hodgkin-lymfoom (KWF Kankerbestrijding, 2010).

Uv-straling heeft echter ook een aantal nadelige invloeden op de gezondheid zoals de bijdrage aan de vorming van huidkanker. Deze invloeden worden hieronder beschreven.

#### Huidkanker

Overmatige en onregelmatige blootstelling aan uv-straling van zonlicht en/of zonnebanken wordt beschouwd als de belangrijkste omgevingsfactor voor het ontstaan van huidkanker (KWF Kankerbestrijding, 2010). De opgelopen schade komt pas na tientallen jaren tot uitdrukking in het ontstaan van huidkanker (Nijsten en Hollestein, 2014). Het effect van een toename in de blootstelling

<sup>2</sup> Snelheidsbeperkende maatregelen verlagen de jaargemiddelde concentraties fijn stof met enkele microgrammen/m<sup>3</sup> (Dijkema et al., 2008; Keuken et al., 2010). Dit is uiteraard wel relevant voor de langetermijnblootstelling.

<sup>3</sup> Wintersterfte is het surplus van het aantal sterfgevallen tijdens de winter (december-maart) in vergelijking met het gemiddelde van de niet-winterse seizoenen (april-november) (Healy, 2003).

leidt dus pas na tientallen jaren tot toename in het aantal gevallen van huidkanker. Er zijn drie vormen van huidkanker:

- melanomen, 10% van de nieuwe gevallen, 87% van de sterfte;
- plaveiselcelcarcinomen, 20% van de nieuwe gevallen, circa 12% van de sterfte;
- basaalcelcarcinomen, 70% van de nieuwe gevallen, minder dan 1% van de sterfte.

Het aantal personen met huidkanker (melanoom, plaveiselcelcarcinoom en zeer zeldzame huidtumoren<sup>4</sup>) op 1 januari 2011 was 69.194 (prevalentie), waarvan 14.372 nieuwe patiënten (incidentie). De afgelopen twintig jaar is het aantal nieuwe patiënten met melanoom flink gestegen (mannen met 200%, vrouwen met 130%). In 2012 overleden er 909 mensen aan huidkanker. De sterfte aan melanoom is tussen 1980 en 2012 gestegen (mannen met bijna 150%, vrouwen met 80%). De sterfte aan andere vormen van huidkanker is in deze periode gedaald. De stijgende incidentie is deels te verklaren doordat mensen en artsen zich meer bewust zijn geworden van huidkanker, de toename in onregelmatige en overmatige blootstelling aan uv-straling (vooral tijdens kinderjaren) (Nijsten en Hollestein, 2014) en de sinds 1989 verbeterde registratie van huidkanker.

De relatie tussen huidkanker en klimaatverandering is nog erg onduidelijk (Hames en Vardoulakis, 2012). Ook is het huidige en toekomstige gedrag moeilijk te kwantificeren.

#### Staar

Uv-straling draagt bij aan staarvorming, maar de mate waarin is onduidelijk. De Gezondheidsraad beschrijft dat de bijdrage van uv-straling sterk afhankelijk is van allerlei externe factoren, waaronder het gedrag. Mogelijk zijn deze factoren bepalender voor het voorkomen van staar (Gezondheidsraad, 1994).

## **4.2 Directe gezondheidseffecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving**

### *Hitte*

In onderzoeken van Åström et al. (2013), Forsberg et al. (2012) en Orru et al. (2013) is gekeken naar de totale sterfte en de hittegerelateerde respiratoire ziekenhuisopnames in Europa en klimaatverandering. Zij verwachten in Europa een toename in de mortaliteit en morbiditeit (respiratoire ziekenhuisopnames) in de komende veertig jaar. De in Tabel 4.2 weergegeven percentages zijn gerelateerd aan de verwachte jaarlijkse mortaliteit (Forsberg et al., 2012). Omdat in de zomermaanden de temperatuur hoger is, kunnen de toenames in deze maanden twee tot vier keer hoger zijn. Deze onderzoeken houden geen rekening met bevolkingsopbouw en -samenstelling en het stedelijk warmte-eilandeffect.

Het effect van hitte is groter in stedelijke gebieden, omdat zij extra opwarmen en 's nachts minder afkoelen. Ruim 40% van de Nederlanders woont in een stedelijke omgeving. Het KNMI verwacht dat de huidige opwarming in de stad gelijk is aan de voor 2050 verwachte gemiddelde temperatuurstijging (KNMI, 2014).

Door de verwachte vergrijzing en verstedelijking zijn de door Forsberg et al. (2012) geschatte effecten dus waarschijnlijk te behoudend.

<sup>4</sup> Het Integraal Kankercentrum Nederland (IKNL) heeft geen landelijke registratie van het basaalcelcarcinoom. Op basis van extrapolatie van regionale incidentiecijfers wordt het aantal nieuwe gevallen basaalcelcarcinoom geschat op 34.600.

Nog niet gepubliceerde resultaten voor de Nederlandse situatie laten zien dat – op basis van de KNMI'06 klimaatscenario's – de hittegerelateerde sterfte (als percentage van de totale sterfte; Population Attributable Fraction) toeneemt van 1,1% in 1990 tot 1,5-3,0% in 2050. Bevolkingsgroei, veroudering en eventuele adaptatie zijn niet meegenomen in deze berekeningen (persoonlijke communicatie Maud Huynen, 28 augustus 2014). Demografische ontwikkelingen zijn echter wel meegenomen in een recente studie in het Verenigd Koninkrijk (Hajat et al. 2014); de resultaten laten zien dat zonder adaptatie het huidige aantal hittegerelateerde sterfgevallen (circa 2.000 in het Verenigd Koninkrijk) met 257% kan toenemen in 2050 door klimaatverandering, bevolkingsgroei en veroudering. De toename van de omvang van kwetsbare groepen versterkt het effect van klimaatverandering.

Bij binnentemperaturen hoger dan 25°C, neemt de arbeidsproductiviteit af (Hübler en Klepper, 2007). Hoogvliet et al. (2012) berekenden dat de kosten van afname van de arbeidsproductiviteit konden variëren tussen 0 en 391 mln. euro/jaar omstreeks 2050, afhankelijk van de mate van klimaatverandering. Niet beschreven is hoe de buitentemperatuur vertaald is naar de binnentemperatuur en hoe het effect van koeling hierin is meegenomen.

*Tabel 4.2 Gemiddelde verwachte toename (%) in mortaliteit en respiratoire morbiditeit (ziekenhuisopnames) in 2035 bij twee klimaatmodellen (Echam4<sup>5</sup> en HadCM3<sup>6</sup>, voor Nederland) (Forsberg et al., 2012).*

| Mortaliteit |        | Respiratoire ziekenhuisopnames |        |
|-------------|--------|--------------------------------|--------|
| Echam4      | HadCM3 | Echam4                         | HadCM3 |
| 0,39%       | 0,51%  | 0,34%                          | 0,23%  |

#### *Kou*

De wetenschappelijke literatuur is niet eenduidig voor zover het koude-gerelateerde sterfte betreft. Tot nu toe werd verondersteld dat door zachtere winters de koudesterfte afneemt en dat deze de toename van de zomersterfte mogelijk overtreft. Hames en Vardoulakis (2012) beschrijven voor het Verenigd Koninkrijk eveneens een afname van het aantal doden door kou per jaar als gevolg van klimaatverandering. Hierbij maken ze wel de aantekening dat mensen in de toekomst waarschijnlijk minder aan koud weer gewend zijn. Als korte perioden met lage temperaturen naar verwachting vaker voorkomen kan dit in verhouding tot meer sterfgevallen en ziekenhuisopnames leiden. Wel zal het aantal winterdoden als gevolg van mildere winters afnemen. Deze afname wordt recentelijk in verschillende onderzoeken ter discussie gesteld (Staddon et al., 2014 en Hunang et al., 2014), mede op basis van mogelijke veranderingen in sociaaleconomische culturele en fysiologische aanpassingen.

Volgens Staddon et al. (2014) kan de wintersterfte de komende jaren zelfs toenemen. De afgelopen twintig jaar vertonen de winters meer temperatuurschommelingen. Naar verwachting worden in het Verenigd Koninkrijk de winters over het algemeen minder koud, maar zijn er meer dagen

<sup>5</sup> Echam4 is een klimaatmodel gebaseerd op de SRES (Special Report Emissions Scenarios) klimaatscenario A2 (grotere temperatuurtoename in Centraal- en Noord-Europa, tragere economische groei en een minder snelle introductie van nieuwe en efficiëntere technologieën). Dit scenario past bij de W-scenario's van het KNMI.

<sup>6</sup> HadCM3 is een klimaatmodel gebaseerd op het IPPC klimaatscenario A1B (grotere temperatuurtoename in de Middelen, en snelle economische groei en een snelle introductie van nieuwe en efficiëntere technologieën, met balans tussen fossiele en niet-fossiele brandstoffen.). Dit scenario past bij de W-scenario's van het KNMI.

van extreme kou. Doordat bewoners minder gewend zijn aan kou en door vergrijzing zal het aantal winterdoden toenemen.

Grijbovski et al. (2012) concluderen dat bewoners van koude gebieden beter aangepast zijn aan kou dan bewoners in andere gebieden. Ook onder andere Healy et al. (2003) en IPPC (2007) stellen dat bewoners van gebieden met zachtere winters gevoeliger zijn voor koude. Of en in welke mate de gevoeligheid aan kou in Nederland als gevolg van zachtere winters gaat veranderen is niet duidelijk.

#### *Luchtverontreiniging*

Ozonconcentraties worden sterk beïnvloed door meteorologische omstandigheden (met name temperatuur). Door klimaatverandering kunnen ozonpiekconcentraties in de toekomst wellicht weer toenemen in Nederland (Ebi et al., 2008; Van Pul et al., 2011) omdat het dan vaker warm zal zijn in het zomerseizoen. In de KNMI'14-klimaatscenario's wordt een toename van de ozon- en fijnstofconcentraties verwacht. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de effecten van innovaties en milieubeleid. Afhankelijk van het scenario is de toename van de ozonconcentratie berekend op 9 tot 21%. Het aantal dagen met een ozonconcentratie hoger dan 180 microgram per kubieke meter neemt daarmee ook toe.<sup>7</sup>

De Deltascenario's beschrijven verschillende ontwikkelingen ten aanzien van innovatie, gestuurd door de overheid (RUST en WARM) dan wel door private partijen (DRUK en STOOM). Het verschil zit vooral in de schaal waarop initiatieven worden ontplooid: lokaal en versnipperd maar hoogwaardig bij DRUK en STOOM en landelijk/Europees maar met een beperkt gemiddeld resultaat voor RUST en WARM.

Orru et al. (2013) hebben de gevolgen van klimaatverandering op ozongerelateerde mortaliteit en mortaliteit in Europa geschat. In Tabel 4.3 zijn de door Orru et al. (2013) geschatte jaarlijkse ozongerelateerde vervroegde sterfte en respiratoire ziekenhuisopnames door klimaatverandering weergegeven. Volgens Orru is in Nederland in de periode 1990-2009 de ozongerelateerde mortaliteit en morbiditeit door klimaatverandering met 4,7% toegenomen ten opzichte van de periode 1961-1990. Orru et al. (2013), verwachten een stijging van de ozongerelateerde mortaliteit en morbiditeit van ruim 13,6% ten opzichte van de periode 1961-1990.

*Tabel 4.3 Geschatte jaarlijkse ozongerelateerde vervroegde sterfte en respiratoire ziekenhuisopnames in Nederland (Orru et al., 2013).*

| <b>Periode</b> | <b>Mortaliteit<sup>1</sup></b> | <b>Morbiditeit<sup>2</sup></b> |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1961-1990      | 696                            | 526                            |
| 1991-2009      | 729                            | 551                            |
| 2021-2050      | 776                            | 586                            |
| 2041-2060      | 791                            | 598                            |

<sup>1</sup> Mortaliteit is uitgedrukt in het aantal doden per jaar.

<sup>2</sup> Morbiditeit is uitgedrukt in het aantal ziekenhuisopnames per jaar.

<sup>7</sup> In 2003 en 2006 was op 11 dagen de ozonconcentratie hoger dan 180 microgram per kubieke meter. In 2050 zal dit toenemen. In de G<sub>L</sub>-scenario tot 14 dagen per jaar, in W<sub>H</sub>-scenario 19 dagen in 2050.

### *Uv-straling*

In de KNMI'14-scenario's (KNMI, 2014) neemt de uv-blootstelling niet toe. Op basis van uitsluitend demografische ontwikkelingen zal de incidentie van huidkanker in de periode 2011-2030 naar verwachting toenemen met 60% voor mannen en 31% voor vrouwen (KWF Kankerbestrijding, 2011). Volgens RIVM-scenario's zullen er in 2050 in totaal 135.000 huidkankergevallen in Nederland voorkomen. Er is bij deze verwachtingen geen rekening gehouden met het effect van gedragsverandering.

([http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV\\_ozonlaag\\_en\\_klimaat/Scenario%E2%80%900%99s\\_en\\_risico%E2%80%99s](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV_ozonlaag_en_klimaat/Scenario%E2%80%900%99s_en_risico%E2%80%99s)).

## 5 Effecten klimaatverandering op aeroallergenen

### 5.1 Huidige situatie aeroallergenen

#### *Pollen en huismijtallergenen*

Door Huynen et al. (2008) is beschreven dat in West-Europa in de afgelopen decennia een toename van allergische aandoeningen, zoals hooikoorts en eczeem, is waargenomen. Door klimaatverandering zou blootstelling aan belangrijke allergenen via de lucht mogelijk toe kunnen nemen. Daarbij spelen echter ook andere factoren een rol. Het gaat dan vooral om pollen, huismijtallergenen en schimmels. Ook voor Nederland geldt dat het aantal mensen met allergische aandoeningen in de laatste decennia gestaag is toegenomen, maar de piek lijkt inmiddels te zijn bereikt. Op basis van huisartsregistraties van de afgelopen tien jaar is door Suijkerbuijk et al. (2013) onderzocht of het voorkomen van allergische rinitis nog verder is toegenomen. Dit bleek niet het geval te zijn. Van de mensen die luchtwegklachten hebben zoals astma, heeft een groot aantal ook hooikoorts of andere allergische aandoeningen. De relatie is echter complex. Toename van de blootstelling aan allergenen leidt tot meer prikkels voor mensen met luchtwegklachten.

Op basis van het aantal gebruikers van antihistaminica (medicatie tegen hooikoorts en allergie) in 2008, wordt geschat dat ten minste 1,2 miljoen mensen kampen met allergische klachten. Huisartsenregistraties alleen leiden tot een onderschatting van het vóórkomen van allergische rinitis, omdat de huisarts hiervoor veelal niet wordt bezocht (<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/allergie/omvang/>). Door Bousquet et al. (2008) is het voorkomen van allergische rinitis voor vijftien landen in 35 gebieden onderzocht. De waargenomen percentages variëren van 12% in Oviedo (Spanje) tot 46% in Melbourne (Australië). Deze spreiding wordt ook veroorzaakt door de verschillende methodieken die zijn gehanteerd. Voor Nederland is een range van 16-21% gerapporteerd als aandeel van de bevolking die last heeft van allergische rinitis. In een ander bevolkingsonderzoek uit 2002 (Europees Luchtweg Onderzoek Nederland, ELON) rapporteerde 33% van de deelnemers (20-45 jaar) dat zij 'enige vorm van neusallergie, inclusief hooikoorts' hadden. In het kader van de ISAAC-III-studie werd in 2003 aan 6.896 kinderen in de leeftijd van 13 en 14 jaar gevraagd naar symptomen gerelateerd aan rinitis. Hieruit bleek dat 28% van de kinderen te maken had met neusklachten, 9,5% met neus- en oogklachten en 23,3% met hooikoorts (Ait-Khaled et al., 2009). In PIAMA-onderzoek (Preventie en Incidentie van Astma en Mijt Allergie) zijn van 1996 tot 2008 ruim 4000 pasgeboren kinderen van moeders met een allergie, tot aan het achtste levensjaar van het kind gevolgd. Het onderzoek is daarna voortgezet met een deel van deze groep. Uit het onderzoek blijkt dat op de leeftijd van 2 tot 3 jaar ongeveer 1 op de 5 meisjes en 1 op de 4 jongens astmasymptomen heeft. Bij de leeftijd van 6 tot 7 jaar is dit afgenomen tot 10% van de meisjes en 15% van de jongens, dit blijft tot de leeftijd van 11 jaar ongeveer stabiel. Bij kinderen met astmasymptomen komt meer luchtwegallergie voor. Op de leeftijd van 3 jaar heeft 6% luchtwegallergie en op de leeftijd van 11 jaar heeft ruim 40% luchtwegallergie (Wijga et al., 2011).

#### *Eikenprocessierups*

Naast allergenen afkomstig van pollen en huismijt ondervinden jaarlijks zo'n 80.000 mensen (Jans, 2012) gezondheidsklachten door de eikenprocessierups

doordat zij in aanraking komen met de brandharen van de rups. De klachten betreffen meestal jeuk en huiduitslag, maar kunnen ook in combinatie voorkomen met oogklachten en luchtwegklachten (Hagens en Mulder, 2013). Deze brandharen kunnen ook via de lucht worden verspreid.

Uit de meldingen van de eikenprocessierups in Nederland blijkt dat de rups inmiddels in het gehele land voorkomt (Hagens en Mulder, 2013). Bij hogere temperaturen kan de rups beter gedijen. Hoe de verspreiding verder zal verlopen is niet goed te voorspellen met de bestaande verspreidingsmodellen. Naast temperatuurverandering lijken ook andere factoren, zoals stikstofdepositie een rol te spelen. Met de verspreiding van de eikenprocessierups, nemen de overlast en het aantal meldingen van gezondheidsklachten van de brandharen van de rups toe, met name in het plaagseizoen (mei, juni, juli en augustus). Anderzijds werken terreinbeheerders en gemeenten aan gerichte bestrijding van de rupsen en lijkt dit te leiden tot vermindering van het aantal gezondheidsklachten (mondelinge mededeling B. Rozema, GGD Amsterdam, 17 april 2014). Mede door temperatuurverandering kunnen andere soorten, zoals de dennenprocessierups, mogelijk ook in Nederland gaan voorkomen. Deze rups, die van oorsprong afkomstig is van het Middellandse Zee-gebied, wordt inmiddels al in Noord-Frankrijk aangetroffen (Van Ass et al., 2008).

#### *Zorguitgaven*

Door Suijkerbuijk et al. (2013) is onderzocht wat de kosten zijn van respiratoire allergie, astma en COPD. De cijfers zijn gebaseerd op nieuwe analyses van de kosten in 2007. Opgemerkt wordt hierbij dat maar een deel van de ziektelast door astma en COPD een relatie heeft met allergenen en klimaatverandering. Het is onduidelijk hoe groot dit deel precies is.

De kosten voor respiratoire allergie waren in 2007, € 102 miljoen, gemiddeld € 170 per patiënt. Medicatiekosten vormden hierin het grootste deel, namelijk 90%. Er waren te weinig data beschikbaar om de ziekteverzuimkosten betrouwbaar te schatten.

Voor astma bedroegen de medische kosten in totaal € 287 miljoen, gemiddeld € 530 per patiënt. Dit bedrag bestaat voor bijna driekwart uit kosten voor medicijnen. Bij werknemers komt daar nog gemiddeld € 1200 per persoon per jaar bovenop vanwege extra ziekteverzuim door astma. Van hen verzuimen werknemers die ouder zijn dan 55 jaar het meest.

De medische kosten voor COPD in Nederland in 2007 waren € 415 miljoen, gemiddeld € 1400 per patiënt. Hierbij waren geneesmiddelen, ziekenhuisopnames en langdurige zorg (zoals thuiszorg en in verzorgingshuizen) de belangrijke kostenposten. Kosten van arbeidsongeschiktheid waren voor werkenden met COPD gemiddeld € 1.200 per persoon. Voor ziekteverzuim waren deze gemiddeld € 1.900 per werkende met COPD. Deze kosten overtreffen veruit de kosten van het zorggebruik voor COPD.

Cijfers over de kosten van bestrijding van de eikenprocessierups en de behandeling van gezondheidsklachten zijn niet bekend.

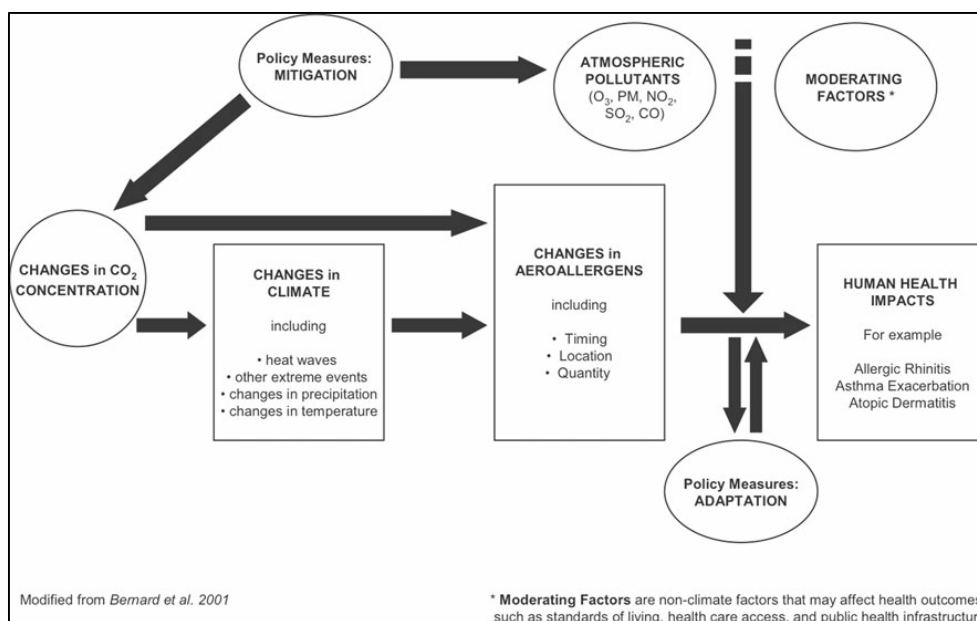
## 5.2 Effecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving op aeroallergenen

### *Verandering pollenseizoen*

Amato et al. (2007) beschrijven de ontwikkeling van het voorkomen van pollen in Europa en daaraan gerelateerde allergieën. Zij concluderen dat het voorkomen van pollen verandert door culturele factoren zoals de import van planten, bijvoorbeeld de cypres voor aanplant in parken, de import van zaden en zaadmengsels waarmee planten zoals ambrosia worden geïntroduceerd en de verandering van het klimaat. De toename van extreme weersomstandigheden en langdurige perioden met wind uit een bepaalde richting bij bepaalde scenario's door klimaatverandering, kan tot gevolg hebben dat pollen en daarmee allergenen zich over een groter gebied kunnen verspreiden. Verder lijken verstedelijking, grote hoeveelheden uitlaatgassen en leefstijl, zoals het hebben van huisdieren, roken en hygiëne in huis (Wijga et al., 2011), van invloed te zijn op de toename van het voorkomen van hooikoortsgerelateerde allergieën. De mate van verstedelijking en luchtverontreiniging verschilt per scenario.

Mensen in stedelijk gebied lijken meer te kampen te hebben met respiratoire allergie dan mensen die in landelijk gebied wonen. Als belangrijkste bronnen van allergenen in Noord-Europa noemen Amato et al. (2007) grassen, berk, els en hazelaar. Opkomende soorten uit Zuid- en Oost-Europa zijn cypres, olijfboom en ambrosia. Pollen van de olijfboom wordt in de mediterrane regio beschouwd als één van de belangrijkste oorzaken van respiratoire allergie. Naast klimaatverandering kunnen dus ook andere factoren, die deel uitmaken van de beschouwde scenario's, van invloed zijn op het voorkomen van pollen en daaraan gerelateerde gezondheidsklachten.

Klimaatverandering kan leiden tot toename van temperatuur en luchtvochtigheid, verandering in de hoeveelheid, ruimtelijke verdeling en intensiteit van neerslag en het voorkomen van extreme weersomstandigheden. Deze meteorologische veranderingen kunnen samen met de veranderingen in CO<sub>2</sub>-concentraties in de atmosfeer de productie, het type, de verspreiding en allergene activiteit van aeroallergenen beïnvloeden (Reid en Gamble, 2009) (zie ook Figuur 5.1). Wageningen UR heeft berekend dat volgens de KNMI'14-scenario's het seizoen voor berkenpollen rond 2050 gemiddeld negen dagen eerder begint dan in de referentieperiode 1981-2010, namelijk op 5 april in plaats van 14 april (KNMI, 2014). Het seizoen voor graspollen begint gemiddeld tien dagen eerder, namelijk op 18 mei in plaats van 28 mei. De aanvangsdata verschillen per scenario en variëren sterk van jaar tot jaar (KNMI, 2014). Een vervroeging van de bloeitijd hoeft niet direct een verlenging van het bloeiseizoen te betekenen, het kan ook om een verschuiving gaan. Reid en Gamble (2009) beschrijven verschillende studies waarin de relatie tussen de verandering van temperatuur en neerslag is vergeleken met de pollenconcentraties. De resultaten varieerden van geen correlatie tot een positieve correlatie (toename van pollen met toenemende temperatuur en neerslag), maar konden ook van jaar tot jaar verschillen. Mogelijk kunnen er ook nieuwe allergieveroorzakende planten zich vestigen in Nederland zoals ambrosia. Deze verschuivingen in de productie van aeroallergenen door planten, bomen en schimmels, kunnen veranderingen tot gevolg hebben op de aard en de omvang allergische aandoeningen. Dit effect wordt versterkt in combinatie met luchtverontreiniging (Lubitz et al., 2010).



Figuur 5.1 Conceptueel model klimaatverandering, aeroallergenen en gezondheidseffecten (Reid en Gamble, 2009).

Ambrosia geldt als belangrijke oorzaak van allergische rinitis. Een grootschalig onderzoek in de Verenigde Staten, waar de ambrosiaplant uit afkomstig is, liet zien dat 10% van bevolking gevoelig is voor ambrosia (huidtestonderzoek) en dat er een relatie is met astmatische klachten en rinitis. De ambrosia produceert bovendien veel en relatief kleine (18-22 µg) pollen die over lange afstanden kunnen worden getransporteerd (Amato et al., 2007) tot wel honderden kilometers (Van Vliet et al., 2009). Ambrosia bloeit later dan de grassen en bomen die op dit moment in Nederland het meest bijdragen aan de pollenconcentratie in de lucht. Het pollenseizoen zou door Ambrosia met twee maanden kunnen worden verlengd. Ambrosia komt nu nog op beperkte schaal voor in Nederland. De Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA) zet actief in op de bestrijding van de Ambrosia. Zo wordt via de website en speciaal daarvoor ontwikkelde apps (Ambrosia Melder, Ambrosia Alert) aan particulieren en professionals voorlichting gegeven hoe te handelen wanneer zij een ambrosiaplant aantreffen.

#### Gezondheidsklachten hooikoorts

De gezondheidsklachten van hooikoorts variëren van verkoudheidachtige klachten tot benauwdheid en kunnen, afhankelijk van de pollen waar men allergisch voor is, enkele dagen tot maanden duren. Brunekreef et al. (2000) onderzochten in hoeverre pollenconcentraties ook konden worden gerelateerd aan sterftecijfers van hart- en vaatziekten en chronische longziekten. De onderzoekers vonden een sterke correlatie en concludeerden dat zeer kleine deeltjes met biologische oorsprong mogelijk een vergelijkbaar gezondheidseffect hebben als even grote deeltjes afkomstig van luchtverontreiniging. Reid en Gamble (2009) beschrijven verschillende studies waarin de relatie tussen pollenconcentraties astma en allergie zijn onderzocht. Voor astma blijken de resultaten niet eenduidig, voor allergische rinitis en eczeem wordt wel een positieve correlatie aangetoond. Veel hooikoortspatiënten hebben ook voedselallergieën als gevolg van kruisreacties tussen pollen en voedingsmiddelen.

De behandeling van hooikoorts is in belangrijke mate gebaat bij een goede informatievoorziening, diagnose (voor welke pollen allergisch) en medicatie. Sommige vormen van medicatie werken pas na enige dagen. Door tijdig te zijn geïnformeerd over de 'pollenactiviteit' kunnen patiënten op tijd beginnen met hun medicatie en worden de klachten sterk verminderd. Initiatieven zoals [www.Allergieradar.nl](http://www.Allergieradar.nl) waarin Wageningen University (WUR) en het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC) in samenwerking met hooikoortspatiënten het actuele niveau van hooikoortsklachten in kaart brengen en een meerdaagse verwachting van de start en duur van het pollenseizoen publiceren, spelen hier op in (Weger et al., 2014). De WUR werkt momenteel aan de ontwikkeling van een model waarin informatie over locatie en moment van bloei van hooikoortsplanten, de meteorologische condities, klachtenscores en diverse landschapskarakteristieken gecombineerd worden tot een hooikoortsverwachting op straatniveau. Om dit doel te bereiken en het model ook bruikbaar te laten zijn voor consumenten, zijn nog wel verschillende stappen nodig. De pollentellingen worden gebruikt om het model te kalibreren en valideren.

#### *Invloed op allergenen binnenshuis*

De verandering van temperatuur en luchtvochtigheid kan ook van invloed zijn op de temperatuur en luchtvochtigheid binnenshuis. Beide parameters dragen bij aan de ontwikkeling van schimmels en huisstofmijt. Mudarri en Fisk (2007) beschrijven dat in de Verenigde Staten ongeveer 20% van de ziektelast door astma voortkomt uit het verblijf in een woning met schimmel- en vochtproblemen. Het regelmatig verblijven in scholen, kantoren, openbare gebouwen met vocht- en schimmelproblemen, kan voor een effect van eenzelfde orde grootte zorgen. De economische impact van deze gezondheidseffecten wordt door de onderzoekers voor de Verenigde Staten geraamd op 3,5 miljard USD (Mudarri en Fisk, 2007). Met name in stedelijke gebieden, waar de temperatuurstijging het grootst is en waar ook nog veel oude woningen zijn met een minder goede temperatuur- en vochtregulatie, zal dit effect het sterkst zijn. In Nederland komen in 6-16% van de woningen vochtproblemen voor en heeft naar schatting 9% van de woningen last van zichtbare schimmelplekken (Jongeneel et al., 2009). Hoe dit percentage zich zal ontwikkelen door klimaatverandering, is onduidelijk. Wel zijn in de afgelopen jaren verschillende beleidsmaatregelen ingezet om het binnenklimaat in woningen, scholen en bejaardencentra te verbeteren (Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid). Het effect hiervan kan echter nog niet worden vastgesteld (Staatsen et al., 2014).

#### *Ontwikkeling zorguitgaven*

Volgens schattingen van Suijkerbuijk et al. (2013) stijgt het aantal mensen in Nederland met astma en COPD de komende 25 jaar sterk, met respectievelijk 28% en 70%. Dit komt vooral door de bevolkingsgroei en de vergrijzing. Het percentage patiënten met respiratoire allergie (zoals hooikoorts) blijft in deze periode ongeveer gelijk. Deze aandoening komt namelijk op dit moment bij ouderen minder voor. Omdat er onduidelijkheid is over het mechanisme dat leidt tot allergie, kan niet worden geconcludeerd dat allergie ook in de komende decennia minder vaak voor zal komen bij ouderen.

De verwachting is dat de totale medische kosten voor alle drie de aandoeningen over 25 jaar (fors) zijn gestegen. Voor respiratoire allergie zal dat met 73% zijn, onder andere door de toename van de inzet van immunotherapie. Voor astma stijgen de kosten met 150%, voor COPD met 220%. Deze percentages zijn inclusief de jaarlijkse stijging van zorguitgaven door onder andere technologische veranderingen (zoals nieuwe medicijnen) en prijsstijgingen, volgens de trendanalyse van het Centraal Planbureau, maar nog exclusief

veranderingen van de bevolkingsomvang (Suijkerbuijk et al., 2013). In deze begijferingen is ook de invloed van klimaatverandering niet meegenomen.

Tabel 5.1 geeft de resultaten van een niet gepubliceerde schatting (door A.J.H. van Vliet, WUR) van de ontwikkeling van het medicijngebruik voor hooikoorts door de verandering van het pollenseizoen door klimaatverandering. Hierbij is rekening gehouden met de ontwikkeling van de bevolkingsomvang. De zorguitgaven voor respiratoire allergie kunnen door klimaatverandering ruim verdubbelen ten opzichte van de al verwachte stijging met 73% door onder andere de toename van de bevolkingsomvang (Suijkerbuijk et al., 2013). De kosten voor arbeidsverzuim door hooikoorts zijn niet meegenomen. Schramm et al. (2003) concluderen dat de indirecte kosten zoals arbeidsverzuim en aanpassingen in de woning ten behoeve van de vermindering van allergieklachten, een veelvoud zijn van de kosten van medicatie. Er is hier geen inschatting gemaakt van het effect van klimaatverandering op de zorguitgaven van astma, omdat er over deze relatie nog veel onduidelijkheid is in de literatuur. Hetzelfde geldt voor de mogelijke afname van arbeidsproductiviteit.

Opgemerkt moet worden dat deze inschatting een grote mate van onzekerheid kent door de aannames die hiervoor moesten worden gedaan. De inschatting is gemaakt om inzichtelijk te maken wat de mogelijke impact zou kunnen zijn qua kosten.

**Tabel 5.1** *Verdeling van geschatte kosten geneesmiddelenvoorschriften voor hooikoorts in euro's per 1.000 patiënten, in 2008 (Van Dijk et al., 2010) en geprojecteerd naar 2050 bij klimaatverandering, rekening houdend met verandering in bloeiseizoen, -intensiteit en introductie van nieuwe soorten en bevolkingsomvang (niet-gepubliceerde schatting van A.J.H van Vliet, WUR).*

|               | <b>Kosten per 1.000 patiënten [euro]</b> |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------|------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maand</b>  | <b>2008</b>                              | <b>2050</b>   | <b>Toelichting</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Januari       | 0                                        | 200           | Start van bloei inheemse elzen                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Februari      | 400                                      | 200           | Aflopende elzenpollenconcentratie                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Maart         | 200                                      | 800           | Begin berkenpollenseizoen                                                                                                                                                                                                                                                          |
| April         | 1.200                                    | 2.200         | Start graspollenseizoen, uitbreiding van soorten als klein glaskruid en olijfboom                                                                                                                                                                                                  |
| Mei           | 2.200                                    | 2.000         |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Juni          | 1.800                                    | 1.200         | Verlenging van graspollenseizoen omdat een aantal soorten niet hun bloei vervroegen                                                                                                                                                                                                |
| Juli          | 300                                      | 300           | Graspollen aflopend + door droogte mogelijk minder pollen                                                                                                                                                                                                                          |
| augustus      |                                          | 3.300         | Ambrosia vestigt zich op grote schaal. Allergeniciteit is sterker dan grassen en geeft zelfs bij hele lage pollenconcentraties al hooikoortsklachten. Levert bovendien verdubbeling pollenconcentratie waardoor de klachten met naar schatting 50% toenemen en de kosten evenredig |
| september     | 100                                      | 2.700         |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Oktober       | 0                                        | 300           |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| november      | 0                                        | 0             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| december      | 0                                        | 200           | Start van bloei hazelaar en uitheemse elzen. Pollenconcentratie kan hoger komen door betere vliegomstandigheden                                                                                                                                                                    |
| <b>Totaal</b> | <b>6.200</b>                             | <b>13.400</b> | Ruim een verdubbeling van de kosten door vestiging van nieuwe soorten en uitbreiding van bloeitijden.                                                                                                                                                                              |



## 6 Effecten klimaatverandering op infectieziekten

### 6.1 Huidige situatie infectieziekten

#### *Infectieziekten*

Een infectieziekte ontstaat als gevolg van een lichamelijke reactie op micro-organismen (bacteriën, virussen, parasieten, schimmels) of producten daarvan. Een relatief klein aantal soorten micro-organismen is ziekteverwekkend. Ziekteverwekkende micro-organismen, die het menselijke lichaam binnendringen en zich daar vermeerderen, veroorzaken een infectie. Hoewel een infectie niet altijd leidt tot ziekte, wordt het woord 'infectie' in de praktijk vaak gebruikt voor het aanduiden van ziekte als gevolg van een infectie. Microbiologische ziekteverwekkers worden meestal door andere mensen of door dieren overgebracht, maar ze kunnen ook vanuit de omgeving in het menselijk lichaam terechtkomen (Gommer, 2012).

De aard, de ernst en het beloop van een infectieziekte is onder meer afhankelijk van het vermogen van een micro-organisme om een gastheer binnen te dringen, te overleven en zich te vermenigvuldigen. De mate waarin het immuunsysteem in staat is de groei van het infectieuze micro-organisme tegen te gaan speelt een belangrijke rol (Gommer, 2012). Ouderen, kinderen, zwangere vrouwen en andere immunogecompromitteerden hebben een verhoogde kans op infectieziekten. De kans op overlijden is voor de meeste infecties ruim drie keer groter voor ouderen dan voor jongeren (Bijkerk et al., 2010). Infectieziekten die van dieren op mensen worden overgedragen worden zoönosen genoemd.

#### *Ziektelast en zorguitgaven*

In 2010 overleden 2.104 personen met een infectieziekte als primaire doodsoorzaak. Dit komt overeen met 1,5% van alle sterfgevallen in Nederland in 2010 (Bron: CBS Doodsoorzakenstatistiek). De helft van de sterfgevallen had sepsis (bloedvergiftiging) als primaire doodsoorzaak. Onderste luchtweginfecties zoals longontsteking (pneumonie) en acute bronchi(oli)tis waren daarnaast in 2010 verantwoordelijk voor 5.775 sterfgevallen. Tien procent van de totale sterfte in Nederland is gerelateerd aan pneumonie (Van Gageldonk-Lafeber et al., 2009). In 2010 waren er 30.044 klinische ziekenhuisopnamen met infectieziekten als hoofdontslagdiagnose. Daarnaast waren er in 2010 in totaal 17.960 dagopnamen in verband met de behandeling van infectieziekten. Dit geldt bijvoorbeeld voor een aanzienlijk deel van de luchtweginfecties en maagdarmklachten. Relatief de meeste ziekenhuisopnamen voor infectieziekten vinden plaats bij nul-jarigen (Poos en Gommer, 2012). Ten slotte wordt opgemerkt dat als infectieziekten milde klachten veroorzaken, de kans klein is dat de klachten worden toegeschreven aan een bepaalde ziekteverwekker.

De kosten van de zorg voor infectieziekten bedroegen in 2007 ruim € 1 miljard. Dit komt neer op 1,4% van de totale kosten van de gezondheidszorg in Nederland (Slobbe et al., 2011). De absolute kosten die voor infectieziekten worden gemaakt, zijn het hoogst voor 0- tot 4-jarigen. Ook voor mannen van middelbare leeftijd (35 tot 65 jaar) zijn de kosten relatief hoog. Voor infectieziekten hebben de meeste zorguitgaven betrekking op openbare gezondheidszorg en preventie. In 2007 was 27,8% van de totale zorguitgaven voor infectieziekten hieraan toe te schrijven, 25,6% aan ziekenhuiszorg en 21,7% aan genees- en hulpmiddelen (Poos en Gommer, 2012).

*Infectieziektebestrijding*

De overheid zorgt voor de bestrijding van zeer besmettelijke of ernstige infectieziekten. Voor bepaalde infectieziekten heeft de overheid die verantwoordelijkheid aan de gemeenten overgedragen. De GGD ondersteunt gemeenten hierbij. De GGD werkt bij de bestrijding van infectieziekten samen met andere organisaties, waaronder de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) voor ziekten die door dieren of voedsel worden overdragen; provincies, ministerie van Infrastructuur en Milieu en Inspectie Leefomgeving en Transport voor besmettingen van het milieu; bedrijfsartsen, bedrijfshygiënisten, ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid voor arbeidsgelateerde infecties. Het Centrum Infectieziektebestrijding (CIb) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) coördineert de infectieziektebestrijding (<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/infectieziekten>).

De overheid probeert (de verspreiding van) infectieziekten te voorkomen met een aantal preventieprogramma's, zoals het Rijksvaccinatieprogramma voor kinderen en de griepvaccinatie voor mensen die hogere risico's lopen als ze influenza krijgen. Voor een aantal infectieziekten is het van belang dat verspreiding in een vroeg stadium wordt tegengegaan. Voor dergelijke infectieziekten is een meldingsplicht ingesteld, die is vastgelegd in de 'Wet publieke gezondheid'.

Nederland beschikt over diverse surveillancenetwerken voor infectieziekten, waarvan een groot deel wordt beheerd door het RIVM. Infectieziekte-surveillance is het systematisch verzamelen van gegevens over infectieziekten. Met behulp van deze gegevens kunnen uitbraken tijdig gesignaleerd worden en kan vastgesteld worden of er een bedreiging is voor de volksgezondheid en of er aanleiding is voor bestrijdingsmaatregelen. Zo is er een surveillance van onder andere meldingsplichtige infectieziekten, ziekenhuisinfecties, antibioticaresistentie, maar bestaat ook de zogenaamde kiemsurveillance, waarbij een specifieke ziekteverwekker, zoals influenzavirus, wordt gevolgd ([http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Surveillance\\_van\\_infectieziekten](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Surveillance_van_infectieziekten)).

Daarnaast bestaan binnen het RIVM diverse zogenaamde signaleringsoverleggen die (inter)nationaal een vinger aan de pols houden met betrekking tot voorkomende infectieziekten binnen de humane en dierlijke populaties. In de Nationale Atlas Volksgezondheid is voor verschillende infectieziekten informatie opgenomen over het voorkomen en de verspreiding in Nederland, bijvoorbeeld kinkhoest en mazelen (RIVM, 2014).

## **6.2 Effecten ontwikkelingen klimaat en leefomgeving op infectieziekten**

Er is een fundamenteel verschil tussen weten wat er in het verleden is gebeurd en voorspellingen over de toekomst doen (Braks et al., 2013). Het is onduidelijk in welke richting de gevolgen van klimaatveranderingen op infectieziekten zich zullen openbaren. We weten niet wanneer een nieuwe of hernieuwde infectieziekte zal optreden en kunnen ook niet voorspellen welke dat zal zijn. Zeldzame gebeurtenissen met grote gevolgen, zoals ziekte-uitbraken, gebeuren meestal buiten het domein van de normale verwachtingen. Het is daarbij belangrijk te realiseren dat deze gebeurtenissen vaak achteraf worden gerationaliseerd, alsof ze verwacht hadden kunnen worden (Taleb, 2007).

Verschuiven factoren hebben invloed op het wel of niet uitbreken van een infectieziekte: zo resulteert de vergrijzing in een meer kwetsbare populatie en zorgen intensievere wereldhandel en wereldwijd reizen voor meer mogelijkheden

voor veroorzakers van infectieziekten om zich naar andere delen van de wereld te verspreiden. Ook bieden veranderd landgebruik, gebruik van biociden en daaruit volgende biocidenresistentie mogelijkheden voor ziekteverwekkers om nieuwe niches te betrekken. Daarnaast bepalen veranderd menselijk gedrag, sociaaleconomische omstandigheden, ontwikkelingen in de behandeling (waaronder antibioticaresistentie), vergrijzing, technologische ontwikkelingen, zoals koeltorens, en ontwikkelingen op stedelijk gebied mede of dergelijke ziekteverwekkers zich niet alleen succesvol kunnen vestigen, maar ook ziekte in de humane populatie kunnen veroorzaken. Door vergrijzing en toenemende levensverwachting wordt wel een toename van infectieziekten verwacht (Gommer, 2012).

In de periode 2007-2010 waren de meest in het oog springende gebeurtenissen ten aanzien van infectieziekten in Nederland: de uitbraken van Q-koorts en bof, en de verspreiding van nieuwe influenza A/H1N1. Daarnaast waren er uitbraken van psittacose (papegaaienziekte) in 2007 en van mazelen in 2008 (Gommer, 2012). In 2011 en 2012 waren de uitbraken van bof, kinkhoest en Salmonella Thompson de meest in het oog springende infectieziekten (Bijkerk et al., 2012; Bijkerk et al., 2013). De ziekte van Lyme is de belangrijkste teken-overdraagbare infectieziekte in Nederland, maar teken kunnen ook diverse andere ziekteverwekkers overbrengen op mens en dier in Europa (Montizaan en Sprong, 2014). Sinds de uitroeiing van malaria eind jaren vijftig zijn er geen muggenoverdraagbare infecties endemisch in Nederland (Braks en De Roda Husman, 2013).

#### *Risico's ten aanzien van infectieziekten*

Onder invloed van klimaatveranderingen kunnen geografische verspreiding, seizoensvariatie en incidentie van infectieziekten veranderen. Om het effect hiervan op de gezondheid van de populatie te schatten, hebben Suk et al. (2014) voor Europa een conceptueel model met indicatoren voor kwetsbaarheid voor infectieziekten opgesteld. Hierbij wordt uitgegaan van de veranderende temperatuur en neerslagpatronen als klimaatindicatoren. Als indicatoren voor kwetsbaarheid worden meegenomen: wie wordt blootgesteld (nu en in de toekomst), wat zijn de bedreigingen (gemiddelde en variatie), wat is de gevoeligheid en wat is het vermogen van de blootgestelde populatie om het effect te vermijden, zich voor te bereiden, ermee om te gaan en ervan te herstellen. Voor heel Europa is een kwetsbaarheidsindex met betrekking tot infectieziekten (in het algemeen, niet specifiek per ziekte) als gevolg van klimaatveranderingen berekend, voor 2035 en 2050.

De kwetsbaarheidsindex wordt opgebouwd uit een impactindex en het aanpassingsvermogen. De landen met de hoogste impactindex krijgen naar verwachting te maken met de grootste veranderingen in klimaatgerelateerde infectieziekten doordat zij de grootste veranderingen in temperatuur en/of neerslag zullen ervaren. Of dit ook zal leiden tot een grotere kwetsbaarheid, hangt af van het aanpassingsvermogen van een land. Het aanpassingsvermogen in Europa is het grootst in Scandinavië en centraal Europa, en het meest gering in Zuid- en Oost-Europa. In Nederland zijn er regionale verschillen met betrekking tot het aanpassingsvermogen: dit is hoog in de Randstad, iets lager in het oosten en het zuiden en gemiddeld in het noorden van het land. Zowel voor 2035 als voor 2050 wordt regionale variatie verwacht in de impactindex en de kwetsbaarheidsindex. Over het geheel is de kwetsbaarheid van Nederland laag tot gemiddeld.

Voor de verschillende landen binnen Europa is eveneens bekeken welk van de twee klimaatindicatoren, temperatuur en neerslag, het meest bepalend zullen zijn. Voor Nederland is de verwachting dat temperatuur voor 40% bijdraagt aan veranderingen en neerslag voor 60% (Suk et al., 2014).

#### Vector-overdraagbare infectieziekten

Vectoren zijn geleedpotigen, zoals teken en muggen, die ziekteverwekkers tussen gewervelden kunnen overdragen. Een vector, in strikte zin, dient niet slechts als een voertuig van de ziekteverwekker tussen de gastheren (mechanische overdracht), maar herbergt ook een essentieel onderdeel van de levenscyclus van de ziekteverwekker (biologische overdracht), waarbij ontwikkeling en/of vermeerdering van de ziekteverwekker plaatsvindt in de vector.

Algemeen wordt aangenomen dat temperatuurstijging door klimaatverandering tot gevolg heeft dat vector-overdraagbare infectieziekten toenemen, doordat het ontwikkelingsstadium van de koudbloedige vectoren en van de ziekteverwekker in de vector korter worden. De mogelijkheid bestaat echter ook dat vectoren (en ziekteverwekkers) negatief beïnvloed worden door hogere temperatuur. Naast hogere gemiddelde temperaturen, veranderen door klimaatverandering ook andere factoren die van invloed zijn op het wel of niet circuleren van een ziekteverwekker tussen vectoren en reservoirs, zoals neerslag, verdamping, en uv-straling, maar ook vegetatie, landgebruik en dierpopulaties. De epidemiologie van vector-overdraagbare infectieziekten is een complex samenspel van verschillende factoren die invloed hebben op vectoren, mensen en ziekteverwekkers, waarvan vele factoren niet klimaatgebonden zijn. Bovendien infecteren vector-overdraagbare ziekteverwekkers niet alleen mensen, maar circuleren ze ook binnen de dierlijke populatie waar zij hun gastheren hebben, die op hun beurt ook worden beïnvloed door veranderingen in de omgeving, al dan niet klimaatgebonden (Braks en de Roda Husman, 2013).

Transmissie van vector-overdraagbare infectieziekten hangt grotendeels af van de relatie van de vector met het milieu, de natuurlijke geschiedenis van de ziekteverwekker, en de aanwezigheid van een kwetsbare primaire gastheer. Klimaatverandering kan op al deze factoren een effect hebben. Bij stijgende temperatuur zal de reproductiecyclus van vectoren versnellen, maar daarnaast zijn er ook andere factoren die bij verandering nieuwe klimatologische omstandigheden kunnen creëren die gunstig dan wel ongunstig zijn. Zo zijn bijvoorbeeld muggen, doordat zij voor vermeerdering vochtige plaatsen nodig hebben, gevoelig voor veranderingen in waterkwantiteit en waterkwaliteit. Van beide wordt verwacht dat zij onder invloed van de opwarming van de aarde en de daaruit voortvloeiende klimaatverandering zullen veranderen. Het aanleggen van meer groen (vegetatie) en blauw (water) in steden, om de last van de zogenaamde stedelijke hitte-eilanden te verlichten, maar ook de aanleg van plaatsen voor het opvangen en opslaan van water in de stedelijke omgeving zullen waarschijnlijk een effect hebben op de muggenpopulatie (Braks et al., 2013).

Geografische verschillen leiden tot variatie in ruimte en tijd van muggen-overdraagbare infectieziekten. Vergelijkbare veranderingen van klimaatfactoren zullen in verschillende delen van de wereld een verschillend effect op de muggenpopulatie hebben, doordat zij optreden in combinatie met verschillende lokale factoren. Zo zal verandering in de relatieve luchtvochtigheid in gematigde klimaatzones een minimaal effect hebben op een populatie muggen die voornamelijk in vochtige natuurgebieden voorkomt, maar heeft een zelfde

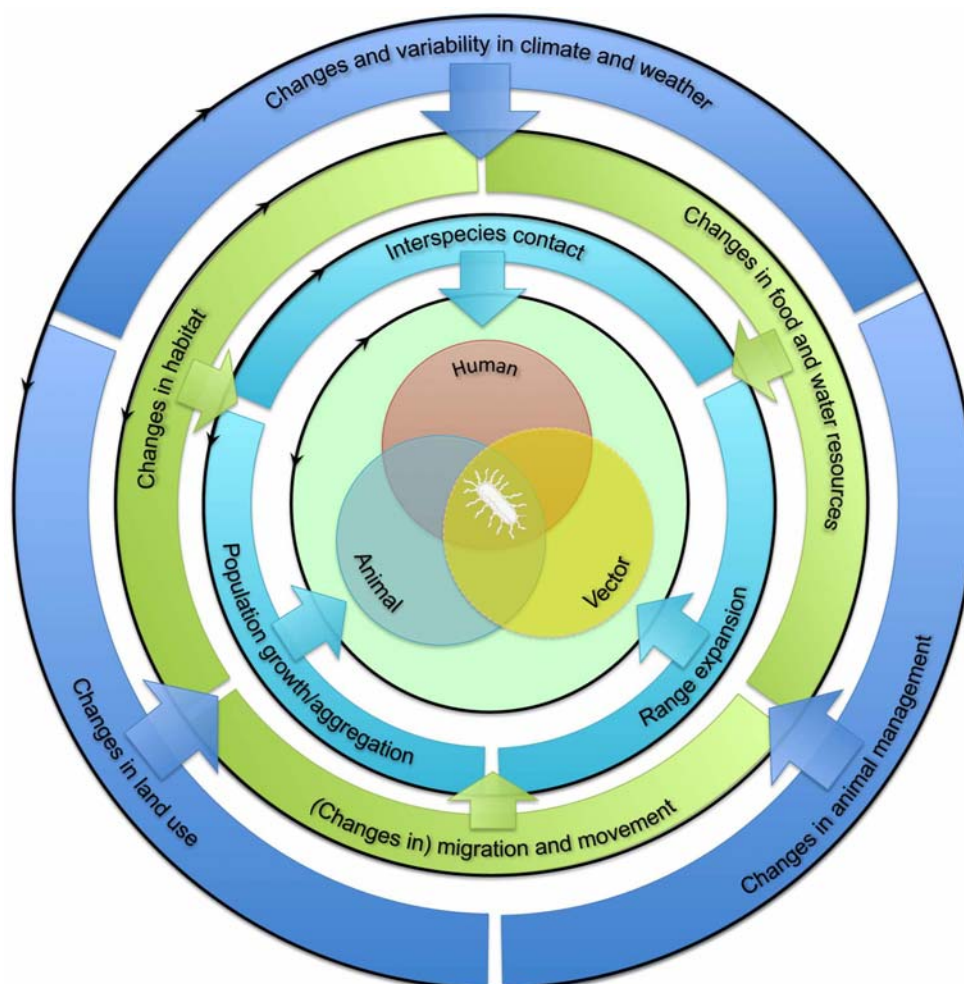
verandering in luchtvochtigheid waarschijnlijk negatieve gevolgen voor een muggenpopulatie die in een stedelijke omgeving broedt op kunstmatige vochtige plekken (Veronesi et al., 2012). Dergelijke fenomenen zijn ook beschreven voor andere vectoroverdraagbare infecties (Medlock et al., 2013; Brown et al., 2014).

Of nieuwe muggenoverdraagbare infectieziekten een rol gaan spelen wordt eveneens door verschillende factoren beïnvloed. Na introductie zal een nieuwe vector zich moeten vestigen en daarna geografisch verspreiden. Voor verspreiding van ziekte is niet alleen de vector nodig, maar op de nieuwe plaats moeten ook de ziekteverwekker en de gastheer aanwezig zijn. Allen vereisen hun specifieke en favoriete habitat. Zo wordt de kans dat malaria in Nederland als gevolg van klimaatverandering opnieuw zal optreden als buitengewoon laag geschat, omdat het klimaat niet de grootste beperkende factor is voor het optreden van malaria. Het terugdringen van de vector door inpoldering, de veranderende landelijke bedrijfsvoering, verbeterde gezondheidszorg en het uitroeien van de ziekteverwekker hebben geleid tot de uitroeiing van malaria eind jaren vijftig (Braks en De Roda Husman, 2013).

De meest voorkomende muggensoort in Nederland is de huissteekmug (*Culex pipiens pipiens*). Deze is een belangrijk vector voor de overdracht van het Westnijlvirus (WNV) tussen vogels. Dit virus circuleert alleen tussen vogels en muggen, maar het kan ook op mensen en andere zoogdieren (met name paarden) worden overgedragen. Deze overdracht gaat via zogenoemde brugvectoren: muggen die naast vogels ook zoogdieren steken. Een voorbeeld van een brugvector is de aan de huissteekmug verwante *Culex pipiens molestus*, die ook in Nederland voorkomt. Bij mensen en zoogdieren kan het Westnijlvirus leiden tot infectie en ziekte. Voor het Westnijlvirus gelden mensen en andere zoogdieren als *dead-end* gastheer; vanuit dergelijke gastheren kan het virus zich niet verder verspreiden. Hierdoor spelen humane infecties geen rol bij de verdere overdracht van het virus. De laatste vijftien jaar blijkt de incidentie van Westnijlkoorts in Europa toe te nemen (Calistri et al., 2011). Waarom Westnijlvirus op bepaalde specifieke locaties wel circuleert en op andere locaties niet, heeft te maken met klimatologische, maar voornamelijk niet-klimatologische factoren. De bepalende verschillen tussen gebieden in Europa worden momenteel in Europees verband onderzocht. Er zijn geen aanwijzingen dat er ooit overdracht van Westnijlvirus in Nederland heeft plaatsgevonden.

De import van autobanden is momenteel de belangrijkste route van introductie van exotische muggen, met name van de Aziatische tijgermug. Autobanden zijn bijzonder geschikt als broedplaats, omdat hier vaak schoon regenwater in blijft staan. Tijgermuggen leggen hun eitjes in de band net boven het waterniveau. Bij de import van de banden komen vervolgens ook de gelegde eitjes mee. Tot voor kort was ook de import van *Draceane sandersoniana*-planten ('Lucky Bamboe') een bekende invoerroute, maar door wettelijke regelingen is de kans op invoer van muggen langs deze route geminimaliseerd. Sinds de oprichting van het Centrum Monitoring van Vectoren (onderdeel van de Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit) in 2009, is naast de Aziatische tijgermug onder andere ook de gelekoortsmug (*Aedes aegypti*) aangetroffen bij bedrijven die handelen in gebruikte banden. Met de verwachte stijgende temperatuur en zachtere winters, waardoor minder eitjes doodvriezen, wordt de vestiging van de tijgermug in Nederland waarschijnlijker. Voor de vestiging van de tropische *Aedes aegypti* is zowel het huidige als het verwachte toekomstige Nederlandse klimaat niet geschikt (Braks et al., 2013).

De afgelopen vijftien jaar is het aantal gevallen van de ziekte van Lyme in Nederland verdrievoudigd. Langetermijn trendanalyses gaven aan dat de lengte van het actieve tekenseizoen is toegenomen evenals de oppervlakte van teken-geschikte leefgebieden in Nederland. De totale dichtheid van gastheren waar teken op voeden is ook toegenomen. Mathematische analyse van de gegevens uit veldstudies toonden een toename van de gemiddelde dichtheden en activiteiten van teken, in het bijzonder van de larven, tussen 2006 en 2009. Er werd geen verhoging van de besmettingsgraad zelf van teken met *Borrelia burgdorferi sensu lato* gevonden. Deze bevindingen wijzen op een toename van het totale aantal *Borrelia*-geïnfecteerde teken en leveren indirect bewijs voor een toename van het risico op een beet van een geïnfecteerde teek. Door de grote variatie in ruimte en tijd van dichtheden en activiteiten van teken, zijn langetermijn longitudinale studies naar de populatiedynamiek van de teek nodig om significante trends te observeren (Sprong et al., 2012).



Figuur 6.1 Kader voor de indeling van drijvende krachten van humane blootstelling aan zoönotische ziekteverwekkers (Gortazar et al., 2014).

Modellen die voorspellen of vector-overdraagbare infectieziekten zich onder invloed van klimaatveranderingen zullen verspreiden naar gebieden waar ze nu niet voor problemen zorgen of zullen uitbreiden in gebieden waar ze al endemisch zijn, hebben hun beperkingen. De uitkomst van dergelijke

voorspellingsmodellen hangt sterk samen met de afbakening, de aannames en de gegevens waarmee het model wordt gevuld. Een model wordt in een bepaalde context gesitueerd met de daarbij behorende regels en aannames, maar in de praktijk worden vaak conclusies getrokken die buiten de reikwijdte van de aannames liggen (Braks et al., 2013). Braks en De Roda Husman (2013) schatten in dat maatschappelijke en economische factoren zoals internationalisering mogelijk bepalender zijn dan de verandering van het klimaat. Lokaal kan dit beeld echter afwijken.

Wat geldt voor vector-overgedragen infectieziekten geldt ook voor een groot aantal andere zoönosen.

#### Voedsel- en wateroverdraagbare infectieziekten

De incidentie van voedsel- en wateroverdraagbare infectieziekten is direct gekoppeld aan omgevingstemperatuur en neerslag. Verhoogde temperaturen leiden tot versnelde replicatiecycli dan wel afsterving van ziekteverwekkende micro-organismen, terwijl langere en warmere zomers mogelijk de tekortkomingen bij het verantwoord omgaan met voedsel, zoals gebrek aan veilig irrigatiewater en voldoende koelsystemen, doen toenemen. Daarnaast kan extreme regenval tot gevolg hebben dat ziekteverwekkers in water(behandelings)systemen en distributienetwerken terechtkomen. Gegevens met betrekking tot de mogelijke effecten van klimaatverandering op de incidentie voedsel- en wateroverdraagbare infectieziekten zijn vooralsnog onvolledig. De momenteel beschikbare informatie geeft vooral het potentiële effect van individuele meteorologische variabelen of bijzondere weersomstandigheden op individuele ziekteverwekkers aan. Neerslag lijkt met name een belangrijke determinant voor voedsel- en wateroverdraagbare ziekteverwekkers (Semenza et al., 2012a). Andere belangrijke determinanten zijn luchtvochtigheid, watertemperatuur en uv-straling, bijvoorbeeld voor het voorkomen van blauwalgen, *Vibrio*, *Pseudomonas* en *Legionella* (De Roda Husman en Schets, 2010).

Of klimaatverandering effect heeft op het voorkomen en de seizoensvariatie van wateroverdraagbare ziekteverwekkers, hangt mede af van de mechanismen die hierachter zitten: als de variatie veroorzaakt wordt door factoren die in klimaatscenario's voorkomen (en daar veranderen), is het waarschijnlijk dat klimaatverandering een effect op de ziekteverwekker zal hebben. De richting van de verandering is voor de meeste processen onduidelijk. Ook het indirecte effect van veel klimaatvariabelen op de humane gezondheid is onzeker (Sterk et al., 2013). Daarnaast zijn vele andere factoren van invloed, zoals de fysiologie en het gedrag van individuen, de ruimtelijke en sociaaleconomische status van populaties en de reikwijdte en effectiviteit van gezondheidsprogramma's (WHO, 2012).

De WHO geeft aan dat ook drinkwater- en sanitatiesystemen gevolgen kunnen ondervinden van klimaatveranderingen. Bepalend voor de waterkwaliteit zijn vooral stijgende temperaturen en veranderende waterstromen. Toename van overstromingen resulteert in achteruitgang van de waterkwaliteit met een verhoogde belasting met ziekteverwekkers als gevolg van overstroming van of schade aan sanitatiesystemen. Toenemende hoeveelheden opgeloste deeltjes in oppervlaktewater vormen een extra uitdaging voor waterbehandelingssystemen (WHO, 2010; Howard et al., 2010). Wuijts et al. (2014) hebben berekend dat de beschikbaarheid van kwalitatief goed oppervlaktewater voor drinkwater door klimaatverandering onder druk komt te staan. Binnen het Deltaprogramma

worden hiervoor maatregelen ontwikkeld. Ongeveer 40% van het drinkwater in Nederland wordt bereid uit oppervlaktewater.

Door stijgende temperaturen kunnen in drinkwaterdistributiesystemen en leidinginstallaties opportunistische pathogene micro-organismen een groter deel gaan uitmaken van de micro-organismen in drinkwatersystemen. Schimmels en mycobacteriën blijken algemeen voor te komen in het Nederlandse drinkwater en zij zijn in staat zich in distributiesystemen en binneninstallaties te vermeerderen. Van deze organismen is echter niet vastgesteld dat ze schadelijk zijn voor de gezondheid. Drinkwatertemperaturen tussen 5 en 22°C hebben geen invloed op de aantallen schimmels en mycobacteriën in gedistribueerd drinkwater (Van der Wielen en Van der Kooij, 2011).

Een afname van de hoeveelheid neerslag, vooral in combinatie met stijgende temperaturen, resulteert mogelijk in een toename van de overlast door blauwalgen. Minder neerslag heeft een lagere afvoer in oppervlaktewater tot gevolg, resulterend in hogere concentraties nutriënten, die de groei van blauwalgen bevorderen (WHO, 2010; Howard et al., 2010). Het is echter onzeker of dit leidt tot een hogere ziektelast.

Voor verschillende water- en voedseloverdraagbare ziekteverwekkers is onderzocht of er een effect van klimaatveranderingen te verwachten is. Watergerelateerde uitbraken van infectieziekten worden vaak veroorzaakt door zware regenval, in het bijzonder na perioden van grote droogte. Hierbij treden afspoeling van mest en riooloverstorten op, waardoor de besmetting van oppervlaktewater en grondwater toeneemt. Ziekte-uitbraken worden meer verwacht in landelijke gebieden waar men meer gebruikmaakt van eigen drinkwaterbronnen (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b). In Nederland is het aantal huishoudens dat gebruikmaakt van een eigen bron zeer beperkt (VROM Inspectie, 2006) en dit aantal neemt ook af. Het risico wordt daarom als klein beoordeeld.

Modelberekeningen onder verschillende klimaatscenario's laten zien dat de concentratie *Campylobacter* in oppervlaktewater het gevolg is van een samenspel tussen verschillende factoren, namelijk temperatuur (bij hogere temperatuur meer inactivatie), verdunning (geeft lagere concentraties) en reistijd (kortere reistijd bij intensieve neerslag geeft minder inactivatie en dus piekconcentraties) (Schijven et al., 2013). In een overzicht van uitbraken van wateroverdraagbare infectieziekten gerelateerd aan extreme weersomstandigheden, waaronder zware regenval en overstromingen, komt *Campylobacter* als veroorzaker van dergelijke uitbraken slechts sporadisch voor (Cann et al., 2013).

Bij een geringe stijging van de temperatuur kan het risico op voedselinfecties toenemen wanneer er in de diverse stadia van de voedselketen niet voldoende gekoeld kan worden. Een stijgende temperatuur kan leiden tot een verhoogd risico op voedselinfecties in huishoudens. Temperatuur heeft een duidelijk effect op het voorkomen van salmonellose. *Salmonella* kan zich vermeerderen in voedsel bij hogere temperaturen. De maatregelen die zijn ingezet met betrekking tot voedselveiligheid, hebben ertoe geleid dat het aantal gevallen van salmonellose in Europa steeds verder afneemt. Mogelijk kunnen door deze preventieve maatregelen de risico's van klimaatverandering al afdoende worden beperkt. Het voorkomen van *Salmonella* in water is gerelateerd aan neerslag. Bij irrigatie met besmet water ontstaat een groter risico op overdracht (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b).

Voor *Cryptosporidium* geldt dat de klimaatvariabelen temperatuur en neerslag in belangrijke mate bepalend zijn voor de overdracht. Bij een hogere frequentie en intensiteit van extreme neerslag neemt het risico op *Cryptosporidium*-infecties toe. Dit beeld wordt bevestigd door modelberekeningen van infectierisico's voor verschillende klimaatscenario's (Schijven et al., 2013). De concentratie *Cryptosporidium*-oöcysten in oppervlaktewater zal stijgen door afspoeling van oppervlakken, resuspensie uit sediment en mobilisatie vanuit verzadigde bodem. Daarnaast zullen toegenomen overstromingen leiden tot hogere concentraties en meer blootstelling (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b). *Cryptosporidium* wordt ook nu al (wereldwijd) geïdentificeerd als de veroorzaker van een groot aantal gevallen van wateroverdraagbare ziekte als gevolg van extreme weersomstandigheden (Cann et al., 2013).

Voor voedselgerelateerde infecties veroorzaakt door *Listeria*, ontbreekt veelal de informatie om iets te kunnen zeggen over effecten van klimaatveranderingen. Gebaseerd op een beperkt aantal studies, kan worden geconcludeerd dat er geen seizoens- of temperatuurafhankelijkheid wordt gezien voor *Listeria spp.* Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat klimaatverandering een direct effect heeft op de incidentie van listeriose in Europa (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b).

De link tussen klimaatvariabelen en norovirus-infecties is zwak en de directe effecten van weersomstandigheden op het virus zijn onduidelijk, gedeeltelijk door het gebrek aan gegevens (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b). In relatie tot watergerelateerde ziekte-uitbraken volgend op extreme weersomstandigheden, komt norovirus als veroorzaker nauwelijks voor (Cann et al., 2013), maar dit kan ook het gevolg zijn van een beperkte diagnostiek.

Voor *Vibrio* wordt een sterke seizoensvariatie waargenomen in de concentratie in oppervlaktewater en het aantal ziektegevallen dat gekoppeld is aan saliniteit en watertemperatuur. Een stijging van de temperatuur zal een stijging van het aantal humane infecties met *Vibrio* tot gevolg hebben, doordat de watertemperatuur stijgt en de zomers langer worden (ECDC, 2012; Semenza et al., 2012b). Onderzoek naar *Vibrio* in Nederlands oppervlaktewater gedurende de periode 2009-2012 toonde aan dat *Vibrio spp.* op alle onderzochte locaties aanwezig waren, zij het per locatie in variabele concentraties en soortensamenstelling (Schets et al., 2011; Schets, niet-gepubliceerde data). De meest voorkomende soorten waren *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* en *V. cholerae* non-O1/O139. *Vibrio*-soorten werden vaker gevonden bij hogere watertemperatuur. Doorlopend onderzoek naar het aantal patiënten dat in Nederland een *Vibrio*-infectie oploopt door zwemmen in oppervlaktewater heeft per jaar slechts een gering aantal patiënten geïdentificeerd (Schets et al., 2011; Schets, niet-gepubliceerde data).

In hun wereldwijde systematische review van de literatuur hebben Cann et al. (2013) 87 ziekte-uitbraken als gevolg van extreme weersomstandigheden in de wetenschappelijke literatuur geïdentificeerd, alsmede 235 elektronische meldingen. Het aantal meldingen uit landen met een hoge welvaart en een uitgebreidere surveillance en academische capaciteit is groter dan uit minder ontwikkelde landen. In meer dan de helft van de gevallen gingen zware regenval en overstromingen aan deze uitbraken vooraf. Dit resulteerde in sterke afspoeling van vervuild water waardoor drinkwaterinstallaties, zoals winputten, konden onderlopen en het drinkwater kon worden besmet. Infecties vonden vaak plaats tijdens opruim- en schoonmaakwerkzaamheden. De meest gerapporteerde geassocieerde ziekteverwekkers waren *Vibrio* (in Azië, Afrika en

Zuid-Amerika) en *Leptospira* (in Noord-Amerika en Azië), terwijl *V. cholerae* voor de meeste doden verantwoordelijk was, hoofdzakelijk in Afrika en Azië. De auteurs geven aan dat door gebrek aan detailinformatie niet kan worden vastgesteld of de uitbraak daadwerkelijk water-gerelateerd is. Hierdoor wordt de mogelijkheid om de uitkomsten van hun review te extrapoleren naar verschillende omstandigheden en geografische regio's beperkt. Wel kan worden geconcludeerd dat extreme weersomstandigheden zowel in ontwikkelde landen als in ontwikkelingslanden een risico kunnen vormen voor de volksgezondheid wanneer hier geen rekening mee wordt gehouden nadat deze weersomstandigheden zich hebben voorgedaan.

## 7 Risicobeoordeling klimaatverandering voor gezondheid

### 7.1 Inleiding

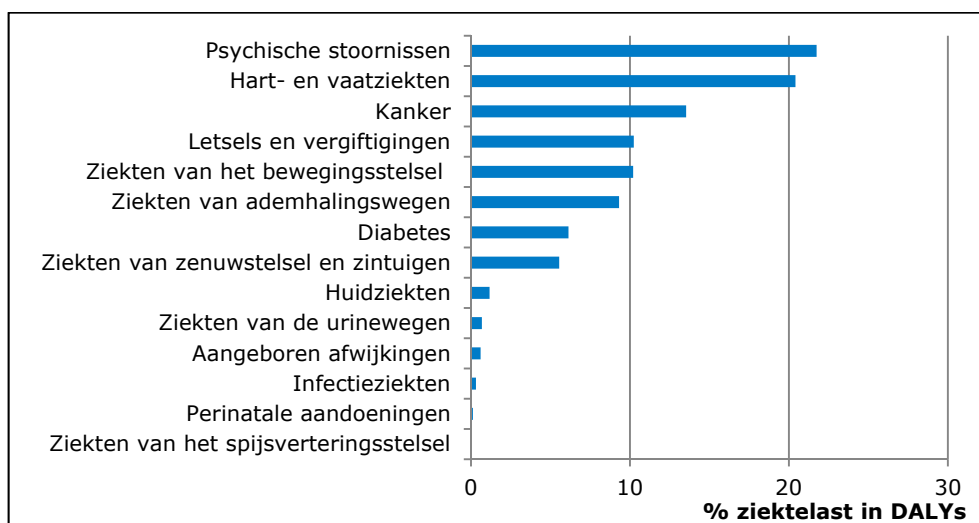
In de hoofdstukken 4 tot en met 6 zijn de risico's van klimaatverandering beschreven voor directe gezondheidseffecten, aeroallergenen en infectieziekten. In dit hoofdstuk zal op basis van deze informatie worden ingegaan op de vraag hoe deze risico's zich tot elkaar verhouden. Deze vraag kwam ook aan de orde tijdens de workshop met stakeholders op 16 juni 2014 en is relevant voor zowel de afweging van risico's en de noodzaak tot het treffen van maatregelen, binnen het thema gezondheid als bij de afweging met andere sectoren. In dit hoofdstuk is een tweetal invalshoeken gekozen voor het beoordelen van risico's van klimaatverandering:

- Het vergelijken van de bijdrage aan de ziektelast van de gezondheidseffecten (suggestie uit de workshop met experts op 17 april 2014).
- Het beoordelen van risico's volgens de methode die hiervoor in het Verenigd Koninkrijk is gevolgd (Hames en Vardoulakis, 2012). Deze beoordeling is ook voor de andere sectoren uitgewerkt (zie ook paragraaf 1.1).

### 7.2 Beoordeling risico's

#### *Bijdrage gezondheidsrisico's aan ziektelast*

Een manier om te kijken naar de gezondheidsrisico's, is door de ziektelast te vergelijken. De ziektelast ('Burden of Disease') is de hoeveelheid gezondheidsverlies in een populatie die veroorzaakt wordt door ziekten. De ziektelast wordt uitgedrukt in in DALY's ('Disability-Adjusted Life-Years'). De DALY kwantificeert het gezondheidsverlies en is opgebouwd uit twee componenten: de jaren verloren door vroegtijdige sterfte en de jaren geleefd met ziekte gewogen naar de ernst ervan. Het concept is afkomstig van de 'Global Burden of Disease' studie (GBD) van de Wereldbank en de WHO (Murray en Lopez, 1996). Figuur 7.1 laat de huidige verdeling van de ziektelast in Nederland zien.



Figuur 7.1 Verdeling ziektelast, uitgedrukt in DALY's (Poos et al., 2014).

Uit Figuur 7.1 blijkt dat hart- en vaatziekten en ziekten van ademhalingswegen een relatief grote bijdrage aan de ziektelast in Nederland leveren. Veranderingen in de ziektelast binnen deze groep kunnen daardoor grote invloed hebben op de totale ziektelast. Infectieziekten leveren in algemene zin een veel kleinere bijdrage aan de ziektelast. Een (mogelijke) uitbraak van infectieziekten kan echter grote maatschappelijke impact hebben, zowel in termen van het aantal ziektegevallen als de maatschappelijke onrust die kan ontstaan. Voorbeelden hiervan zijn de Q-koortsepidemie in 2007-2010 en de Mexicaanse griepandemie in 2009; bij beide uitbraken droeg het aantal ziektegevallen en doden, maar zeker ook de media-aandacht bij aan de maatschappelijke onrust en een verhoogde risicoperceptie (Bults, 2014). Het alleen beschouwen van de ziektelast geeft dus maar beperkt informatie voor het afwegen van risico's.

Verder valt op in Figuur 7.1 dat allergieën ontbreken. De in de figuur weergegeven ziektelast is gebaseerd op de International Classification of Diseases (ICD). Allergie is een groep van ziekten maar vormt geen hoofdgroep volgens de ICD-indeling. De afzonderlijke ziekten die tot allergieën behoren, zoals astma en eczeem behoren tot verschillende hoofdgroepen, namelijk ziekten van ademhalingswegen en huidziekten. De ziektelast is alleen berekend voor de afzonderlijke ziekten en niet voor allergie als totaal.

De WHO (2003) heeft berekend wat wereldwijd de bijdrage aan de ziektelast is van klimaatverandering voor alle gezondheidseffecten gezamenlijk. Hierin zijn meegenomen de effecten van klimaatverandering voor infectieziekten (malaria en maag-, darmklachten), verdrinking en ondervoeding. Malaria, verdrinking en ondervoeding zijn voor Nederland geen relevante risico's (meer). De toename van de ziektelast door water- en voedseloverdraagbare infectieziekten is berekend op 10%.

#### *Impact gezondheidsrisico's van sociaaleconomische en milieuaspecten*

In de Verenigde Staten (Luber et al., 2014) en het Verenigd Koninkrijk (Hames en Vardoulakis, 2012) zijn risicobeoordelingen uitgevoerd voor de effecten van klimaatverandering op de gezondheid. In de Tekstboxen 7.1 en 7.2 is een korte beschrijving opgenomen van deze analyses.

De risicobeoordeling voor de Verenigde Staten is kwalitatief en geeft geen rangorde tussen de gezondheidsrisico's (zie ook Tekstbox 7.1). Het Verenigd Koninkrijk heeft wel een stap gezet naar kwantificering en naar vergelijking, maar deze is beperkt tot de temperatuur-, overstroming- en uv-gerelateerde risico's (zie ook Tekstbox 7.2). Een direct gebruik van de door Hames en Vardoulakis (2012) berekende resultaten voor de in dit rapport beschreven risico's, is dus alleen mogelijk voor de effecten van klimaatverandering op temperatuurgerelateerde ziekte en sterfte en niet voor infectieziekten en aeroallergenen.

De methode zelf, om de impact van risico's inzichtelijk en vergelijkbaar te maken met andere thema's, is wel toepasbaar voor het thema Gezondheid. Juist ook omdat er daarbij een inschatting wordt gemaakt van de betrouwbaarheid van de kennisbasis. In deze beoordeling wordt de impact van klimaatverandering op economische, milieuhygiënische en sociale aspecten beoordeeld op een schaal van hoog, middel of laag. In Bijlage II is een overzicht gegeven van de criteria die worden gehanteerd bij de beoordeling van risico's. In Bijlage II is ook een overzicht opgenomen van een aantal demografische kentallen. Zo is het aantal inwoners van het Verenigd Koninkrijk bijna viermaal zo hoog als in Nederland, maar is de bevolkingsopbouw naar leeftijd

vergelijkbaar. Dit geldt ook voor de huidige levensverwachting. Het bruto binnenlands product per inwoner is in het Verenigd Koninkrijk lager dan in Nederland, 106 ten opzichte van 127 in 2013. Bij het beschouwen van de indeling in klassen volgens deze indeling, zou met de onderlinge economische en demografische verschillen rekening moeten worden gehouden. In dit rapport is deze correctie nog niet toegepast, omdat dit ook bij de andere thema's nog niet is gedaan.

*Tekstbox 7.1 Risicobeoordeling klimaatverandering Verenigde Staten (Luber et al., 2014).*

In het rapport *Climate Change Impacts in the United States* zijn naast andere thema's, de gezondheidsrisico's voor de Verenigde Staten in beeld gebracht (Luber et al., 2014). De belangrijkste gezondheidsrisico's die worden onderscheiden, zijn:

- luchtverontreiniging door ozon en fijn stof;
- toename allergenen pollen en huismijt;
- bosbranden;
- hitte;
- overstromingen en extreme droogte;
- vectoroverdraagbare infectieziekten;
- voedsel- en wateroverdraagbare infectieziekten;
- voedselveiligheid;
- geestelijke gezondheid (stress, maar ook werking van medicatie).

Op onderdelen zijn inschattingen gemaakt van de huidige omvang van de ziektelast en daarbij behorende zorguitgaven. Kwantitatieve projecties naar de toekomst worden gegeven voor klimaatverandering zelf, de ontwikkeling van astmaklachten door toename van de ozonconcentratie in 2020 en de vestiging van teken. Een onderlinge afweging van risico's wordt dus nog niet gemaakt. Het rapport beschrijft dat juist kwetsbare groepen zoals ouderen, kinderen en chronisch zieken, maar ook mensen die in overstromingsgevoelige gebieden of steden wonen, het grootste risico ondervinden van klimaatverandering. Voorbereiding en preventie worden beschouwd als de belangrijkste stuurmechanismen, waarbij van preventie ook de meeste gezondheidsbaten kunnen worden verwacht. Daarbij kan gedacht worden aan verminderen van emissies, maar ook aan effectieve communicatie over risico's en mogelijke maatregelen. De lokale omstandigheden (zowel lokale klimaatverandering, de inrichting van de leefomgeving als de bewoners) bepalen welke maatregelen daar het meest passend zijn. Ten slotte, laten Luber et al. (2014) zien dat maatregelen die de risico's van klimaatverandering voor de gezondheid verminderen ook positieve uitwerking op andere aspecten van de leefomgeving kunnen hebben, zoals vergroening in de stad, met allergeen beperkte bomen en toepassing van groene daken, de vermindering van luchtverontreiniging door versterking van het openbaar vervoer en fietsroutes.

*Tekstbox 7.2 Risicobeoordeling klimaatverandering Verenigd Koninkrijk (Hames en Vardoulakis, 2012).*

Het rapport Climate Change Risk Assessment for the Health Sector (Hames en Vardoulakis, 2012) maakt deel uit van een risicobeoordeling voor verschillende sectoren. Binnen deze benadering zijn risico's beoordeeld in een tweetal stappen. Als eerste stap worden risico's door experts gescoord op basis van de impact van deze risico's, de urgentie om beslissingen te nemen over maatregelen en de betrouwbaarheid van de onderliggende informatie. Op basis van deze beoordeling zijn een tiental risico's (semi)kwantitatief uitgewerkt:

- hittegerelateerde sterfte;
- hittegerelateerde ziektelast;
- sterfte door overstroming of storm;
- sterfte door luchtverontreiniging door ozon;
- koudegerelateerde sterfte;
- koudegerelateerde ziektelast;
- huidkanker door uv-straling;
- mentale stress door overstroming of storm;
- gewonden door overstroming of storm.

De impact van onder andere infectieziekten (vector-, voedsel- of wateroverdraagbaar) en allergenen wordt als hoog beoordeeld, maar is in de kwantitatieve uitwerking weggefallen, omdat het systeem complex is en er in de literatuur weinig is beschreven over de uitwerking van verschillende factoren, zoals klimaatverandering. Bij de kwantitatieve uitwerking is de impact van klimaatverandering op de tien bovengenoemde risico's beoordeeld op een economische, ecologische en gezondheidskundige schaal van hoog, midden of laag en is ook aangegeven wat de betrouwbaarheid is die aan de resultaten kan worden toegekend.

In de risicobeoordeling zijn, behalve de bevolkingsomvang, geen andere maatschappelijke veranderingen, zoals bevolkingssamenstelling en economische groei, meegenomen.

*Beoordeling gezondheidsrisico's Nederland*

In Tabel 7.1 is de beoordeling weergegeven van de effecten van klimaatverandering voor gezondheid in Nederland.

Vanwege de omvang van de bevolkingsgroep die gevoelig is voor hitte, en de bijbehorende verwachte mortaliteit en morbiditeit, is de impact van klimaatverandering op hittestress als hoog beoordeeld. Toekomstige ontwikkelingen zoals vergrijzing, toename van het aantal mensen met chronische ziekten en verstedelijking zijn in deze beoordeling ook meegenomen. De impact van klimaatverandering op koudegerelateerde sterfte is niet beoordeeld omdat de literatuur hierover niet eenduidig is. Hetzelfde geldt voor de bijdrage van klimaatverandering, door verandering van uv-straling, aan het voorkomen van huidkanker en staar.

Het aantal mensen dat last heeft van allergie, in combinatie met de verlenging en intensivering van het pollenseizoen, maakt dat de impact van klimaatverandering op gezondheidseffecten door allergenen als hoog wordt beoordeeld. De impact van klimaatverandering op de aanwezigheid van schimmels en huismijt binnenshuis is niet beoordeeld, omdat er geen gegevens in de literatuur gevonden zijn over de bijdrage van klimaatverandering aan het klimaat binnenshuis.

De ziektelast van infectieziekten is op dit moment beperkt. De impact van een uitbraak zowel qua omvang als qua maatschappelijke onrust kan echter hoog zijn.

*Tabel 7.1 Beoordeling effecten klimaatverandering op gezondheid in Nederland.*

| Risico                                                                              | Effecten scenario's klimaat en leefomgeving                |                                                |                                       | Kennisbasis | Maatregelen mogelijk? |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------|
|                                                                                     | Klimaat-variabele                                          | Impact als scenario zich voordoet <sup>1</sup> | Frequentie als scenario zich voordoet |             |                       |
| Directe effecten                                                                    |                                                            |                                                |                                       |             |                       |
| Toename hittegerelateerde ziekte en sterfte                                         | Temperatuur, luchtkwaliteit, luchtvochtigheid              | ++                                             | ++                                    | +-          | ++                    |
| Af-/toename koude-gerelateerde sterfte                                              | Temperatuur                                                |                                                | ?                                     | +-          | ++                    |
| Toename psychische klachten, verdrinking door wateroverlast                         | Extreme neerslag, zeespiegelstijging                       | ++                                             | +-                                    | +           | ++                    |
| Aeroallergenen                                                                      |                                                            |                                                |                                       |             |                       |
| Meer hooikoorts- en astmaklachten door verlenging pollen-seizoen en intensere bloei | Temperatuur, luchtkwaliteit, wind                          | ++                                             | ++                                    | +-          | +                     |
| Toename allergie- en astmaklachten door toename huismijt, schimmel, vocht           | Temperatuur, luchtvochtigheid                              | ?                                              | ++                                    | +-          | +                     |
| Infectieziekten (vector-, voedsel- en watergebonden)                                |                                                            |                                                |                                       |             |                       |
| Uitbraak vectorgebonden infectieziekten                                             | Temperatuur, luchtvochtigheid, uv, neerslag, weersextremen | ++                                             | ?                                     | +-          | +                     |
| Uitbraak water- en voedseloverdraagbare infectieziekten                             | Temperatuur, luchtvochtigheid, uv, neerslag, weersextremen | ++                                             | ?                                     | +-          | ++                    |

<sup>1</sup> Criteria beoordeling impact (economie, gezondheid en milieu) zijn opgenomen in Bijlage II, Tabel II.1.

| Legenda                   |    |
|---------------------------|----|
| hoog                      | ++ |
| midden                    | +  |
| Laag                      | +- |
| onbekend                  | ?  |
| tegenstrijdige uitkomsten |    |

### **7.3 Interactie met andere sectoren**

Parallel aan voorliggende analyse zijn de kansen, risico's en kwetsbaarheden voor de sectoren energie, transport(infrastructuur), ICT, gezondheid, natuur, landbouw en visserij in beeld gebracht. Tijdens de expertworkshop op 17 april 2014 en de voortgangsbijeenkomst op 5 juni 2014 van Kennis voor Klimaat met de deelprojectleiders en PBL zijn de interacties tussen de verschillende thema's besproken. De interacties die bij deze besprekingen zijn geïdentificeerd voor het thema Gezondheid, zijn weergegeven in Tabel 7.2. Hieruit blijkt dat de risico's van klimaatverandering voor de gezondheid kunnen worden vergroot door bijvoorbeeld uitval van energie of blokkades van wegen waardoor gebieden moeilijk bereikbaar zijn, maar dat anderzijds er ook kansen zijn, bijvoorbeeld door initiatieven te combineren (zie ook paragraaf 8.3).

**Tabel 7.2** *Interacties gezondheid met andere sectoren (input uit expertworkshop op 17 april 2014 en bijeenkomst Kennis voor Klimaat Risicoanalyses en Klimaatkansen op 5 juni 2014).*

| Thema     | Temperatuurgerelateerde effecten                                                                                                                                                                                                                    | Aeroallergenen                                                                                                                                                                        | Infectieziekten                                                                                                                                                                                                                                    | Algemeen                                                                                                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transport | Luchtverontreiniging door transport versterkt (klimaat)effecten gerelateerd aan hittestress en aeroallergenen (hogere pollenconcentraties en gevoeligheid).<br>Kans verbetering luchtkwaliteit door toename elektrische auto's.                     |                                                                                                                                                                                       | Verspreiding van infectieziekten.                                                                                                                                                                                                                  | Beperkte transportcapaciteit of afsluitingen bemoeilijken bereikbaarheid patiënten en ziekenhuizen, incl. medicijntransport.                             |
| ICT       | Gebruik nieuwe media bij (doelgroepspecifieke) communicatie over: <ul style="list-style-type: none"> <li>Nationaal Hitteplan</li> <li>Hittewaarschuwing bij evenementen</li> <li>Informatie over pollen</li> </ul> Ontwikkeling meetapp's           |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                    | Patiëntendossiers niet meer bereikbaar.<br>Psychische effecten door ontbreken van informatievoorziening.                                                 |
| Energie   | Luchtverontreiniging door conventionele energieopwekking versterkt (klimaat)effecten gerelateerd aan hittestress en aeroallergenen.<br>Toename airco (energie)gebruik, bij energie-uitval ook uitval koeling (adaptatie-maatregel bij hittestress). |                                                                                                                                                                                       | <u>Voedsel</u><br>Kwaliteitsrisico voor gekoelde producten bij energie-uitval.<br><u>Water</u><br>Afname oppervlaktewaterkwaliteit door koelwaterlozingen.<br>Toename kans op legionellose (koeltorens, bioluchtwassers, boiler temperatuur etc.). | Uitval apparatuur in ziekenhuis.                                                                                                                         |
| Natuur    | Relatie verschillende soorten groen en hittestress nog onbekend.                                                                                                                                                                                    | Introductie van exoten met allergene pollen (vb. ambrosia, olijfbomen, kleine glasstruik).<br>Bij groen in stedelijk gebied rekening houden met allergenen: geen berken/beuken/elzen. | <u>Water</u><br>Verslechtering waterkwaliteit, toename blauwalgen.<br><u>Vectoren</u><br>Introductie van exoten die infectieziekten meebrengen.                                                                                                    | Positief effect van natuur op gezondheid benutten (zoals groen in de stad).<br>Meer recreatie, meer naar buiten gaan of meer mediterrane ritme (siësta). |
| Visserij  |                                                                                                                                                                                                                                                     | -                                                                                                                                                                                     | <u>Voedsel</u><br>Houdbaarheid van producten neemt af bij hitte.                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |
| Landbouw  | Intensiveren landbouw en vee → impact op hygiëne → overlast → luchtkwaliteit                                                                                                                                                                        | Introductie van allergenen via zaadmengsels (vb. ambrosia).<br>Relatie tussen biologische gewassen en pollen onduidelijk.                                                             | Zoönotische ziekteverwekkers<br>Afname landbouw → toename bos → meer teken, etc.                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |



## 8 Handelingsperspectief

Tijdens de workshop met stakeholders op 16 juni 2014 is gesproken over mogelijke maatregelen om de impact van klimaatverandering op de gezondheid te beperken. Klimaatmaatregelen worden veelal uitgesplitst in mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Mitigatiemaatregelen richten zich op het verminderen van de klimaatverandering zelf, bijvoorbeeld door de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, adaptatiemaatregelen op het verminderen van de negatieve effecten en te profiteren van voordelen van klimaatverandering.

Door Huynen et al. (2008) is al een systematisch overzicht geschetst van mogelijke maatregelen die voor de beperking van de verschillende gezondheidseffecten zouden kunnen worden ingezet. Van veel van deze maatregelen is ook op dit moment nog onvoldoende zicht op de effectiviteit, gezondheidswinst, kosten, opbrengsten en maatschappelijke neveneffecten om een gedegen afweging te maken, met uitzondering van een aantal maatregelen voor temperatuurgerelateerde effecten. Dit maakt dat dit hoofdstuk een weergave geeft van mogelijke maatregelen, zonder uitspraken te doen over de verwachte effectiviteit of gezondheidswinst. Hiervoor is een beter begrip nodig van de onderliggende mechanismen en relaties tussen klimaatverandering en de diversie gezondheidseffecten. In veel gevallen ontbreekt dergelijke basiskennis echter nog (zie ook hoofdstuk 10).

Voor temperatuurgerelateerde effecten is onder andere in het kader van het programma Kennis voor Klimaat en het Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering al een groot aantal maatregelen geïnventariseerd. Een overzicht van deze maatregelen is opgenomen in Bijlage III. Deze verzameling is gebruikt als vertrekpunt voor de workshop met stakeholders. Daarnaast worden in de literatuur verschillende adaptatiemaatregelen beschreven die ook toepasbaar kunnen zijn voor de Nederlandse situatie. Voorbeelden hiervan zijn studies die zijn uitgevoerd voor de Verenigde Staten (Reid en Gamble, 2009) en het Verenigd Koninkrijk (Hames en Vardoulakis, 2012).

In dit hoofdstuk is eerst per thema beschreven wat mogelijke maatregelen kunnen zijn. Veel van de mogelijke maatregelen komen bij de drie thema's in verschillende vormen terug. Ze zijn daarom zo veel mogelijk volgens dezelfde indeling beschreven en samengevat in Tabel 8.1.

### 8.1 Beperken gezondheidseffecten door hitte

#### *Informatievoorziening*

Door hun gedrag aan te passen kunnen burgers zelf veel doen om de gezondheidsrisico's van hitte te beperken (Bouchama et al., 2007). Tijdens de stakeholderworkshop op 16 juni 2014 werd gesignaleerd dat het bagatelliseren van het gezondheidsrisico van hitte een probleem vormt bij de informatievoorziening: mensen nemen de gevolgen van hitte niet zo serieus. Voor informatievoorziening zou gebruik moeten worden gemaakt van intermediaire personen en organisaties als apotheek, thuiszorg, mantelzorg, eerstelijns hulpverleners, gemeente, GGD, lokale media, jeugdgezondheidszorg, scholen/kinderopvang, etc. Deze organisaties hebben vanuit hun primaire taak al contact met verschillende groepen. De ervaring van stakeholders is dat persoonlijk overgedragen informatie effectiever is dan anonieme schriftelijke informatie. De GGD-richtlijn Gezondheidsrisico's van zomerse omstandigheden

(De Meer et al., 2012) biedt hiervoor concrete gedragsadviezen. Daarnaast zou, ter ondersteuning, algemene informatie kunnen worden verstrekt zoals Duitsland doet met de website: [www.wetteronline.de/biowetter](http://www.wetteronline.de/biowetter).

#### *Monitoring, surveillance*

Om meer zicht te krijgen op de omvang van de hittegerelateerde ziektelast en het daarmee samenhangende arbeidsverzuim zou een surveillancesysteem moeten worden ingericht. Voor een adequate respons bij hitte is het belangrijk dat gemeenten in beeld hebben hoe de geografische spreiding is van de temperatuur (waar bevinden zich stedelijke hitte-eilanden), welke gebouwen/woningen hebben het meeste last van opwarming en waar kwetsbare groepen wonen. Voor de stad Londen is een dergelijke gecombineerde gegevensanalyse uitgevoerd, waardoor tijdens hittegolven ouderen en chronisch zieken zeer gericht kunnen worden bezocht en geïnformeerd over risico's en te nemen maatregelen.

#### *Inrichting en beheer stedelijk gebied*

Ruimtelijke (her)inrichting van stedelijke gebieden biedt een kans om de stad zowel leefbaarder als meer klimaatbestendig te maken. Voorbeelden hiervan zijn groene gevels, daken en ruimten, natuurlijke beplanting, oriëntatie van woningen, windcorridors en witte muren en daken. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het verminderen van het hitte-eilandeffect. De mate waarin deze maatregelen bijdragen verschilt (zie ook Bijlage III) en is ook niet altijd onderzocht.

Bij het uitvoeren van inrichtingsmaatregelen is het van belang om te voorkomen dat nieuwe gezondheidsrisico's worden geïntroduceerd, door bijvoorbeeld de aanplant van allergene planten of bomen en de introductie van ongedierte.

#### *Binnenklimaat*

Bij de bouw of verbouw van woningen zou ook rekening kunnen worden gehouden met het weren van hitte door bijvoorbeeld de oriëntatie van de woning zelf en de ramen, de dakoverstekken en de dikte van muren. In het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat zijn hier maatregelen voor ontwikkeld.

#### *Luchtverontreiniging*

Zowel gezondheidsklachten door hittestress als allergieklachten verergeren door luchtverontreiniging. Dit komt met name in stedelijk gebied voor. De aanpak van lokale knelpunten, bijvoorbeeld door het stellen van eisen aan emissies van auto's, bussen en vrachtwagens in bepaalde gebieden, is daarom van belang. De landelijke overheid kan hiervoor kaderstellend zijn. Dit kader zou er in relatie tot klimaatverandering op gericht moeten zijn dat het aantal dagen met smog verder wordt teruggebracht.

## **8.2 Aeroallergenen**

Veel van de maatregelen die zijn opgenomen, zijn ook nu al waardevol. Door de verlenging en intensivering van het pollenseizoen door klimaatverandering neemt het belang ervan toe.

*Informatievoorziening*

De behandeling van hooikoorts is in belangrijke mate gebaat bij een goede informatievoorziening, zowel over de aanwezigheid en activiteit van welke pollen, als bij het stellen van de diagnose (voor welke pollen is de patiënt allergisch) en het handelingsperspectief voor de patiënt.

Ten behoeve van informatievoorziening over de aanwezigheid en activiteit van pollen wordt gewerkt aan modellen die deze informatie tot op postcodeniveau kunnen berekenen. Deze modellen zijn echter in de beginfase en zouden verder moeten worden ontwikkeld om te kunnen worden geoperationaliseerd. Bij het operationaliseren is het van belang dat de wijze van informatie aanbieden en de informatie zelf, aansluit bij de verschillende doelgroepen (gedifferentieerde doelgroepbenadering). De landelijke overheid zou als regisseur kunnen optreden.

Tijdens de workshop met stakeholders op 16 juni 2014 is het belang van een voldoende specifieke diagnose (voor welke pollen allergisch) en een goede informatievoorziening aan de patiënt benadrukt (wat kan deze zelf doen). Via medische beroepsgroepen kan dit worden verankerd (NHG, DBC).

*Luchtverontreiniging*

Zie paragraaf 8.1.

*Inrichting openbare ruimte*

Bij de inrichting van stedelijk groen zou bij de keuze voor bepaalde soorten planten en bomen, naast esthetische en technische afwegingen, de mate van allergene activiteit een belangrijke factor moeten zijn. Zo worden berken nog steeds vaak aangeplant door gemeenten, terwijl veel mensen daar allergisch voor zijn. Informatievoorziening, ontwikkeling van een richtlijn bijvoorbeeld door de VNG of het aandacht geven aan succesverhalen van gemeenten zijn voorbeelden van maatregelen.

*Binnenklimaat*

De ontwikkeling van huisstofmijt is sterk gerelateerd aan de kwaliteit van het binnenmilieu (temperatuur, luchtvochtigheid, inrichting). Ontwikkelingen als renovatie en stadsvernieuwing kunnen een belangrijke verbetering bewerkstelligen van het binnenmilieu. Anderzijds hoort daar ook een juiste wijze van ventilatie bij. Een goede informatievoorziening die is gericht op specifieke groepen en de lokale situatie is daarvoor van belang. De VTV (Hoeymans et al., 2014) schetst een toename van het aantal ouderen en chronisch zieken en ook de toegenomen individualisering. De informatievoorziening moet hier dan ook op inspelen.

### **8.3 Infectieziekten**

*Monitoring, surveillance en informatievoorziening*

Vanwege het grote aantal factoren dat van invloed is op het voorkomen van bestaande en onbekende infectieziekten is het van belang de huidige maatregelen op het gebied van monitoring, surveillance en voorlichting of informatievoorziening voort te zetten en waar nodig te versterken. Voorbeelden van bestaande systemen voor publieksinformatie zijn de websites en apps waarmee de bevolking geïnformeerd wordt over de zwemwaterkwaliteit ([www.zwemwater.nl](http://www.zwemwater.nl)) of het voorkomen en de risico's van teken ([www.tekenradar.nl](http://www.tekenradar.nl)). Dergelijke systemen kunnen ook voor andere blootstellingsroutes en/of infectieziekten opgezet worden.

Daarnaast kan door het effectief inzetten (en uitbreiden) van surveillance een vinger aan de pols gehouden worden en kunnen dreigende ziekte-uitbraken mogelijk tijdig gesignaleerd worden. Hiertoe moeten de bestaande surveillancesystemen kritisch beschouwd worden en daar waar nodig worden aangepast en uitgebreid. Surveillance en monitoring geven ook inzicht in het huidige voorkomen van infectieziekten en trends daarin. Het is hierbij zaak niet alleen gericht te zijn op meldingsplichtige infectieziekten, maar juist ook op infectieziekten waarvoor milieufactoren een grote invloed hebben op het voorkomen en de verspreiding. Voor veel van dergelijke infectieziekten bestaat nog geen surveillance en zijn gegevens over het huidige voorkomen van deze infecties dan ook onbekend of fragmentarisch, bijvoorbeeld het aantal *Vibrio*-infecties door contact met oppervlaktewater. Hierbij dient in relatie tot water- en vector-overdraagbare infectieziekten ook rekening gehouden te worden met trends zoals duurzaamheidsinitiatieven (bijvoorbeeld hergebruik van (afval)water, opvang en gebruik van regenwater) en de aanleg van meer stedelijk water (De Man, 2014) en hoe deze zich verhouden tot klimaatveranderingen.

Bouزيد et al. (2013) hebben een systematische review uitgevoerd van de literatuur over interventie maatregelen om de invloed van klimaatveranderingen op de volksgezondheid te reduceren. De gerapporteerde interventies betroffen beheersmaatregelen ten aanzien van vectoren, profilaxe, vaccinatie, waterbehandeling (in huishoudens en gemeenschappen), groen in de stad en advisering. Bouزيد et al. (2013) concluderen dat de onderbouwing van het effect van maatregelen gericht op de leefomgeving meestal zwak is en dat dit aspect meer aandacht zou moeten krijgen in projecten.

#### *Inrichting stedelijk gebied*

Bij de (her)inrichting van stedelijk gebied dient bij de aanleg van meer groen en blauw in de steden rekening gehouden te worden met het mogelijke optreden van infectieziekten doordat met water en beplanting nieuwe niches voor veroorzakers van infectieziekten of vectoren worden gecreëerd.

Tabel 8.1 Overzicht mogelijke maatregelen met relevantie per thema, gebaseerd op input workshop op 16 juni 2014.

| Mogelijke maatregel                                                                                                                                               | Temp.ger. effecten | Allergenen | Infectie-ziekten |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|------------------|
| <b>Informatievoorziening</b>                                                                                                                                      |                    |            |                  |
| Zorgen dat informatie op orde is zodat er bij hitte zicht is op de stedelijke hitte-eilanden en kwetsbare groepen en adequate actie kan worden ondernomen         |                    |            |                  |
| Stimuleren van gedrag tijdens hittegolven op basis van gerichte informatie en advies via bestaande maatschappelijke structuren                                    |                    |            |                  |
| Het stellen van een specifieke diagnose (voor welke pollen is de patiënt allergisch) en het geven van een daarbij passend handelingsperspectief voor de patiënt   |                    |            |                  |
| Informeren van patiënten over aanwezigheid en activiteit van welke pollen                                                                                         |                    |            |                  |
| <b>Inrichting leefomgeving</b>                                                                                                                                    |                    |            |                  |
| Rekening houden met stedelijk hitte-eiland-effect bij (her)inrichting van stedelijk gebied                                                                        |                    |            |                  |
| Aanpak van luchtverontreiniging in stedelijk gebied                                                                                                               |                    |            |                  |
| Bij de inrichting van stedelijk groen rekening houden met allergene activiteit aanplant                                                                           |                    |            |                  |
| Vochtproblematiek in oude woningen aanpakken                                                                                                                      |                    |            |                  |
| Bij de inrichting van nieuwe (stedelijke) groengebieden is het van belang om te voorkomen dat nieuwe ziekten worden geïntroduceerd, door bijvoorbeeld ongedierte. |                    |            |                  |
| <b>Monitoring en surveillance</b>                                                                                                                                 |                    |            |                  |
| Ontwikkelen of versterken surveillance strategie                                                                                                                  |                    |            |                  |

#### 8.4 Nog te benutten kansen

Factoren die het effect van klimaatveranderingen op de gezondheid van een populatie beïnvloeden zijn de effectiviteit van de gezondheidszorg en veiligheidssystemen (bijvoorbeeld ten aanzien van voedsel), gedrag, leeftijd, geslachtsopbouw en economische status van een populatie, de mate en duur van de blootstelling aan de effecten van klimaatveranderingen en de mogelijkheid van de maatschappij om zich aan te passen (US EPA, 2014). Een aantal van deze factoren, zoals de effectiviteit van de gezondheidszorg en veiligheidssystemen, gedrag en aanpassingsvermogen, bieden mogelijkheden om als maatschappij beter bestand te zijn tegen de effecten van klimaatverandering.

Daarnaast kunnen andere maatschappelijke ontwikkelingen de klimaatbestendigheid voor het thema gezondheid verbeteren. Sterker nog, juist de combinatie van klimaatmaatregelen met projecten die gericht zijn op het verbeteren van bijvoorbeeld de leefomgeving, vergroot de haalbaarheid ervan. Tijdens het laatste ICLEI<sup>8</sup>-congres in Bonn (mei 2014) (<http://resilient-cities.iclei.org/bonn2014/resilient-cities-2014-home/>) bleek dat het verbeteren van de leefomgeving voor veel stadsbesturen een cruciale succesfactor is om hun stad toekomstbestendig (en daarmee klimaatbestendig) te maken. Voorbeelden hiervan zijn projecten die gericht zijn op de vergroening van de stad en stadsrenovatie, zoals de aanleg van groene daken, stadsmoestuinen,

<sup>8</sup> ICLEID is een wereldwijd netwerk van ruim 900 steden die samenwerken op het gebied van duurzaamheid van steden.

waterpartijen en renovatie van oude woningen. Door bij het ontwerp ook expliciet rekening te houden met gezondheidsrisico's, zoals het ontstaan van infectieziekten of de introductie van pollen door aanplant, kan het beoogde gezondheidseffect (verbeteren mogelijkheden om te bewegen, vergroten welbevinden, verminderen stedelijk hitte-eilandeffect, verminderen stress) (Den Hertog, 2014) ook daadwerkelijk worden bereikt.

Mogelijke maatregelen voor klimaatadaptatie liggen vaak ook op het vlak van het verkleinen van risico's door uitval van bijvoorbeeld transportinfrastructuur, drinkwater-, energie- en informatievoorziening en zorg. Deze sectoren zijn door de overheid aangemerkt als van vitaal belang voor het functioneren van de Nederlandse samenleving, omdat uitval ervan kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting. Naast klimaatverandering kunnen andere oorzaken leiden tot uitval van deze systemen, bijvoorbeeld door technisch falen of een moedwillige verstoring. Maatregelen die gericht zijn op versterking van deze systemen dragen dus ook positief bij aan de klimaatbestendigheid van Nederland.

Daarnaast kunnen overheden en burgers zelf ook hun 'klimaatbestendigheid' vergroten. Daarvoor is het belangrijk om de informatievoorziening op orde te hebben (waar wonen kwetsbare groepen, waar is het stedelijk hitte-eiland het grootst) zodat tijdens hitteperiodes, uitbraken van infectieziekten of aanwezigheid van pollen, gericht informatie kan worden gegeven. Het Nationaal Hitteplan (VWS, 2007) biedt hiervoor een goed vertrekpunt maar zou nog verder moeten worden verankerd in de praktijk en zich ook meer moeten richten op zelfstandig wonende kwetsbare groepen zoals ouderen en chronisch zieken.

Tijdens de workshops en bilaterale gesprekken stelden de experts/stakeholders dat de risico's van klimaatverandering nogal eens worden gebagatelliseerd. Argumenten daarbij waren onder andere: het zijn processen die geleidelijk plaatsvinden, passen we ons daar niet op aan, zijn andere factoren niet veel belangrijker voor de volksgezondheid. Natuurlijk zijn deze punten ook waar, maar de klimaatscenario's laten zien dat deze veranderingen dusdanig kunnen zijn dat deze van directe invloed zijn op ons dagelijks leven, bijvoorbeeld omdat er vaker extreem warme periodes zijn of omdat het pollenseizoen wordt verlengd. Het is daarom van belang veranderingen goed te monitoren, het beleid erop in te richten dat er op deze veranderingen kan worden ingespeeld en de burger bewust te maken van de risico's en de mogelijkheden die hij of zij zelf heeft om hier mee om te gaan. Dit laatste past ook in de maatschappelijke trend waarbij burgers steeds meer zelf keuzes willen maken ten aanzien van hun leefstijl en gezondheid. Kernwoorden zijn dus monitoring/surveillance en informatievoorziening aan burgers. Om te voorkomen dat informatievoorziening wordt gezien als 'betuttelend', is het belangrijk dat de boodschap en de zender zijn aangepast aan de doelgroep. Een mogelijkheid is hiervoor gebruik te maken van intermediairs (bijvoorbeeld vrijwilligers van het Rode Kruis, medewerkers thuiszorg, apothekers e.d.) die regelmatig contact hebben met personen uit risicogroepen.

## 9 Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie

### *Systeembenadering*

Eén van de vragen bij voorliggend project was om aan te geven welke aanknopingspunten voor monitoring er zijn, die ondersteunend kunnen zijn bij het ontwikkelen van een beleidsprogramma en het maken van keuzes over te treffen maatregelen (wat is wanneer nodig).

Zoals hiervoor beschreven, zijn naast klimaatverandering ook veel andere factoren van invloed op de volksgezondheid, zoals de kwaliteit van de gezondheidszorg, economische en sociaal-culturele factoren en de ontwikkeling van de natuur en de leefomgeving. Ook ontwikkelingen buiten Nederland zijn daarbij van belang. De Gezondheidsraad (2009) benadrukt in haar rapport het belang van een systeembenadering om inzicht te krijgen in de dynamiek van de verschillende factoren en hun onderlinge wisselwerking. Dit inzicht is noodzakelijk om effecten op de lange termijn te beoordelen en effectieve beleidsmaatregelen te kunnen ontwikkelen. Met een systeembenadering wordt ook de wisselwerking met andere beleidsterreinen zoals ruimtelijke ordening, natuurbeleid en economische ontwikkeling, zichtbaar en kan ook daar ondersteuning bieden bij het maken van keuzes over te nemen maatregelen en de te verwachten effectiviteit.

Ook door Huynen en Van Vliet (2009) is het belang beschreven van het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen klimaatverandering en gezondheidseffecten in combinatie met andere relevante economische en sociaal-culturele ontwikkelingen (zie ook Tabel 10.1 van voorliggend rapport). Een dergelijke systematische benadering ontbreekt nog op dit moment, maar is wel wenselijk.

### *Monitoring*

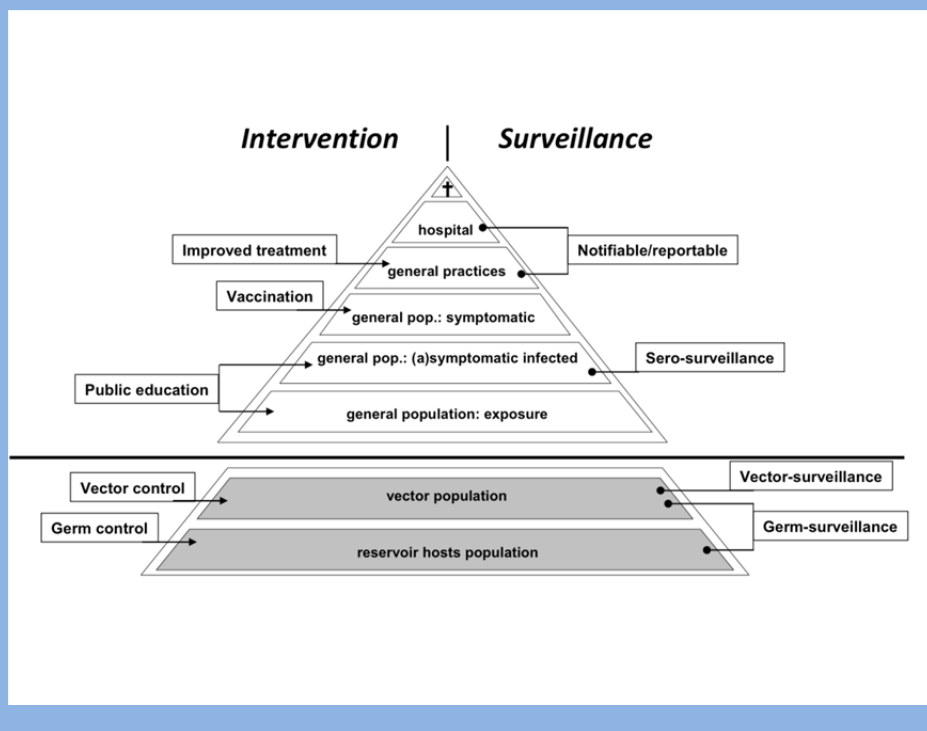
Op dit moment wordt nog niet specifiek gemonitord op *temperatuurgerelateerde ziekte, sterfte en arbeidsproductiviteit*. Wel zijn schattingen voorhanden van de toename van het sterftecijfer, ziektelast en het medicatiegebruik tijdens hittegolven.

Ook de effecten van klimaatverandering op het voorkomen van *allergie en mogelijk astmablasten* door aeroallergenen worden niet als zodanig gemonitord. Wel worden pollenconcentraties op twee locaties in Nederland gemeten, het medicatiegebruik wordt per apotheek geregistreerd en mensen die last hebben van hooikoorts kunnen dit zelf melden op een landelijke website.

Specifiek voor vectorgebonden infectieziekten is een surveillance- en interventiesystematiek ontwikkeld (zie ook Tekstbox 9.1). Een dergelijke systematiek, die ook gebaseerd is op een brede analyse van de factoren die van belang zijn, zou ook kunnen worden ontwikkeld voor temperatuurgerelateerde effecten en allergenen.

**Tekstbox 9.1** *Surveillancestructuur in Nederland voor vector-overdraagbare infecties.*

Er is de laatste jaren grote vooruitgang geboekt in de monitoring van vectoren in Nederland. In 2009 is het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) opgericht als onderdeel van de Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA). Zij zijn deelnemers aan het Signaleringsoverleg Zoönosen, waarbij experts in het veterinaire en humane domein maandelijks overleggen over signalen uit binnen- en buitenland van infecties bij mens en dier. Het gebied van integratie van dierlijke en menselijke ziektesurveillance is nieuw, maar groeiende (Wendt et al., 2014). Aangezien de overdracht van verschillende zoönotische ziekteverwekkers in de natuur plaatsvindt, is de betrokkenheid van belanghebbenden bij milieubeheer en-biodiversiteit de volgende logische stap. Dit vereist een uitbreiding van de gegevensverzameling en verdere versterking van de zogenaamde *disease intelligence*-benadering die bij infectieziekten al sinds decennia bestaat (Thacker et al., 2001). Het belangrijkste doel van dergelijke *disease intelligence* is om alle activiteiten die de vroegtijdige identificatie van mogelijke gevaren voor de gezondheid, de controle, de risicobeoordeling, het onderzoek met het oog op de volksgezondheid en controlemaatregelen samen te voegen en te verbeteren. Epidemiologische informatie integreert zowel een indicatorgebaseerde als een event-gebaseerde component; de eerste verwijst naar gestructureerde verzameling van gegevens door middel van routinematige bewakingssystemen en de laatste verwijst naar gegevens verzameld uit intelligente informatiebronnen. Binnen een ECDC gefinancierd project is een kader voor een surveillance- en interventiesystematiek specifiek voor vector-overdraagbare infecties ontwikkeld (zie Figuur uit Braks et al., 2011).



Om adequaat toezicht te houden op de ziektelast van *vector-overdraagbare infecties*, is er informatie nodig uit verschillende subgroepen van de bevolking, vertegenwoordigd door een surveillancepiramide (zie ook Tekstbox 9.1). Echter, het voorspellen, vroege opsporing, preventie en beheersing van vector-overdraagbare infecties vereisen daarnaast kennis van andere parameters dan

uit het humane veld. Zo vormen gegevens over de aanwezigheid en de dichtheid van (geïnfecteerde) vectoren een belangrijk aanvulling en zijn bij een zoönotische vector-overdraagbare infectie gegevens van het aantal (geïnfecteerde) reservoir gastheren van belang. Bij de keuze van indicatoren en weging daarvan, is het van belang om vector-overdraagbare infecties in de juiste context te plaatsen. Surveillance-inspanningen voor vector-overdraagbare infecties die endemisch zijn hebben een andere focus en structuur nodig dan voor vector-overdraagbare infecties die nog geen daadwerkelijk risico, maar wel een bedreiging vormen, bijvoorbeeld vanuit buurlanden. Naast de context wordt de strategie voor het toezicht bepaald door de balans tussen de potentiële kosten en baten. Voor sommige vector-overdraagbare infecties, is het nemen van maatregelen voorafgaand aan het optreden van ziekte te verkiezen, zoals het voorkomen van de vestiging van de Aziatische tijgermug. Dit is echter vaak ook niet mogelijk.

Om de effecten van klimaatverandering voor *water- en voedseloverdraagbare infectieziekten* te kunnen monitoren zouden, in aanvulling op de bestaande surveillancesystemen, infectieziekten waarvoor aanwijzingen bestaan dat hun incidentie gerelateerd is aan milieufactoren die mogelijk onder invloed van klimaatveranderingen zullen wijzigen, zoals *Vibrio*-, *Campylobacter*- en *Cryptosporidium*-infecties, moeten worden opgenomen in de landelijke registratie.

Surveillance van water- en voedseloverdraagbare infectieziekten is ook, los van vooraf gespecificeerde veroorzakers, van belang om nieuw opkomende infectieziekten te signaleren en verschuivingen naar andere belangrijke veroorzakers dan de huidige te identificeren. Ook is monitoring van ziekteverwekkers in bijvoorbeeld recreatiewater mogelijk, zoals voor *Vibrio* is uitgevoerd. Dergelijke monitoring kan gegevens opleveren om een kwantitatieve microbiologische risicoschatting te doen voor een specifieke locatie. Hiermee kunnen lokaal risico's worden geschat en geprioriteerd en daarmee gericht maatregelen worden ingezet. Het Europese CDC heeft voor het opstellen van deze risicoschatting, een instrument laten ontwikkelen (Schijven, 2013). Dit instrument zou kunnen worden ingericht voor het uitvoeren van berekeningen voor de Nederlandse situatie.

Surveillance en monitoring geven inzicht in de huidige situatie en tonen veranderingen, al dan niet het gevolg van klimaatveranderingen, waarop met interventies gereageerd kan worden. De effectiviteit van interventies dient getoetst te worden en evenals voor vector-overdraagbare infectieziekten is een goede balans tussen kosten en baten van interventies cruciaal en hoort de focus te liggen op interventies die de grootste gezondheidswinst per uitgegeven euro bereiken. Wanneer het besluit tot interventie is genomen, is het noodzakelijk om toezicht te houden met het oog op de effectiviteit van de maatregel (Braks et al., 2013).



## 10 Kennislacunes

Tijdens de workshop met experts op 17 april 2014 is geconstateerd dat de vragen uit het ZonMw/KvK-programmavoorstel Klimaat en Gezondheid (Huynen en Van Vliet, 2009) nog steeds actueel zijn. In Tabel 10.1 is het ZonMw/KvK-programmavoorstel schematisch weergegeven. Het ontbreken van financiering, als gevolg van andere prioriteiten, wordt als belangrijkste reden genoemd voor het niet uitvoeren van dit programmavoorstel. In verschillende gesprekken en tijdens de workshop kwam naar voren dat dit mogelijk voortkomt uit een gevoeld gebrek aan urgentie bij beleidsmakers om de relatie tussen klimaat en gezondheid nader te onderzoeken (zie ook Schram-Bijkerk, 2011). Enerzijds is dit te begrijpen, omdat Nederland beschikt over een zeer hoogwaardige gezondheidszorg en deel uitmaakt van een uitgebreid wereldwijd monitoringsnetwerk voor infectieziekten, anderzijds laten natuurrampen zoals de overstroming van New Orleans tijdens de orkaan Katrina (Luber et al., 2014) juist zien dat de beschikbaarheid van zorg en informatievoorziening dan niet altijd vanzelfsprekend is en hebben uitbraken van infectieziekten (Bults, 2014) en sterfte door hitte (grootschalige sterfte in Frankrijk in 2003) grote maatschappelijke impact.

De omvang van het ZonMw/KvK-programmavoorstel is echter groot en veelomvattend vergeleken met het verzoek bij voorliggend project om een quick scan uit te voeren naar de meest recente inzichten uit de literatuur en een inschatting te maken van kennislacunes die snel en relatief eenvoudig zouden kunnen worden ingevuld en daarmee de kennisbasis voor de Nationale Adaptatiestrategie te versterken. Beleidsmakers en onderzoekers kijken met een verschillende bril naar de risico's van klimaatverandering: onderzoekers vanuit de vraag hoe het systeem werkt, wat de consequenties van veranderingen zijn (kolom 1 en 2 in Tabel 10.1) en het op basis daarvan ontwikkelen van mogelijke adaptatiemaatregelen, beleidsmakers zijn vooral gericht op de maatschappelijke problemen die hierdoor kunnen ontstaan en welke beleidsmaatregelen daadwerkelijk moeten worden getroffen om deze problemen te verminderen (kolom 3 in Tabel 10.1). Om een afgewogen keuze te kunnen maken is echter inzicht nodig in de omvang van de verschillende gezondheidsrisico's en de mate waarin verschillende factoren (zie ook hoofdstuk 9 van dit rapport) hier aan bijdragen.

De auteurs stellen daarom voor om te kiezen voor een gefaseerde aanpak, waarbij de veranderingen van het (a)biotisch systeem vooral worden gemonitord en de onderzoeksinspanning wordt gericht op de effecten van deze veranderingen op de gezondheid, zoals bij wateroverlast (De Man, 2014). Daarbij is het van belang dat ook ontbrekende kennis over de werking van het systeem op dit moment wordt ingevuld, zoals de vertaling van het buitenklimaat naar het binnenklimaat en het gecombineerde effect van ozon en temperatuur op de gezondheid. In de discussie tijdens de expertworkshop is voorgesteld om de vijf meest prioritaire vragen uit dit programmavoorstel (Huynen en Van Vliet, 2009) te destilleren en hiervoor een kort onderzoeksprogramma op te stellen.

Bij de periodieke update van beleidsplannen kan dan worden bezien of op basis van de dan verworven kennis, aanvullend onderzoek of maatregelen nodig zijn. De inrichting van de monitoring zou moeten uitgaan van de in hoofdstuk 9 beschreven systeembenadering.

Tabel 10.1 Overzicht onderzoeksvragen het programmavoorstel ZonMw/KvK Klimaat en Gezondheid (Huynen en Van Vliet, 2009).

| Thema                                          | Effect klimaatverandering op relevante (a)biotische processen (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Effect van deze (a)biotische veranderingen op gezondheid (2)                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mogelijkheden voor effectieve aanpassing en preventie (3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatuur-gerelateerde effecten              | <ul style="list-style-type: none"><li>Hoe veranderen (a)biotische processen onder verschillende klimaatscenario's relevante klimaatvariabelen (bijvoorbeeld temperatuur, neerslag (extremen), etc.) en luchtverontreiniging (smog), rekening houdend met andere ontwikkelingen in maatschappij en milieu (emissie-scenario's)?</li></ul>                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>Wat zijn de gezondheidseffecten (sterfte en ziekte) van temperatuur (extremen) (hitte en koude) in Nederland en hoe groot is de rol van luchtverontreiniging daarbij?</li><li>Wat is de blootstelling-responsrelatie?</li></ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>Welke adaptatiestrategieën worden verwacht in Nederland? Welke maatregelen kunnen er worden genomen op het gebied van bouw, technologie, ruimtelijke ordening, natuurontwikkeling en -beheer en handel om gezondheidsrisico's te voorkomen of te verkleinen? Welke medische behandelingen en technieken kunnen ontwikkeld worden om gezondheidsklachten te verhelpen indien ze zich voordoen?</li><li>Wat is de effectiviteit van de verschillende adaptatiestrategieën?</li><li>Welke adaptatieopties zijn het meest wenselijk/kosteneffectief, hoe kunnen de adaptatieopties het best geïmplementeerd worden en wie heeft daar welke verantwoordelijkheden?</li><li>Welke methoden en technieken kunnen op welke manieren door wie gebruikt worden om het Nederlandse publiek, de risicogroepen, vertegenwoordigers uit de gezondheidszorg en de diverse overheden te informeren en aan te zetten tot aanpassing en preventie?</li><li>Welke maatregelen zouden op de korte termijn reeds genomen kunnen worden?</li><li>Welke acties en voorbereidingen zijn hiervoor noodzakelijk? Wat is de perceptie en het gevoel van urgentie onder de Nederlandse bevolking en in het bijzonder onder de risicogroepen, beleidsmakers en vertegenwoordigers uit de gezondheidssector?</li><li>Wat is het belang/invloed van deze perceptie bij het formuleren/implementeren van adaptatiebeleid?</li></ul> |
| Allergieën                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>Hoe veranderen biotische processen onder verschillende klimaatscenario's, rekening houdend met andere ontwikkelingen in maatschappij en milieu, de geografische verspreiding, productiviteit, populatiegrootte en levenscyclus van organismen (planten, dieren, pathogenen) die gezondheidsklachten kunnen veroorzaken in Nederland (in ecosystemen, voedsel en leefomgeving binnens- en buitenshuis)?</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Wat zijn de gezondheidseffecten van de mogelijke verandering in geografische verspreiding, populatiegrootte, productiviteit en levenscyclus van organismen (planten, dieren, pathogenen) die gezondheidsklachten kunnen veroorzaken?</li><li>Wat is de blootstelling-responsrelatie?</li></ul>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Vectorgebonden infectieziekten                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Water- en voedseloverdraagbare infectieziekten |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Algemeen                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>Welke factoren bepalen de kwetsbaarheid voor geselecteerde (a)biotische veranderingen? Bijvoorbeeld verschillen in blootstelling.</li><li>Wat zijn de verwachte gezondheidseffecten onder verschillende klimaatscenario's, rekening houdend met relevante sociaaleconomische scenario's?</li></ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## 11 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is een actualisatie van PBL (2012a) over de effecten van klimaatverandering op de gezondheid op basis van gegevens uit de literatuur en expertbeoordelingen. Daar waar dit mogelijk is, zijn kwantitatieve gegevens toegevoegd. De kwantitatieve gegevens hebben vooral betrekking op de huidige situatie. Getalsmatige projecties naar de toekomst zijn nog maar beperkt beschikbaar en daarom ook maar beperkt beschreven.

### 11.1 Conclusies

*Het beeld van de effecten van klimaatverandering op gezondheid blijft op hoofdlijnen hetzelfde als in voorgaande studies.*

Op onderdelen zijn er wel verschillen, zoals de discussie over de invloed van klimaatverandering op koudesterfte en de positionering van risico's van klimaatverandering voor infectieziekten ten opzichte van andere maatschappelijke ontwikkelingen. Dit kan deels worden verklaard doordat in de afgelopen jaren in Nederland maar zeer beperkt onderzoek is gedaan naar de gezondheidseffecten van klimaatverandering. De kennisvragen zoals geformuleerd in 2009 zijn daarom nog steeds actueel. Internationaal zijn er wel op onderdelen kwalitatieve en/of getalsmatige verkenningen uitgevoerd. Deze resultaten zijn in het rapport verwerkt en ondersteunen het eerder geschetste beeld. Aanvullend is in het rapport op basis van expertbeoordelingen en informatie over de huidige zorguitgaven een eerste inschatting gemaakt van de impact van klimaatverandering op gezondheid.

*De impact van klimaatverandering op gezondheid is in potentie hoog.*

Wel is er verschil tussen de beoordeelde gezondheidseffecten op de terreinen waar deze impact zich uit. De impact is beoordeeld op basis van economische, maatschappelijke en gezondheidsaspecten. Bij hittegerelateerde effecten wordt de impact vooral bepaald door de toename van sterfte en de verergering van bestaande cardiovasculaire en respiratoire aandoeningen. Tijdens hittegolven in de afgelopen jaren, werden gemiddeld 40 extra sterfgevallen per hittegolfdag waargenomen. Projecties naar de toekomst (Forsberg et al., 2012) berekenen voor Nederland een extra toename van 280 sterfgevallen per jaar in 2035 door klimaatverandering en een toename van het aantal ziekenhuisopnames voor respiratoire aandoeningen op 220 per jaar ten opzichte van 2005. De effecten van bevolkingsgroei, vergrijzing, verstedelijking en adaptatie zijn hierin nog niet meegenomen. Voor infectieziekten geldt dat de impact van een uitbraak hoog kan zijn als gevolg van de omvang en maatschappelijke onrust. Voorbeelden hiervan zijn uitbraken van Q-koorts en de verspreiding van influenza A/H1N1. De verlenging van het pollenseizoen ten slotte, leidt voor een grote groep mensen (15-20% van de Nederlandse bevolking) tot mogelijk meer allergieklachten met een geschatte verdubbeling van de kosten van medicijngebruik tot gevolg, een toename van ongeveer € 100 miljoen per jaar. De impact is daarom als hoog beoordeeld. Vooral ouderen, jonge kinderen en chronisch zieken zijn kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering op de gezondheid.

*Van niet alle gezondheidseffecten van klimaatverandering kan een inschatting van de impact worden gemaakt. Deze effecten zijn mogelijk wel relevant.*

- De literatuur is niet eenduidig voor zover het *koudegerelateerde sterfte* betreft. Tot nu toe werd verondersteld dat door zachtere winters de koudesterfte afneemt en dat deze afname de toename van de zomersterfte

overtreft. Recente studies (Staddon et al., 2014 en Hunang et al., 2014) stellen echter dat bewoners van gebieden met zachtere winters juist gevoeliger kunnen zijn voor koude (als gevolg van een mindere sociaaleconomische, culturele en fysiologische aanpassing) en dat in combinatie met toekomstige vergrijzing de koudegerelateerde sterfte mogelijk zal toenemen.

- De verandering van temperatuur en luchtvochtigheid kan ook van invloed zijn op de temperatuur en luchtvochtigheid binnenshuis. Hierdoor kunnen *schimmels en huismijt* zich ontwikkelen. Vocht en schimmels dragen bij aan de ziektelast van astma. Voor de Verenigde Staten is een bijdrage van vocht en schimmels aan de ziektelast door astma becijferd op 40%. Het is niet bekend wat dit percentage voor Nederland is. Met name in stedelijke gebieden, waar de temperatuurstijging het grootst is en waar ook nog veel oude woningen zijn met een minder goede temperatuur- en vochtregulatie, zal dit effect het sterkst zijn. De impact van klimaatverandering op de aanwezigheid van schimmels en huismijt binnenshuis is in dit rapport niet beoordeeld, omdat er geen gegevens in de literatuur gevonden zijn over de bijdrage van klimaatverandering aan het klimaat binnenshuis.

*Andere factoren, zoals internationalisering, verstedelijking en vergrijzing, mogelijk bepalender voor voorkomen van infectieziekten dan klimaatverandering.*

Deze factoren vormen samen een complex systeem waarvan de werking nog grotendeels onbegrepen is. Hierdoor is het ook nog niet mogelijk om daadwerkelijk vast te stellen of door klimaatverandering het voorkomen van infectieziekten zal toe- dan wel afnemen. De inschatting van experts is dat maatschappelijke en economische factoren zoals internationalisering mogelijk bepalender zijn dan de verandering van het klimaat. Lokaal kan dit beeld echter afwijken, bijvoorbeeld in stedelijk gebied, waar zich, door de aanwezigheid van waterpartijen, infectieziekten kunnen ontwikkelen.

*Klimaat effecten op andere sectoren kunnen de impact voor gezondheid versterken.*

De effecten van klimaatverandering (extreme weersomstandigheden) op andere sectoren kunnen met name invloed hebben op de beschikbaarheid en kwaliteit van zorg (bij uitval van transport, energie of ICT-voorzieningen). Daarnaast kunnen veranderingen in het ecosysteem en de landbouw invloed hebben op het vestigingsklimaat van exoten (introductie nieuwe allergenen) en vectoren (introductie nieuwe infectieziekten).

## 11.2 Aanbevelingen

*Systeembenadering gebruiken bij kennis- en beleidsontwikkeling*

Naast klimaatverandering zijn vele andere factoren van invloed op de volksgezondheid, zoals internationalisering, verstedelijking en vergrijzing (zie ook Figuur S.1). Deze factoren hebben ook onderling relaties en kunnen worden beschouwd als een samenhangend systeem. Om gezondheidseffecten van klimaatverandering op de lange termijn te kunnen beoordelen en effectieve beleidsmaatregelen te kunnen ontwikkelen is inzicht nodig in de werking van dit systeem. Met een systeembenadering wordt ook de wisselwerking met andere beleidsterreinen, zoals ruimtelijke ordening, natuurbeleid en economische ontwikkeling, zichtbaar en kan ook daar ondersteuning bieden bij het maken van keuzes over te nemen maatregelen en het inschatten van de bijdrage van maatregelen aan het verminderen van de impact van klimaatverandering op de gezondheid.

*Gefaseerd uitwerken kennislacunes*

Tijdens de workshop met experts op 17 april 2014 is geconstateerd dat de onderzoeksvragen uit het ZonMw/KvK-programmavoorstel Klimaat en Gezondheid (Huynen en Van Vliet, 2009) nog steeds actueel zijn. Het ontbreken van financiering, als gevolg van andere prioriteiten, wordt als belangrijkste reden genoemd voor het niet uitvoeren van dit programmavoorstel. Het voorstel is echter ook groot en veelomvattend.

De auteurs stellen daarom voor om, bij het uitwerken van kennislacunes, te kiezen voor een gefaseerde aanpak, waarbij de veranderingen van het (a)biotisch systeem vooral worden gemonitord (aanpak volgens systeembenadering) en de onderzoeksinspanning wordt gericht op de effecten van deze veranderingen op de gezondheid. Bij de periodieke update van beleidsplannen kan dan worden gezien of op basis van de dan verworven kennis, aanvullend onderzoek of maatregelen nodig zijn.

*Veranderingen klimaat monitoren en maatregelen hierop afstemmen. Burgers informeren over maatregelen die ze zelf kunnen nemen.*

Tijdens de workshops kwam naar voren dat experts en stakeholders van mening zijn dat de risico's van klimaatverandering nogal eens worden gebagatelliseerd. Argumenten die daarbij gebruikt worden, zijn: het zijn processen die geleidelijk plaatsvinden, passen we ons daar dan niet op aan, zijn andere factoren niet veel belangrijker, projecties in de toekomst zijn zeer onzeker.

Op zichzelf zijn deze punten valide, maar de ontwikkeling van het klimaat in de afgelopen decennia en de projecties naar de toekomst laten zien dat deze veranderingen dusdanig kunnen zijn dat deze in potentie grote impact kunnen hebben op de volksgezondheid. Het is daarom van belang veranderingen goed te monitoren en het beleid erop in te richten dat er op deze veranderingen kan worden ingespeeld. De bestaande monitoring moet op dat punt worden versterkt. Daarnaast is het belangrijk om de burger bewust te maken van de risico's en de mogelijkheden die hij of zij zelf heeft om hier mee om te gaan. Een voorbeeld hiervan vormt het Nationaal Hitteplan. Dit past ook in de maatschappelijke trend waarbij burgers steeds meer zelf keuzes willen maken ten aanzien van hun leefstijl en gezondheid. Kernwoorden zijn dus monitoring/surveillance en informatievoorziening. Om te voorkomen dat informatievoorziening wordt gezien als 'betuttelend' moet deze worden aangepast aan de doelgroep waarvoor deze is bedoeld.

*Zoek naar combinaties van maatregelen*

Klimaatmaatregelen kunnen bijdragen aan een verbetering van de leefomgeving, zoals meer groen in de stad. Door te zoeken naar combinaties met andere projecten die hierop gericht zijn, neemt de haalbaarheid van deze maatregelen toe.

*Verbeteren luchtkwaliteit is en blijft belangrijk, ook in relatie met hittestress en hooikoortsklachten*

Luchtverontreiniging kan hittegerelateerde gezondheidseffecten en hooikoortsklachten versterken. Structurele maatregelen om de concentraties ozon en fijnstof te verminderen, en zo de luchtkwaliteit in Nederland te verbeteren hebben de voorkeur boven tijdelijke maatregelen zoals verlaging van de maximumsnelheid van het verkeer tijdens smogepisoden. Tijdelijke maatregelen hebben in Nederland slechts een marginaal effect op de verbetering van de luchtkwaliteit bij smog en daarmee op het wegnemen van acute gezondheidseffecten van smog.



## Referenties

- Alberdi, J., et al. Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables. *Eur. J. Epidemiol.* 1998. 14: p. 571-578.
- Analitis, A., P. Michelozzi, D. D'Ippoliti et al. (2014) Effects of heat waves on mortality: effect modification and confounding by air pollutants. *Epidemiology* 2014; 25-1: 15-22.
- Ait-Khaled, N., N. Pearce, H.R. Anderson, P. Ellwood, S. Monteford, J. Shah et al. (2009) Global map of the prevalence of symptoms of rhinoconjunctivitis in children: The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase Three. *Allergy* 2009: 64:123-148.
- Amato, G.D., L. Cecchi, S. Bonini, C. Nunes, I. Annesi-Maesano, H. Berendt, G. Liccardi, T. Popov, P. van Cauwenberge (2007) Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007: 62: 976-990.
- Ass, M. van, A.E.M. Franssen, H.W.A. Jans, S. van der Lelie, K. Schoeters, A.J.H. van Vliet, N.E. van Brederode (2008) GGD-richtlijn medische milieukunde: De eikenprocessierups en gezondheid. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 609330007/2008.
- Åström, C., H. Orru, J. Rocklöv et al. (2013) Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate: a health impact assessment. *BMJ Open* 2013.
- Baccini, M., et al. (2008) Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology* 2008/19: p. 711-719.
- Baccini, M., et al. (2011) Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *J Epidemiol Community Health* 2011/65: p. 64-70.
- Ballester, F., et al. (1997) Mortality as a function of temperature; a study in Valencia, Spain, 1991-1993. *International Journal of Epidemiology* 1997/26: p. 551-561.
- Basu, R. (2009) High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environmental Health* 2009/8:40.
- Bijkerk, P., E.A. van Lier, H. van Vliet, M. Kretzschmar (2010) Effecten van vergrijzing op infectieziekten. *Ned Tijdsch Geneeskd* 154: A1613.
- Bijkerk, P., S.M. van der Plas, L. van Asten, E.B. Fanoy, A. Kroneman, M.E.E. Kretzschmar (2012) Staat van Infectieziekten in Nederland 2011. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 210211008/2012.
- Bijkerk, P., J. Kemmeren, K. Kardamanidis, L. Mollema, E.B. Fanoy, H.E. de Melker (2013) State of infectious disease in the Netherlands 2012. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 150002002/2013.

- Bouchama, A., J.P. Knochel (2002) Heat Stroke. *N Engl J Med* 346(25): 1978-1988.
- Bouchama, A., M. Dehbi, G. Mohammed, F. Matthies, M. Shoukri, B. Menne (2007) Prognostic factors in heat wave related deaths – a meta-analysis. *Arch Intern Med* 167 (20): 2170-2176.
- Bousquet, P.-J., B. Leynaert, F. Neukirch, J. Sunyer, C. M. Janson, J. Anto, D. Jarvis, P. Burney (2008) Geographical distribution of atopic rhinitis in the European; Community Respiratory Health Survey I. *Allergy* 2008: 63: 1301-1309. doi: 10.1111/j.1398-9995.2008.01824.x.
- Bouزيد, M., L. Hooper, P.R. Hunter (2013) The effectiveness of public health interventions to reduce the health impact of climate change: a systematic review of systematic reviews. *Plos One* 8: e62041.
- Braks, M.A.H., A.M. de Roda Husman (2013) Dimensions of effects of climate change on water-transmitted infectious diseases. *Air Wat Borne Dis* 2013/2: 1000109.
- Braks, M.A.H., R. van Ginkel, W. Wint, L. Sedda, H. Sprong (2013) Climate change and public health: translating the science. *Int J Environ Res Public Health* 2013/11: 13-19.
- Brown, L., J. Medlock, V. Murray (2014) Impact of drought on vector-borne diseases – how does one manage the risk? *Public Health*. 2014 Jan;128(1):29-37. doi: 10.1016/j.puhe.2013.09.006. Epub 2013 Dec 14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24342133>
- Bruggeman, W., M. Haasnoot, S. Hommes, A. te Linde, R. van der Brugge, B. Rijken, E. Dammers, G.J. van den Born (2011) Deltascenario's: Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011–2012. Deltares i.s.m. PBL. Rapportnummer 1205747-000.
- Brunekreef, B., G. Hoek, P. Fischer, F.Th.M. Spijksma (2000) Relation between airborne pollen concentrations and daily cardiovascular and respiratory-disease mortality. *Research Letters, The Lancet*. Vol. 355/2000.
- Buijsman, E., F.R. Cassee, P.H. Fischer, R. Hoogerbrugge, R.J.M. Maas, E. van der Waluw, M.C. van Zanten (2013) Dossier Fijn stof. [http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Algemeen Actueel/Uitgaven/Milieu Leefomgeving/Dossier Fijn stof](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Dossier_Fijn_stof).
- Bults, M. (2014) Uitbraken van opkomende infectieziekten: risicoperceptie en gedrag van het algemeen publiek. *Infectieziekten Bulletin* 25(6): 173-175.
- Calistri, P., A. Giovannini, Z. Hubalek, A. Ionescu, F. Monaco, G. Savini, R. Lelli (2010) Epidemiology of West Nile in Europe and in the Mediterranean Basin. *Open Virol J* 4: 29-37.
- Cann, K.F., D.R. Thomas, R.L. Salmon, A.P. Wyn-Jones, D. Kay (2013) Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiol Infect* 141: 671-686.

- CBS (2006) Door hitte in juli duizend extra doden. Webmagazine, woensdag 30 augustus 2006. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bevolking/publicaties/artikelen/archief/2006/2006-2019-wm.htm>.
- CBS (2011) Demografiek Zomer- en wintersterfte. <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/3F2FC789-DDB0-4284-94DE-3EB1A7C725B8/0/2011k2b15p6art.pdf>.
- Climate Proof Cities Consortium (2011) Kennismontage Hitte en Klimaat in de Stad. Rapportnummer TNO-060-UT-2011-01053.
- Climate Proof Cities Consortium (2013) Voortgangsrapportage Climate Proof Cities 2013.
- CPB en PBL (2006a) Welvaart en Leefomgeving. Een scenariostudie voor Nederland in 2040. Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving.
- CPB en PBL (2006b) Welvaart en Leefomgeving. Achtergronddocument. Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving.
- CPB (2010) The Netherlands of 2040. Samenvatting. Centraal Planbureau.
- Deltaprogramma Nieuwbouw & Herstructurering (2012) Maatregelenmatrix klimaatadaptatie. [www.dpnhmaatregelenmatrix.nl](http://www.dpnhmaatregelenmatrix.nl).
- Dijk, C. van, R. Verheij, F. Schellevis (2010) Hooikoorts in de huisartsenpraktijk: kosten en verleende zorg. NIVEL, Utrecht.
- Dijkema, M.B.A., S.C. Van der Zee, B. Brunekreef, R.T. van Strien (2008), 'Air quality effects of an urban highway speed limit reduction.' Atmospheric Environment 42, 9098-9105.
- Droste, J.H., M. Kerhof, J.G. de Monchy, J.P. Schouten, B. Rijcken (1996) Association of skin test reactivity, specific IgE, total IgE, and eosinophils with nasal symptoms in an community-based population study. The Dutch ECRHS Group. J Allergy Clin Immunol 1996; 97: 922-932.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (2012) Assessing the potential impacts of climate change on food- and waterborne diseases in Europe. ECDC, Stockholm.
- Filleul, L., S. Cassadou, S. Medina, P. Fabres, A. Lefranc, D. Eilstein et al. (2006) The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003. Environ Health Perspect 114(9):1344-1347.
- Fischer, P.H., Ameling, C.B., Marra, M. (2005) Luchtverontreiniging en dagelijkse sterfte in Nederland in de periode 1992-2002. RIVM Rapport 630400002.
- Fischer, P.H., B. Brunekreef, E. Lebreit (2004) Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands. Atmospheric Environment 38:1083-1085.

- Forsberg, B., H. Orru, C. Åström, G. Berencsi, M. Zuurbier, P. van den Hazel (2012) Climate-TRAP Deliverable D8: Report on capacity and impact assessment.
- Gageldonk-Lafeber, A.B. van, M.A. Bogaerts, R.A. Verheij, M.A. van der Sande (2009) Time trends in primary-care morbidity, hospitalization and mortality due to pneumonia. *Epidemiol Infect* 137(10):1472-1478.
- Garssen, J., C. Harmsen, J. de Beer (2005) The effect of summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands. *Eur Surveill* 2005/10:165-8.
- Gemeente Rotterdam (2013) Rotterdamse Adaptatiestrategie – Themarapport Stadsklimaat.
- Gemeente Rotterdam (2014) Kennismontage Kennis voor Klimaat onderzoek Hotspot Rotterdam <http://www.kennisvoorklimaat.nl/hotspots/regio-rotterdam/kennismontage>.
- Gezondheidsraad (1994) UV-straling uit zonlicht. Commissie UV-straling Gezondheidsraad, Den Haag. Publicatie nr. 1994/05. <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/gezonde-leefomgeving/uv-straling-uit-zonlicht>.
- Gezondheidsraad (2009) Mondiale milieu-invloed op onze gezondheid. Signalement. Publicatie 2009/15. <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/200915.pdf>.
- Gijzen, R., M.J.J.C. Poos, L.C.J. Slobbe, M. Mulder, M.H.D. in 't Panhuis-Plasman, N. Hoeymans (2013) Een nieuwe selectie van ziekten voor de Volksgezondheid Toekomst Verkenningen. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 010003004/2013.
- Gommer, A.M. (2012) Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. RIVM, Bilthoven. <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/infectieziekten-en-parasitaire-ziekten/>.
- Gortazar, C. et al. (2014) Crossing the Interspecies Barrier: Opening the Door to Zoonotic Pathogens. *Plos Pathogen*. <http://www.plospathogens.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.ppat.1004129&representation=PDF>.
- Grjibovski, A., et al. (2012) No association between temperature and deaths from cardiovascular and cerebrovascular diseases during cold season in Astana, Kazakhstan – the second coldest capital in the world. *Int J Circumpolar Health*.
- Guirguis, K., A. Gershunov, A. Tardy, R. Basu (2014) The Impact of Recent Heat Waves on Human Health in California. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 53, 3-19. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0130.1>
- Hagens, W.I., C. Mulder (2013) Gezondheidsaspecten van de Eikenprocessierups; Een update van de wetenschappelijke literatuur. RIVM briefrapport 090141001/2013.

- Hajat, S., S. Vardoulakis, C. Heaviside, B. Eggen (2014) Climate change effects on human health: projections of temperature-related mortality for the UK during the 2020s, 2050s and 2080s. *J Epidemiol Community Health*. doi:10.1136/jech-2013-202449.  
[http://jech.bmj.com/content/early/2014/01/08/jech-2013-202449.short?g=w\\_jech\\_ahead\\_tab](http://jech.bmj.com/content/early/2014/01/08/jech-2013-202449.short?g=w_jech_ahead_tab).
- Hames, D., S. Vardoulakis (2012) Climate Change Risk Assessment for the Health Sector. Adapting to Climate Change Programme, Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). Defra Project Code GA0204.  
[http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb\\_C/1317135969235](http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_C/1317135969235).
- Healy, J.D. (2003) Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *Epidemiol Community Health* 2003/57:784-9.
- Heijnsbergen, E. van, A.M. de Roda Husman, W.J. Lodder, M. Bouwknegt, A.E. van Leeuwen, J.P. Bruin, S.M. Euser, J.W. den Boer, J.A. Schalk (2014) Viable *Legionella pneumophila* bacteria in natural soil and rainwater puddles. *J Appl Microbiol*. 2014. doi: 10.1111/jam.12559. [Epub ahead of print].
- Hertog, F.R.J. den (2014) Hoe beïnvloedt de inrichting van de leefomgeving de gezondheid? In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheidsdeterminanten/omgeving/milieu/inrichting-leefomgeving/ho-beinvloedt-de-inrichting-van-de-leefomgeving-de-gezondheid/>.
- Hoeymans, N., A.J.M. van Loon, C.G. Schoemaker (2012) Ontwerprapport Volksgezondheid Toekomst Verkenning 2014. RIVM Rapport 270241003.
- Hoogvliet, M., F. van de Ven, J. Buma, N. van Oostrom, R. Brolsma, T. Filatova, J. Verheijen, P. Bosch (2012) Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied. Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen. Deltares, Utrecht. Rapportnummer 1205463-000.
- Howard, G., K. Charles, K. Pond, A. Brookshaw, R. Hossain, J. Bartram (2010) Securing 2020 vision for 2030: climate change and ensuring resilience in water and sanitation services. *J Water Climate Change* 01: 2-16.
- Huang, C., et al. (2011) Projecting Future Heat-Related Mortality under Climate Change Scenarios: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives*, 2011/119: p. 16811690.
- Huang, C., Barnett, A. (2014) Winter weather and health. *Nature Climate Change*, March 2014/4: 173-174.
- Hübler, M., G. Klepper (2007) Kosten des Klimawandels, Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. WWF Deutschland, Frankfurt.
- Hurk, B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman et al. (2006) KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, 2006-1.

- Huynen, M.M.T.E., P. Martens, D. Schram, M.P. Weijenberg, A.E. Kunst (2001) The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect* 2001:109:463-70.
- Huynen, M.M.T.E., A.E.M. de Hollander, P. Martens, J.P. Mackenbach (2008) Mondiale milieuveranderingen en volksgezondheid; Stand van de Kennis. Universiteit Maastricht in samenwerking met Erasmus MC Rotterdam, Planbureau voor de Leefomgeving en het RIVM voor ZonMw.
- Huynen, M. en A. van Vliet (2009) Programmavoorstel Klimaat en Gezondheid. Opgesteld op verzoek van en in samenwerking met ZonMW en Kennis voor Klimaat.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jans, H.W.A. (2012) Eikenprocessierups, een nog altijd aanwezig gezondheidsprobleem in Nederland. *Infectieziekten Bulletin*. RIVM, Bilthoven.
- Jongeneel, W.P., R. Bogers, P.H. Fischer (2009). Hoeveel mensen worden blootgesteld aan een slecht binnenmilieu en neemt dit aantal toe of af? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. RIVM, Bilthoven.
- Keuken, M.P., S. Jonkers, I.R. Wilming, J. Wesseling (2010) Reduced NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub> emissions on urban motorways in The Netherlands by 80 km/h, speed Management. *Science of the Total Environment* 408, 2517-2526.
- Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.) (2009) *Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's*. KNMI, De Bilt.
- Klok, E.J., S. Schaminée, J. Duyzer, G.J. Steeneveld (2012) De stedelijke hitte-eilanden van Nederland in kaart gebracht met satellietbeelden.
- Koelemeijer, R., F. Sauter, C. Chuwah, M. Posch (2012) Effecten van vergaand klimaatbeleid op luchtverontreiniging in Europa, *Tijdschrift Lucht*, nummer 4.
- KNMI (2014) *KNMI'14-klimaatsscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. KNMI, De Bilt. [www.klimaatsscenarios.nl](http://www.klimaatsscenarios.nl)
- Knowlton K., M. Rotkin-Ellman, G. King, H.G. Margolis, D. Smith, G. Solomon, R. Trent, P. English (2009) The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environ Health Perspect* 2009.
- Kovats, R.S., S. Hajat, P. Wilkinson (2004) Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 2004/61:393-8.

- Kunst, A.E., C.W.N. Looman, J.P. Mackenbach (1993) Outdoor temperature and mortality in the Netherlands: a time-series analysis. *American Journal of Epidemiology* 1993/137: p. 331-341.
- KWF Kankerbestrijding (2010) De relatie tussen kanker, zonnestraling en vitamine D. Werkgroep 'Relatie kanker, zonlicht en vitamine D' van de Signaleringscommissie Kanker van KWF Kankerbestrijding.  
<http://www.kwf.nl/SiteCollectionDocuments/Rapport-De-relatie-tussen-kanker-zonnestraling-en-vitamineD.pdf> , accessed 05-08-2014.
- KWF Kankerbestrijding (2011) Kanker in Nederland tot 2020: Trends en prognosen.
- Le Tertre, A., A. Lefranc, D. Eilstein, C. Declercq, S. Medina, M. Blanchard (2006) Impact of the 2003 heatwave on all-cause mortality in 9 French cities. *Epidemiology* 17, 75-79.
- Lin, S., M. Luo, R.J. Walker, X. Liu, S.A. Hwang, R. Chinery (2009) Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology* 2009.
- Lindeboom, W., et al. (2012) The association of meteorological factors and mortality in rural Bangladesh, 1983-2009. *Glob Health Action* 2012/5: p. 61-73.
- Luber, G., K. Knowlton, J. Balbus, H. Frumkin, M. Hayden, J. Hess, M. McGeehin, N. Sheats, L. Backer, C.B. Beard, K.L. Ebi, E. Maibach, R.S. Ostfeld, C. Wiedinmeyer, E. Zielinski-Gutiérrez, L. Ziska (2014) Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. J.M. Melillo, T.C. Richmond, G.W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 220-256. doi:10.7930/JOPN93H5.  
<http://nca2014.globalchange.gov/report/sectors/human-health>.
- Lubitz, S., W. Schober<sup>1</sup>, G. Pusch, R. Effner, N. Klopp, H. Behrendt, J.T.M. Buters (2010) Polycyclic aromatic hydrocarbons from diesel emissions exert proallergic effects in birch pollen allergic individuals through enhanced mediator release from basophils. *Environmental Toxicology* 2010/25, Issue 2: 188-197.
- Mackenbach, J.P. (2007) Global environmental change and human health: a public health research agenda. *J Epidemiol Community Health*. Feb 2007; 61(2): 92-94.
- Man-Van Vliet, H. de (2014) Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios. Thesis Utrecht University, Utrecht.
- Medlock, J.M., K.M. Hansford, A. Bormane, M. Derdakova, A. Estrada-Peña, J.C. George, I. Golovljova, T.G. Jaenson, J.K. Jensen, P.M. Jensen, M. Kazimirova, J.A. Oteo, A. Papa, K. Pfister, O. Plantard, S.E. Randolph, A. Rizzoli, M.M. Santos-Silva, H. Sprong, L. Vial, G. Hendrickx, H. Zeller, W. Van Bortel (2013) Driving forces for changes in geographical distribution of Ixodes ricinus ticks in Europe. *Parasit Vectors*. 2013 Jan 2;6:1. doi: 10.1186/1756-3305-6-1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23281838>.

- Meer, G. de, et al. (2012) GGD-richtlijn medische milieukunde; Gezondheidsrisico's van zomerse omstandigheden. RIVM Rapport 609400007.
- Michelozzi, P., G. Accetta, M. De Sario, D. D'Ippoliti, C. Marion, M. Baccini, A. Biggeri, H. Ross Anderson, K. Katsouyanni, F. Ballester, L. Bisanti, E. Cadum, B. Forsberg, F. Forastiere, P.G. Goodman, A. Hojs, U. Kirchmayer, S. Medina, A. Paldy, C. Schindler, J. Sunyer, C.A. Perucci (PHEWE-group) (2008) High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;179:383-9.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011) Probleemanalyse Deelprogramma Zoetwater.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Klimaatagenda: weerbaar, welvarend en groen.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) (thans: Infrastructuur en Milieu) (2010) Smogregeling 2010.  
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2010-8386.html>.
- Michelozzi, P., G. Accetta, M. de Sario, D. d'Ippoliti, C. Marino, M. Baccini, A. Biggeri, H. Ross Anderson, K. Katsouyanni, F. Ballester, L. Bisanti, E. Cadum, B. Forsberg, F. Forastiere, P.G. Goodman, A. Hojs, U. Kirchmayer, S. Medina, A. Paldy, C. Schindler, J. Sunyer, C.A. Perucci (2009) High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;179:383-9.
- Mooibroek, D., J.P.J. Berkhout, R. Hoogerbrugge (2011) Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2010, RIVM Rapport 680704013/2011.
- Mooibroek, D., J.P.J. Berkhout, R. Hoogerbrugge (2013) Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2012, RIVM Rapport 680704023/2013.
- Montizaan, M., H. Sprong (2014) Door teken overgebrachte ziektes in Europa. *Vakblad Natuur Bos en Landschap* 105: 22-25.
- Murray, C.J.L., A.D. Lopez (eds) (1996) The global burden of disease: a comparative assessment of mortality and disability from disease, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge (MA): Harvard University Press on behalf of the WHO and the World Bank.
- Nijsten, T.E.C., L.M. Hollestein (2014) Hoe vaak komt huidkanker voor, hoeveel mensen sterven eraan en neemt dit toe of af? In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid, versie 4.17, 23 juni 2014.
- Noorda, J., P. van den Hazel, N.E. van Brederode (2009) GGD-richtlijn medische milieukunde. Gezondheidsrisico's van winterse omstandigheden. RIVM Rapport 609330009/2009.
- Nusselder, W.J., M.T. Sloekers, L. Krol, C.J.T. Sloekers, C.W.N. Looman, E.F. van Beeck (2014) Sterfte en levensverwachting bij daklozen. Prospectief cohortonderzoek in Rotterdam in de periode 2001-2010. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. <http://www.ntvg.nl/artikelen/sterfte-en-levensverwachting-bij-daklozen/icmje>.

- Orru, H., C. Andersson, K.L. Ebi, J. Langner, C. Aström, B. Forsberg (2013) Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe, *European Respiratory Journal* 2013/41/2: p. 285-294.
- Pan, W., L. Li, M. Tsai (1995) Temperature Extremes and Mortality from Coronary Heart Disease and Cerebral Infarction in Elderly Chinese. *The Lancet*, 1995/345: p. 353-355.
- PBL (2012a) Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag. ISBN: 978-94-91506-05-5. PBL-publicatienummer: 500193003.
- PBL (2012b) Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012. Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in samenwerking met ECN, Den Haag. ISBN: 978-94-91506-12-3. PBL-publicatienummer: 500278001.
- PBL (2013) Deltascenario's voor 2050 en 2100; Nadere uitwerking 2012-2013. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Poos, M.J.J.C., C.H. van Gool, A.M. Gommer (2014) Ziektelast in DALY's: Wat is de ziektelast in Nederland? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/sterfte-levensverwachting-en-daly-s/ziektelast-in-daly-s/wat-is-de-ziektelast-in-nederland/>.
- Poos, M.J.J.C., M.L. Hollestelle (2014) Huidkanker: Hoeveel zorg gebruiken patiënten en wat zijn de kosten? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/kanker/huidkanker/>.
- Poos, M.J.J.C., A.M. Gommer (2012) *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/infectieziekten-en-parasitaire-ziekten/hoeveel-zorg-gebruiken-mensen-met-infectieziekten-en-kosten/>.
- Poos, M.J.J.C., C.H. van Gool, A.M. Gommer (2014) Ziektelast in DALY's: Wat is de ziektelast in Nederland? RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/sterfte-levensverwachting-en-daly-s/ziektelast-in-daly-s/wat-is-de-ziektelast-in-nederland/>.
- Post, N. (2014) Gezichtsstoornissen samengevat. In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. RIVM, Bilthoven.  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/zenuwstelsel-en-zintuigen/gezichtsstoornissen/>.
- Pul, W.A.J. van, P.H. Fischer, F.A.A.M. de Leeuw, R.J.M. Maas, D. Mooibroek, T.P.C. van Noije, M.G.M. Roemer, A. Sterkenburg (2011) Dossier ozon 2011: Een overzicht van de huidige stand van kennis over ozon op leefniveau in Nederland. RIVM Rapport 680151001/2011.

- Reid, C.E., J.L. Gamble (2009) Aeroallergens, Allergic Disease, and Climate Change: Impacts and Adaptation. *EcoHealth* 6, 458-470, 2009. doi : 10.1007/s10393-009-0261-x.
- RIVM (2014) Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationale Atlas Volksgezondheid. <http://www.zorgatlas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/infectieziekten/>.
- Rooney, C., et al. (1998) Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *Journal of Epidemiology and Community Health* 1998. 53: p. 482-486.
- Rocklov, J., B. Forsberg (2009) Comparing approaches for studying the effects of climate extremes – a case study of hospital admissions in Sweden during an extremely warm summer. *Glob Health Action* 2009.
- Schalk, J.A., A.E. Docters van Leeuwen, W.J. Lodder, H. de Man, S. Euser, J.W. den Boer, A.M. de Roda Husman (2012) Isolation of *Legionella pneumophila* from pluvial floods by amoebal coculture. *Appl Environ Microbiol* 2012/78:4519-4521.
- Schets, F.M., H.H.J.L van den Berg, A. Marchese, S. Garbom, A.M. de Roda Husman (2011) Potentially human pathogenic vibrios in marine and fresh bathing waters related to environmental conditions and disease outcome. *Int J Hyg Environ Health* 214: 399-406.
- Schijven, J., M. Bouwknegt, A.M. de Roda Husman, S. Rutjes, B. Sudre, J.E. Suk, J.C. Semenza (2013) A decision support tool to compare waterborne and foodborne infection and/or illness risks associated with climate change. *Risk Anal* 2013/33: 2154-2167.
- Scholte, E., W. den Hartog, M. Dik, B. Schoelitsz, M. Brooks, F. Schaffner, R. Foussadier, M. Braks, J. Beeuwkes (2010) Introduction and control of three invasive mosquito species in the Netherlands, July-October 2010. *Euro Surveill.* 15(45). pii: 19710.
- Schram-Bijkerk, D. (2010) Programma Klimaat en Gezondheid van ZonMw – nut en noodzaak voor politiek Den Haag. RIVM Briefrapport 630028001/2010.
- Schramm, B., B. Ehlken, A. Smala, K. Quednau, K. Berger, D. Nowak (2003) Cost of illness of atopic asthma and seasonal allergic rhinitis in Germany: 1-yr retrospective study. *European Respiratory Journal* 2003; 21: 116-122. doi: 10.1183/09031936.03.00019502.
- Semenza, J.C., J.E. McCullough, W.D. Flanders, M.A. McGeehin, J.R. Lumpkin (1999) Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 1999/16: 269-7.
- Semenza, J.C., C. Höser, S. Herbst, A. Rechenburg, J.E. Suk, T. Frechen, T. Kistemann (2012a) Knowledge mapping for climate change and food- and waterborne diseases. *Crit Rev Environ Sci Technol* 2012/42: 378-411.

- Semenza, J.C., S. Herbst, A. Rechenburg, J.E. Suk, C. Höser, C. Schreiber, T. Kistemann (2012b) Climate change impact assessment of food- and waterborne disease. *Crit Rev Environ Sci Technol* 2012/42: 857-890.
- Slobbe, L.C.J., J.M. Smit, J. Groen, M.J.J.C. Poos, G.J. Kommer (2011) Kosten van ziekten in Nederland 2007. Trends in de Nederlandse zorguitgaven 1999-2010. RIVM Rapport 270751023/2011.
- Sprong, H., A. Hofhuis, F. Gassner, W. Takken, F. Jacobs, A.J. van Vliet, M. van Ballegooijen, J. van der Giessen, K. Takumi (2012) Circumstantial evidence for an increase in the total number and activity of *Borrelia*-infected *Ixodes ricinus* in the Netherlands. *Parasit Vectors*. 5:294. doi: 10.1186/1756-3305-5-294.
- Staatsen, B.A.M., D.A. Houweling, H. Kruize, R.P. Bogers, Y.M. Mulder, E.A. Koudijs, A.J.P. van Overveld, I.E. van Kuilenburg (2014) Terugblik op vier jaar Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid (NAMG). RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 630789010.
- Staddon, P.L., H.E. Montgomery, M.H. Depledge, (2014) Climate warming will not decrease winter mortality. *Nature Climate Change* 2014/4: 190-194.
- Suijkerbuijk, A.W.M, R.T. Hoogeveen, G.A. de Wit, A.H. Wijga, E.J.I. Hoogendoorn, M.P.M.H. Rutten-van Mölken, T.L. Feenstra (2013) Maatschappelijke kosten voor astma, COPD en respiratoire allergie. RIVM Rapport 260544001/2013.
- Suk, J.E., K.L. Ebi, D. Vose, W. Wint, N. Alexander, K. Mintiens, J.C. Semenza (2014) Indicators for tracking European vulnerabilities to the risks of infectious disease transmission due to climate change. *Int J Environ Res Public Health* 11: 2218-2235.
- Taleb, N.N. (2007) *The black swan: The impact of the highly improbable*. 1<sup>st</sup> ed.; Penguin Ltd., London.
- Tawatsupa, B., et al., (2012) The association between temperature and mortality in tropical middle income Thailand from 1999 to 2008. *Int J Biometeorol* 2012: p. doi: 10.1007/s00484-012-0597-8.
- TNO (2011) *Maatregelen tegen het hitte-eilandeffect en hittestress in Rotterdam*.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2014) Climate change indicators and human health. [www.epa.gov/climatechange](http://www.epa.gov/climatechange).
- Veronesi, R., G. Gentile, M. Carrieri, B. Maccagnani, L. Stermieri, R. Bellini (2012) Seasonal pattern of daily activity of *Aedes caspius*, *Aedes detritus*, *Culex modestus*, and *Culex pipiens* in the Po delta of northern Italy and significance for vector-borne disease risk assessment. *J Vector Ecol* 37: 49-61.
- Vliet, A.J.H. van, S. Mulder, R.L. Terhürne, W.A. Bron (2009) *Toekomstschets Ambrosia*. Leerstoelgroep Milieusysteemanalyse, Wageningen Universiteit, Wageningen.

VWS (2007) Nationaal Hitteplan. Den Haag.

Weger, L.A. de (2008) Pollenallergie in Nederland. Nederlands Tijdschrift Klinisch Chemische Labgeneeskunde 2008/33: 21-25.

Weger, L.A. de, P.S. Hiemstra, E. op den Buysch, A.J.H. van Vliet (2014) Spatiotemporal monitoring of allergic rhinitis symptoms in the Netherlands using citizen science. Allergy 2014/69, Issue 8: 1085-1091.

Wielen, P. van der, D. van der Kooij (2011) Opportunistisch ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater. Rapport 2011-25. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Wijga, A.H., L.W. van Buul, A. Blokstra, A.P.H. Wolse (2011) Astma bij kinderen tot 12 jaar: Resultaten van het PIAMA-onderzoek. RIVM Rapport 260384001/2011.

World Health Organization (WHO) (2003) Climate change and human health – risks and responses. WHO in collaboration with UNEP and WMO, Genève. ISBN 92 4 159081 5.  
<http://www.who.int/globalchange/summary/en/index6.html>.

World Health Organization (WHO) (2010) Vision 2013. The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change. Technical Report. G. Howard & J. Bartram. WHO, Genève.

World Health Organization (WHO) (2012) Atlas of Health and Climate, World Health Organization and World Meteorological Organization WMO-No. 1098. WHO, Genève.

Wu, W., et al. (2013) Temperature-mortality relationship in four subtropical Chinese cities: a time-series study using a distributed lag non-linear model. Scie Total Environ, 2013/449: p. 355-362.

Wuijts, S., E. van der Grinten, E. Meijers, C.I. Bak-Eijsberg, J.J.G. Zwolsman (2013) Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater. Van knelpunten naar maatregelen. RIVM in samenwerking met Deltares en KWR, Bilthoven. RIVM Rapport 609716007/2013.

Zuurbier, M, S. van Buggenum, F. Burghgraef, M. Dijkema, P. Fischer, K. van den Hout, M. Meijerink, N.E. van Brederode (2012) GGD-richtlijn medische milieukunde: Smog en gezondheid. RIVM Rapport 609400006.

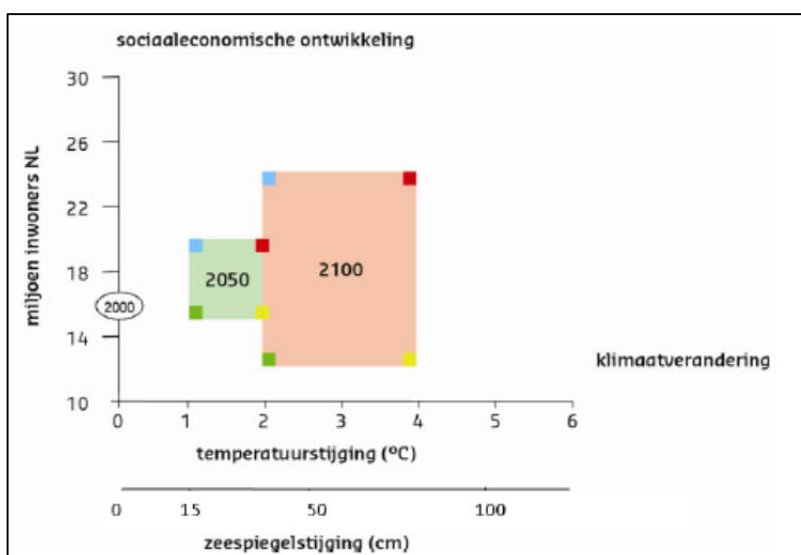
## Bijlagen



## I Deltascenario's

Voor de beschrijving van de effecten van klimaatverandering is gebruik gemaakt van de zogenoemde Deltascenario's. In deze bijlage is een beschrijving opgenomen van de scenario's zelf, de wijze waarop de scenario's tot stand zijn gekomen en de bruikbaarheid ervan.

In de Deltascenario's zijn de twee uiterste scenario's voor klimaatverandering van het KNMI (2006) gebruikt, het gematigde (G)-scenario en het scenario waarbij er sprake is van snelle klimaatverandering (W+), met meer temperatuurstijging en verandering van luchtcirculatie (Van den Hurk et al., 2006; Klein Tank en Lenderink, 2009). Deze scenario's zijn gecombineerd met de twee uiterste scenario's voor sociaaleconomische verandering van de studie over de Welvaart en Leefomgeving (WLO-studie) van de planbureaus (CPB en PBL, 2006a en 2006b, geactualiseerd in 2010), Regional Communities (RC) en Global Economy (GE). Hiermee wordt een bandbreedte van mogelijke toekomstige veranderingen omspannen: van minimale verandering tot maximale verandering (zie Figuur I.1) (PBL, 2013).



Figuur I.1 Deltascenario's (PBL, 2013).

De namen van de Deltascenario's, STOOM, WARM, RUST en DRUK, zijn goed te associëren met meer en minder klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling.

### **DRUK: matige klimaatverandering, sterke economische groei**

Wereldwijd ontstaat er schaarste aan energie, grondstoffen, water en voedsel door de toenemende behoefte van de groeiende en meer welvarende bevolking. Vooral economische immigranten vestigen zich in Nederland vanwege de bloeiende economie. Steeds meer mensen wonen in aantrekkelijke, duurzame en efficiënt ingerichte steden, niet alleen in het westen van het land. Efficiënt omgaan met energie, grondstoffen, voedsel, ruimte en water is voor alle sectoren een leidend principe. In de landbouw nemen de hoogrenderende teelten toe. Biomassa wordt vooral gebruikt voor de productie van hoogwaardige grondstoffen. De klimaatverandering blijkt mee te vallen, mede doordat nog

voor 2050 wereldwijd is overgeschakeld naar een zuinige en vernieuwbare energievoorziening.

**STOOM: snelle klimaatverandering, sterke economische groei**

In de tweede helft van de 21e eeuw neemt de schaarste aan energie, grondstoffen, water en voedsel toe door de behoefte van de groeiende en meer welvarende wereldbevolking. Intensief verbruik van fossiele brandstoffen blijkt langer mogelijk dan aanvankelijk gedacht doordat de winning van moeilijk winbare voorraden lucratief wordt. Het versnelt wel de klimaatverandering. Het vestigingsklimaat voor bedrijven in Nederland wordt steeds aantrekkelijker, en door immigratie neemt ook de Nederlandse bevolking toe. Welvarende mensen gaan ruimer wonen. Sterk gespreide verstedelijking is het gevolg. De risico's van overstroming en droogte nemen toe.

**RUST: langzame klimaatverandering, lage economische groei**

West-Europa kan in de hevige mondiale concurrentie minder goed meekomen, waardoor de economie in de tweede helft van de eeuw ook in Nederland weinig groeit. De bevolking krimpt door vergrijzing en emigratie. Elders in de wereld groeien bevolking en economie wel. In de eerste helft van deze eeuw worden grondstoffen daardoor snel schaarser en duurder. Alle sectoren gaan daarom zuiniger om met energie, grondstoffen, water en ruimte. Wereldwijd worden in de loop der tijd minder fossiele brandstoffen verbruikt; daardoor blijft de klimaatverandering beperkt. Nederland wordt gekenmerkt door kleinschaligheid en regionale zelfvoorziening. De verstedelijking neemt geleidelijk af; er komt meer ruimte voor extensieve landbouw en natuur.

**WARM: snelle klimaatverandering, lage economische groei**

West-Europa kan in de hevige mondiale concurrentie minder goed meekomen, waardoor de economie in de tweede helft van de eeuw ook in Nederland krimpt en mensen elders werk gaan zoeken. Nederland wordt gekenmerkt door kleinschaligheid en regionale zelfvoorziening. De verstedelijking neemt af; er komt meer ruimte voor extensieve landbouw en natuur in Noord, Oost en Zuid Nederland. Er wordt weinig geïnvesteerd in nieuwe energietechnologie, fossiele brandstoffen blijven de boventoon voeren. De opwarming van de aarde zet door als gevolg van de toenemende wereldwijde uitstoot van kooldioxide.

Tabel I.1 Kentallen per Deltascenario die relevant zijn voor het thema Gezondheid (naar PBL, 2013).

| Kentallen per scenario                       | Zichtjaar | 2000 | DRUK |      | STOOM |      | RUST |      | WARM |      |
|----------------------------------------------|-----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|                                              |           |      | 2050 | 2100 | 2050  | 2100 | 2050 | 2100 | 2050 | 2100 |
| Klimaatverandering (°C)                      |           |      | +1   | +2   | +2    | +4   | +1   | +2   | +2   | +4   |
| Gemiddelde neerslag hoeveelheid winter       |           |      | +4%  | +7%  | +14%  | +28% | +4%  | +7%  | +14% | +28% |
| Gemiddelde neerslag hoeveelheid zomer        |           |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| Kust                                         |           |      | +3%  | +6%  | +12%  | +26% | +3%  | +6%  | +12% | +26% |
| Binnenland                                   |           |      | +3%  | +6%  | +19%  | +38% | +3%  | +6%  | +19% | +38% |
| Aantal inwoners in Nederland (miljoen)       |           | 16   | 20   | 25   | 20    | 25   | 15   | 12   | 15   | 12   |
| Economische groei in Nederland (bbp, %/jaar) |           |      | 2,5  | 2,5  | 2,5   | 2,5  | 1,0  | 0,5  | 1,0  | 0,5  |
| Verstedelijking (% oppervlak)                |           | 20   | 23   | 25   | 25    | 29   | 21   | 21   | 21   | 21   |
| Landbouw (% oppervlak)                       |           | 59   | 51   | 45   | 51    | 40   | 56   | 55   | 56   | 55   |

## II Criteria Risicobeoordeling Klimaat op Gezondheid UK

Een korte beschrijving van de methode is opgenomen in Tekstbox 7.2. De indeling in klassen van de verschillende risico's is weergegeven in Tabel II.1.

Tabel II.1 Criteria Risicobeoordeling Klimaat effecten Verenigd Koninkrijk (Hames en Vardoulakis, 2012).

| Class  | Economic                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Environmental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Social                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| High   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Major and recurrent damage to property and infrastructure</li> <li>Major consequence on regional and national economy</li> <li>Major cross-sector consequences</li> <li>Major disruption or loss of national or international transport links</li> <li>Major loss/gain of employment opportunities</li> </ul> <p>~ £100 million for a single event or per year</p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Major loss or decline in long-term quality of valued species/habitat/landscape</li> <li>Major or long-term decline in status/condition of sites of international/national significance</li> <li>Widespread Failure of ecosystem function or services</li> <li>Widespread decline in land/water/air quality</li> <li>Major cross-sector consequences</li> </ul> <p>~ 5000 ha lost/gained<br/>~ 10000 km river water quality affected</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Potential for many fatalities or serious harm</li> <li>Loss or major disruption to utilities (water/gas/electricity)</li> <li>Major consequences on vulnerable groups</li> <li>Increase in national health burden</li> <li>Large reduction in community services</li> <li>Major damage or loss of cultural assets/high symbolic value</li> <li>Major role for emergency services</li> <li>Major impacts on personal security e.g. increased crime</li> </ul> <p>~ million affected, ~1000's harmed, ~100 fatalities</p> |
| Medium | <ul style="list-style-type: none"> <li>Widespread damage to property and infrastructure</li> <li>Influence on regional economy</li> <li>Consequences on operations &amp; service provision initiating contingency plans</li> <li>Minor disruption of national transport links</li> <li>Moderate cross-sector consequences</li> <li>Moderate loss/gain of employment opportunities</li> </ul> <p>~ £10 million per event or year</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Important/medium-term consequences on species/habitat/landscape</li> <li>Medium-term or moderate loss of quality/status of sites of national importance</li> <li>Regional decline in land/water/air quality</li> <li>Medium-term or Regional loss/decline in ecosystem services</li> <li>Moderate cross-sector consequences</li> </ul> <p>~ 500 ha lost/gained<br/>~ 1000 km river water quality affected</p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Significant numbers affected</li> <li>Minor disruption to utilities (water/gas/electricity)</li> <li>Increased inequality, e.g. through rising costs of service provision</li> <li>Consequence on health burden</li> <li>Moderate reduction in community services</li> <li>Moderate increased role for emergency services</li> <li>Minor impacts on personal security</li> </ul> <p>~ tens of thousands affected, ~100s harmed, ~10 fatalities</p>                                                                      |
| Low    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Minor or very local consequences</li> <li>No consequence on national or regional economy</li> <li>Localised disruption of transport</li> </ul> <p>~ £1 million per event or year</p>                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Short-term/reversible effects on species/habitat/landscape or ecosystem services</li> <li>Localised decline in land/water/air quality</li> <li>Short-term loss/minor decline in quality/status of designated sites</li> </ul> <p>~ 50 ha of valued habitats damaged/improved<br/>~ 100 km river quality affected</p>                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Small numbers affected</li> <li>Small reduction in community services</li> <li>Within 'coping range'</li> </ul> <p>~1000's affected</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Tabel II.2      *Demografische en economische gegevens Nederland en Verenigd Koninkrijk* (<http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/dossiers/eu/cijfers/default.htm>).

|                                                                            | <b>Nederland</b> | <b>Verenigd Koninkrijk</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|
| Aantal inwoners (2014)                                                     | 16.856.620       | 64.308.261                 |
| Levensverwachting (2012)                                                   | 79,3             | 79,1                       |
| Percentage 65-plussers (2013)                                              | 16,8             | 17,2                       |
| Percentage tot 25 jaar (2013)                                              | 29,4             | 30,5                       |
| Bruto binnenlands product (Bbp), vergeleken met Europees gemiddelde (2013) | 127              | 106                        |

### III Maatregelen temperatuur gerelateerde effecten

In de afgelopen jaren zijn verschillende studies en inventarisaties in Nederland uitgevoerd naar maatregelen om hitte in de stad te voorkomen en om negatieve (gezondheids)effecten van hitte te voorkomen of te beperken. Ter voorbereiding van de workshop op 16 juni 2014, is een overzicht (zie Tabel III.1) opgesteld van maatregelen uit een aantal recente publicaties op dit gebied:

- Klimaatbestendige Steden – voortgangsrapportage Climate Proof Cities 2013 (CPC, 2013);
- Kennismontage Hitte en Klimaat in de Stad (Climate Proof Cities, 2011)
- Rotterdamse Adaptatiestrategie - Themarapport Stadsklimaat (Gemeente Rotterdam, 2013);
- Kennismontage Kennis voor Klimaat onderzoek Hotspot Rotterdam (Gemeente Rotterdam, 2014);
- Maatregelenmatrix klimaatadaptatie (Deltaprogramma Nieuwbouw & Herstructurering, 2012);
- Maatregelen tegen het hitte-eiland effect en hittestress in Rotterdam (TNO, 2011);
- Kennisportaal 'De stad van de toekomst' door stichting CAS, DPNH en KvK [www.klimaatbestendigestad.nl](http://www.klimaatbestendigestad.nl) (in ontwikkeling).

Tabel III.1 Overzicht maatregelen temperatuur gerelateerde effecten uit recente studies (CPC, Gemeente Rotterdam, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering, TNO, CAS, DPNH en KvK).

| Type maatregelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Maatregelen                         | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Groene infrastructuur</u><br><br>Groen in de stad zorgt op drie manieren voor een verkoelende werking: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. actieve verkoeling overdag door verdamping via bladeren (evapotranspiratie)</li> <li>2. passieve verkoeling overdag door schaduw en</li> <li>3. absorberen van relatief weinig warmte in tegenstelling tot stenige oppervlakte</li> </ol> | Straatbomen                         | CPC onderzoek laat zien dat de effectiviteit van straatbomen afhankelijk is van de oriëntatie van de straat, het straatprofiel en de plaats van de bomen. In Arnhem werd voor straatbomen een reductie in de gemiddelde en maximale luchttemperatuur van respectievelijk 0.6°C en 1.6°C berekend.                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Groene gevels                       | Het toepassen van groene gevels resulteert in relatief lage reducties in de luchttemperatuur in de straat: gemiddeld 0,1°C en maximaal 0,3°C (figuur 4.5) (Merema 2013). Groene gevels spelen geen rol als maatregel tegen regenwateroverlast (Vergroesen, 2013).                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Groene daken                        | Het toepassen van groene daken in simulaties resulteert niet in een merkbare reductie van de luchttemperaturen op loopniveau in de straat. Over het algemeen zijn de koeleffecten beperkt tot een afstand van enkele meters van de vegetatie.                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Parken                              | Voorlopige resultaten van (bakfiets-)metingen op stadsniveau in Utrecht tonen een gemiddeld verschil in luchttemperatuur van een park tot zijn directe bebouwde omgeving van 1oC (gemeten in de middaguren op een hete zomerdag) [Klemm et al. 2013b; Enserink 2013].                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Beleving van stedelijk groen        | Circa 800 interviews met passanten in Utrecht, Rotterdam en Arnhem laten zien dat stedelijk groen een belangrijke rol speelt wat betreft thermisch comfort en recreatie op warme zomerdagen. 91% van alle ondervraagden geeft aan parken en ander grote groenstructuren aangenaam te vinden, 70% vindt parken zelf belangrijk. |
| <u>Gebruik van water</u><br><br>Water heeft een koelend effect op de luchttemperatuur door verdamping, en door absorptie en eventueel transport van warmte.                                                                                                                                                                                                                                   | Verdampingskoeling door verneveling | Waterspuitmonden worden in toenemende mate gebruikt als efficiënt en milieuvriendelijk systeem voor lokale koeling en comfortverbetering in de gebouwde omgeving. Ook: fontein                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Waterpleinen                        | Simulaties van de temperatuurverdeling in een stedelijk gebied toonden aan dat door het toevoegen van water in de stad, in de vorm van bijvoorbeeld een ondiep waterplein, de luchttemperaturen overdag kunnen dalen met 1-2 °C.                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Gebouwgebonden maatregelen</u><br><br>Voorkomen van opwarming binnenshuis. Op gebouwniveau is vergroting van albedo of reflectiewaarde van het dakoppervlak een effectieve manier om oververhitting te beperken en energievraag voor koeling te reduceren | Oriëntatie                                       | Oriëntatie op het zuiden/noorden resulteert in een derde tot de helft minder temperatuuroverschrijdingsuren ten opzichte van een oriëntatie op het oosten/westen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Zonwering - overstek boven ramen                 | In de zomer kan het weren van de zon een significante reductie bewerkstelligen van het aantal overschrijdingsuren. Voor nieuwbouwwoningen bedraagt de reductie 70-99%, voor woningen gebouwd vóór 1974 bedraagt de reductie 30-67%.                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Maatregelen aan de gebouwschil en daken          | Dit kan gaan om extra isolatie, extra thermische massa, verhogen albedo (reflectie kortgolvlige straling) of een groen dak. Hoe hoger de isolatiewaarde van een woning, hoe minder effect aanpassingen aan gebouwschil hebben                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Extra isolatie                                   | De invloed van deze maatregel hangt af van het bouwjaar: bij oudere bestaande woningen (van vóór 1974) heeft extra isolatie een groot effect (maximaal 61%), terwijl het effect bij goed geïsoleerde nieuwbouwwoningen gering is (maximaal 18%).                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Ramen openen bij bepaalde temperatuur            | Zodra de binnentemperatuur boven de 24°C komt, mits de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, levert het openen van ramen een reductie op van het aantal overschrijdingsuren van 83-91% voor de nieuwbouwwoning, en 55-67% voor de woning gebouwd in de periode vóór 1974.                                                                                                                                                                            |
| <u>Stedelijke structuur</u><br><br>Stedelijke structuur heeft invloed op het UHI effect en hittebeleving in de stad door de specifieke omvang, bebouwingsdichtheid, samenstelling en geometrie van een stad                                                  | Bebouwingsstructuur voor ventilatie en schaduw   | Wanneer bij de plaatsing van gebouwen in hun omgeving rekening wordt gehouden met koeling, zijn zowel zon en wind oriëntatie van belang.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Verhogen reflectiewaarde (albedo) op stadsniveau | Lage albedo (reflectie) en langzame afkoeling van veel gebruikte materialen in verstedelijkte gebieden zorgen voor de accumulatie en het vasthouden van warmte. Door lichte gevels en daken en met behulp van licht zand in bestratingsmaterialen, kan de albedo van grote delen van de stad worden verhoogd.                                                                                                                                                       |
| <u>Gedrag en aanpassingsvermogen</u><br><br>Naast fysieke ingrepen kan ook het inspelen op gedrag en aanpassingsvermogen van mensen effectief zijn om negatieve gevolgen van hitte tegen te gaan                                                             | Voorlichting en bewustwording: Hitteplan         | Praktische tips van de GGD om met de hitte om te gaan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drink voldoende</li> <li>• Vermijd inspanning tijdens warmste periode</li> <li>• Blijf uit de hitte</li> <li>• Aanpassen van kleding en medicijngebruik</li> <li>• Zorgen voor verkoeling (bijvoorbeeld door tijdens de randen van de dag het raam te openen of tijdens warme nachten aan de koele kant van het huis slapen)</li> <li>• Zorg voor elkaar</li> </ul> |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | Maatregelen rond arbeidsproductiviteit           | Voorbeelden maatregelen die werkgevers kunnen treffen <ul style="list-style-type: none"> <li>• het verstrekken van (ijs-)koelvesten</li> <li>• het gebruik van airconditioning</li> <li>• hanteren tropenroosters</li> <li>• pauzeren op koele plekken</li> <li>• serveren koele dranken, vochtafdrijvende dranken zoals koffie vermijden</li> </ul>                                                                                                                |

## IV Betrokkenen bij project

Tijdens het project is op een drietal momenten afstemming gezocht met experts en stakeholders, namelijk tijdens een tweetal workshops (17 april 2014 en 16 juni 2014) en tijdens het schrijven van het rapport. In deze Bijlagen zijn de betrokkenen weergegeven.

### IV.1 Deelnemers workshop 17 april 2014

|                          |                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------|
| Marieta Braks            | RIVM                                    |
| Leendert van Bree        | Planbureau voor de Leefomgeving         |
| Bert Brunekreef          | IRAS/ Universiteit Utrecht              |
| Sander Claasen           | RIVM                                    |
| Hein Daanen              | TNO (Climate Proof Cities)              |
| Sonja Döpp               | Kennis voor Klimaat                     |
| Rob van Dorland          | KNMI                                    |
| Arjen Gerretsen          | Universiteit Utrecht                    |
| Ronald van der Graaf     | RIVM                                    |
| Werner Hagens            | RIVM                                    |
| Maud Huynen              | ICIS/ Universiteit Maastricht           |
| Lisette Klok             | TNO (Climate Proof Cities)              |
| Ingrid Links             | GGD Arnhem                              |
| Wil Noordik              | RIVM                                    |
| Ana Maria de Roda Husman | RIVM                                    |
| Ben Rozema               | GGD Amsterdam                           |
| Rob Sluijter             | KNMI                                    |
| Caroline Uittenbroek     | Universiteit Utrecht                    |
| Koos Verbeek             | KNMI                                    |
| Arnold van Vliet         | WUR                                     |
| Cindy Vros               | RIVM                                    |
| Eric Woerdings           | Ministerie van Infrastructuur en Milieu |
| Susanne Wuijts           | RIVM                                    |
| Jan-Paul Zock            | NIVEL                                   |

### IV.2 Deelnemers workshop 16 juni 2014

|                              |                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------------|
| Donald van den Akker         | Vereniging Klimaatverbond Nederland              |
| Florence Bloemkolk           | Nederlandse Rode Kruis                           |
| Leendert van Bree            | Planbureau voor de Leefomgeving                  |
| Sonja Döpp                   | Kennis voor Klimaat                              |
| Maartje Harbers              | RIVM                                             |
| Madeleen Helmer              | Vereniging Klimaatverbond Nederland              |
| Maud Huynen                  | ICIS/ Universiteit Maastricht                    |
| Arthur van Iersel            | Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport |
| Sabine Janssen               | TNO                                              |
| Mayra Kapteyn                | Innovation Booster                               |
| Imke Leenen                  | Grontmij Nederland                               |
| Heleen Mees                  | Universiteit Utrecht                             |
| Anthony Meyer zu Schlochtern | Innovation Booster                               |
| Florrie de Pater             | Kennis voor Klimaat                              |
| Ben Rozema                   | GGD Amsterdam                                    |
| Rob Sluijter                 | KNMI                                             |
| Caroline Uittenbroek         | Universiteit Utrecht                             |
| Maja Valstar                 | Ministerie van Infrastructuur en Milieu          |

|                  |                                         |
|------------------|-----------------------------------------|
| Koos Verbeek     | KNMI                                    |
| Arnold van Vliet | WUR                                     |
| Marijke Vonk     | Planbureau voor de Leefomgeving         |
| Cindy Vros       | RIVM                                    |
| Eric Woerdings   | Ministerie van Infrastructuur en Milieu |
| Susanne Wuijts   | RIVM                                    |
| Jan-Paul Zock    | NIVEL                                   |

#### **IV.3 Lezers concept-rapport**

Het concept-rapport is ter commentaar voorgelegd aan Arnold van Vliet (WUR), Ben Rozema (GGD), Maud Huynen (ICIS), Rob Sluiter (KNMI), Hein Daanen (TNO), Marijke Vonk (PBL), Rijk van Oostenbrugge (PBL), Leendert van Bree (PBL), Imke Leenen (Grontmij), Bert Brunekreef (IRAS), Sonja Döpp (KvK), Florrie de Pater (KvK), Ana Maria de Roda Husman (RIVM), Wim Passchier en de projectleiders van de andere thema's. De reacties zijn verwerkt in voorliggend rapport.

**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*