



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

Plan van aanpak Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten

RIVM-briefrapport 2022-0030
J. van der Ree et al.



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

Plan van aanpak Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten

RIVM-briefrapport 2022-0030
J. van der Ree et al.

Colofon

© RIVM 2022

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.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2022-0030

J. van der Ree (auteur), RIVM
C. Betgen (auteur), RIVM
C. Boomsma (auteur), RIVM
A. van Dijk (auteur), RIVM
L. Hall (auteur), RIVM
D. Houweling (auteur), RIVM
J. Limaheluw (auteur), RIVM
K. Rijs (auteur), RIVM

Met bijdragen van Brigit Staatsen, Sandra Boekhold, Guus Velders, Frank den Hartog, Ana Maria de Roda Husman, Werner Hagens (allen RIVM)

Contact:
Joost van der Ree
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
joost.van.der.ree@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) in het kader van de uitwerking van de Kennisagenda Klimaat en Gezondheid (ZonMw)

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Plan van aanpak Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten

Klimaat en klimaatverandering hebben invloed op onze gezondheid, zowel positief als negatief. Mensen kunnen bijvoorbeeld overlijden tijdens een hittegolf of huidkanker krijgen door blootstelling aan UV-straling. Maar over de invloed van klimaatverandering op onze fysieke en mentale gezondheid is ook nog veel onduidelijk. We ervaren nu al de gevolgen van klimaatverandering en daarom is het belangrijk om meer kennis te krijgen over de gezondheidsrisico's van klimaatverandering.

Het ministerie van VWS heeft daarom het RIVM gevraagd de gezondheidseffecten van klimaatverandering en de samenhang daartussen te onderzoeken. Als eerste stap daarin heeft het RIVM een Plan van Aanpak opgesteld, met een overzicht van de onderzoeksvragen die hierover bestaan. Het gaat om vragen over allergie, mentale gezondheid, infectieziekten, UV-straling en huidkanker, temperatuur en luchtkwaliteit. Deze vragen vormen de basis voor het onderzoeksprogramma van de komende jaren. Het overzicht maakt duidelijk op welke gebieden kennis ontbreekt over klimaatverandering en de gezondheidseffecten.

Om een goed zicht te krijgen op gezondheidseffecten van klimaatverandering, is het belangrijk de effecten in samenhang te onderzoeken. Samenhang is belangrijk om effectieve maatregelen te kunnen nemen en te weten welke maatregelen op korte termijn nodig zijn. Zo is het belangrijk te weten of mensen sterven aan hitte, aan te veel ozon, of aan de combinatie van beide tijdens perioden van hitte. Samenhang voorkomt ook dat onderzoeken overlappen of elkaar tegenwerken. Verder is nog veel onbekend over de omvang van gezondheidseffecten die door klimaatverandering kunnen ontstaan of erger worden. Zo is niet bekend hoeveel mensen allergisch zijn voor pollen en hoeveel last ze daarvan hebben, laat staan wat het effect van klimaatverandering daarop is.

Het onderzoek gaat vooral over de lichamelijke effecten van klimaatverandering, maar heeft voor het eerst ook aandacht voor mentale effecten. Bijvoorbeeld voor stress door overstromingen, zowel direct na de gebeurtenis als op de lange termijn. Bijvoorbeeld door angst voor herhaling of door financiële zorgen.

Kernwoorden: klimaatverandering, gezondheidseffecten, integraal onderzoek

Synopsis

Proposal for a research programme on Climate change and health effects

The climate and climate change affect our health, both positively and negatively. For example, people may die during a heat wave or develop skin cancer from exposure to UV radiation. But much remains unclear about the influence of climate change on our physical and mental health. We are already experiencing the effects of climate change. It is therefore important to gain more knowledge on the health risks of climate change.

The Ministry of Health, Welfare and Sport has therefore asked RIVM to investigate the health effects of climate change and the relationship between them. As a start, RIVM has drawn up a proposal for a research programme, with an overview of the research questions that exist on this subject. RIVM will look into questions concerning allergies, mental health, infectious diseases, UV radiation and skin cancer, temperature and air quality. These questions will form the basis for the research programme for the coming years. The overview makes it clear in which areas knowledge about climate change and its health effects is lacking.

To gain a good understanding of the health effects of climate change, it is important to examine the effects in conjunction with each other. Coherence will allow us to take effective measures and to know which measures are needed in the short term. For example, it is important to know whether people die from heat, from too much ozone or from the combination of both during periods of heat. Consistency also prevents studies from overlapping or contradicting each other. Furthermore, much is still unknown about the extent of health effects that may result from or be made worse by climate change. For example, it is not known how many people are allergic to pollen and how much they suffer from it, let alone the effect of climate change on that.

The research mainly deals with the physical effects of climate change, but this programme is the first to pay attention to mental effects as well. An example is stress caused by floods, both immediately after the event and in the long term due to fear of recurrence or financial worries, for example.

Keywords: climate change, health effects, integrated research

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

Inleiding — 11

1 Integrale onderzoeksvragen en dwarsdoorsnijdende thema's — 15

- 1.1 Kennisvragen over samenhang tussen thema's — 17
- 1.2 Hoog-risico groepen — 18
- 1.3 Gedrag — 20
- 1.4 Methodiek — 20
- 1.5 Huidige en toekomstige ontwikkelingen — 21

2 Onderzoeklijnen met prioritaire kennisvragen — 23

- 2.1 Allergieën — 23
 - 2.1.1 Introductie op het thema — 23
 - 2.1.2 Prioritaire kennisvragen — 24
- 2.2 Mentale gezondheid — 27
 - 2.2.1 Introductie op het thema — 27
 - 2.2.2 Prioritaire kennisvragen — 27
- 2.3 Infectieziekten — 29
 - 2.3.1 Introductie op het thema — 29
 - 2.3.2 Prioritaire kennisvragen — 29
- 2.4 UV-straling en huidkanker — 31
 - 2.4.1 Introductie op het thema — 31
 - 2.4.2 Prioritaire kennisvragen — 31
- 2.5 Temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten — 34
 - 2.5.1 Introductie op het thema — 34
 - 2.5.2 Prioritaire kennisvragen — 35
- 2.6 Luchtkwaliteit — 37
 - 2.6.1 Introductie op het thema — 37
 - 2.6.2 Prioritaire kennisvragen — 37

3 Thematische kennisvragen — 41

- 3.1 Kennisvragen allergieën — 41
- 3.2 Kennisvragen mentale gezondheid — 42
- 3.3 Kennisvragen infectieziekten — 47
- 3.4 Kennisvragen UV-straling — 47
- 3.5 Kennisvragen temperatuur — 51
- 3.6 Kennisvragen luchtkwaliteit — 56

4 Vervolguitwerking — 57

- 4.1 Programmamanagement — 57
- 4.2 Communicatie / disseminatie — 58

5 Referenties — 59

Bijlagen — 63

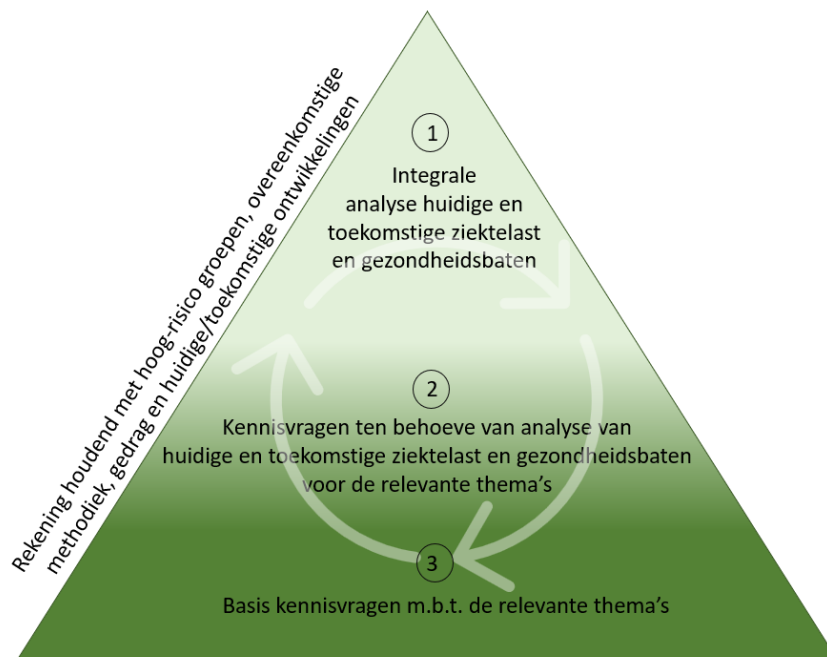
- Wat doet het RIVM? — 63
- Lijst geconsulteerde experts —
- Vragenlijst prioriteringscriteria — 65

Samenvatting

Klimaatverandering wordt gezien als één van de grootste gezondheidsproblemen waar we in de nabije toekomst mee te maken krijgen. We ervaren nu al de gevolgen van klimaatverandering en daarom is de urgentie om meer kennis te vergaren over de gezondheidsrisico's van klimaatverandering hoog.

Dit plan van aanpak beschrijft de onderzoeksvragen die nodig zijn om bij te dragen aan een integrale analyse van huidige en toekomstige gezondheidsrisico's van klimaatverandering. Hiervoor wordt gekeken naar samenhang tussen de kennisvragen rond de thema's allergieën, mentale gezondheid, infectieziekten, UV-straling en huidkanker, temperatuur en luchtkwaliteit. De onderzoeksvragen dienen als basis voor een meerjarig Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten. Dit plan van aanpak is opgesteld in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

De Kennisagenda Klimaat & Gezondheid (Huynen et al., 2019), het rapport 'Mondiaal klimaatbeleid: gezondheidswinst in Nederland bij minder klimaatverandering' (Hall et al., 2021) en relevante nieuwe literatuur liggen ter grondslag aan het bepalen van de onderzoeksvragen. De onderzoeksvragen zijn voor het overzicht ingedeeld langs een kennispiramide (figuur 1) met drie niveaus om duidelijk te maken welke kennisopbouw nodig is om tot een integrale analyse te komen.



Figuur 1 Kennispiramide klimaatverandering en gezondheidseffecten. In groentinten staat de indeling van de kennisvragen.

Daarbij zijn ook enkele dwarsdoorsnijdende thema's benoemd die een belangrijke verbindende rol tussen de klimaatgerelateerde thema's spelen. Zoals hoog-risico groepen, methodiek, gedrag en huidige/toekomstige ontwikkelingen. Onderzoeksvragen met betrekking tot (adaptatie en -mitigatie)maatregelen vallen buiten de scope van dit plan van aanpak. Het tweede niveau betreft themaspecifieke kennisvragen ten behoeve van analyse van huidige en toekomstige ziektelast en gezondheidsbaten voor relevante thema's. Een voorbeeld hiervan is een onderzoeksvraag op het thema allergieën: *Wat is het effect van klimaatverandering op de gezondheidseffecten van blootstelling aan pollen?* Een niveau 3 vraag betreft basiskennis op een bepaald thema, die nodig is om een kennisvraag over klimaatverandering en gezondheidseffecten op dat thema te kunnen onderzoeken en beantwoorden. Een voorbeeld op het thema allergieën is: *Wat is de huidige prevalentie/incidentie van hooikoorts?* De onderzoeksvragen zijn voorgelegd aan experts (binnen en buiten het RIVM) en de belangrijkste onderzoeksvragen zijn uitgewerkt in zes thematische onderzoekslijnen.

Tijdens het maken van dit plan van aanpak zijn diverse onderzoeksvragen naar boven gekomen uit de literatuur en na raadpleging van de experts die buiten de scope van dit onderzoeksprogramma vallen. Deze vragen zijn opgenomen in deel 3 van dit plan van aanpak. Vooral voor de thema's mentale gezondheid en UV-straling zijn veel nieuwe onderzoeksvragen geformuleerd die niet allemaal binnen de scope van dit onderzoeksprogramma vallen. Mogelijk kunnen deze extra onderzoeksvragen dienen ter input voor andere onderzoeksvoorstellen.

De volgende stap om tot een Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten te komen is om vast te stellen, in samenwerking met VWS, welk onderzoek wordt uitgevoerd binnen het onderzoeksprogramma en met welke partners. Daarvoor zijn ook afspraken met VWS nodig over de daar bijhorende planning en financiering.

Inleiding

Dit plan van aanpak voor een Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten is gemaakt in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). Het onderzoeksprogramma zal naar verwachting worden uitgevoerd tussen 2022 en 2026.

Klimaatverandering wordt gezien als één van de grootste gezondheidsproblemen waar we in de nabije toekomst mee te maken krijgen. Wereldwijd hebben we al te maken met gemiddeld 1°C temperatuurstijging ten opzichte van 100 jaar geleden. Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) concludeerde afgelopen jaar dat we binnen 10 jaar de grens van 1,5 °C temperatuurstijging halen als de broeikasgasuitstoot niet drastisch naar beneden gaat. We ervaren nu al de gevolgen van klimaatverandering en daarom is de urgentie om meer kennis te vergaren over de gezondheidsrisico's van klimaatverandering hoog. Zo toont recent onderzoek aan dat klimaatverandering nu al impact heeft op onze gezondheid: 31% van de sterfgevallen door hitte in Nederland kan al worden toegeschreven aan klimaatverandering (Vicedo-Cabrera et al., 2021). Daarnaast hebben we in Nederland nu al te maken met heviger regenbuien (in de zomer) en hebben we de afgelopen jaren lange periodes van droogte en hitte gehad (KNMI, 2021). Ook de overstromingen in Limburg afgelopen zomer (2021) staan ons nog vers in het geheugen.

Dit plan van aanpak beschrijft de onderzoeksvragen die nodig zijn om bij te dragen aan een integrale analyse van huidige en toekomstige gezondheidsrisico's van klimaatverandering. Hiervoor wordt gekeken naar samenhang tussen de kennisvragen rond de thema's allergieën, mentale gezondheid, infectieziekten, UV-straling en huidkanker, temperatuur en luchtkwaliteit. Daarnaast draagt dit onderzoeksprogramma bij aan het vergroten van de kennisbasis van gezondheidsrisico's op de afzonderlijke klimaatgerelateerde thema's. Al deze kennis is ook bruikbaar voor het werken aan maatregelen van overheden en handelingsopties voor burgers en bedrijven.

Aanleiding

In 2019 heeft RIVM een kennisagenda Klimaat & Gezondheid opgeleverd aan ZonMw (Huynen et al., 2019). Voor de kennisagenda is op diverse thema's van klimaatverandering die raken aan de volksgezondheid geïnventariseerd welke kennislacunes er zijn op die thema's. Dit is gedaan op basis van recente literatuur en door middel van een enquête en interviews met experts. Op verzoek van het ministerie van VWS hebben de auteurs een globale uitwerking gemaakt voor hoe een onderzoeksprogramma naar aanleiding van deze kennisagenda er uit kan zien. Hierbij zijn vijf prioritaire onderdelen aangewezen. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft vervolgens de opdracht gekregen om een plan van aanpak te schrijven voor één van de prioritaire onderdelen: de integrale analyse van huidige en toekomstige gezondheidsrisico's van klimaatverandering. Voor de

overige prioritaire onderdelen heeft het ministerie van VWS aan ZonMw gevraagd een voorstel voor een onderzoeksprogramma met open inschrijvingen te ontwikkelen.

Voor het ministerie van VWS is meer kennis van belang om de eigen beleidsprioriteiten in de toekomst beter te kunnen bepalen. Het onderzoeksprogramma is gericht op het ontwikkelen van kennis zodat we de impact van klimaatverandering op gezondheid meer integraal kunnen beoordelen. Het onderzoeksprogramma zal zich daarbij richten op de gezondheidsrisico's van klimaatverandering in Nederland. Het RIVM zal het onderzoeksprogramma niet alleen uitvoeren. Samenwerking met andere (kennis)instituten is nodig en versterkt de kennisbasis en samenwerking op dit gebied. Meer informatie over wat het RIVM al doet op het gebied van klimaatverandering en welke collega-instituten daarbij betrokken zijn staan in bijlage 6.1.

Opzet

Uit de Kennisagenda (Huynen et al., 2019) zijn zes klimaatgerelateerde gezondheidsthema's naar voren gekomen die relevant zijn voor de Nederlandse situatie: hitte, luchtkwaliteit, infectieziekten (water, vector en voedsel), UV-straling, allergieën en mentale gezondheid. Al deze thema's worden in de literatuur als belangrijke thema's benoemd om rekening mee te houden als het gaat om klimaatverandering en gezondheid. Naast deze directe impacts op onze gezondheid, kunnen er ook indirecte impacts optreden - bijvoorbeeld door wereldwijde impacts op voedselproductie, zoetwaterbeschikbaarheid en migratie. Deze indirecte impacts vallen buiten dit onderzoeksprogramma.

Als eerste stap voor de te onderzoeken kennisvragen is een analyse gemaakt van de onderzoeksvragen en kennislacunes die beschreven zijn in de Kennisagenda Klimaat & Gezondheid (Huynen et al., 2019), het rapport 'Mondiaal klimaatbeleid: gezondheidswinst in Nederland bij minder klimaatverandering' (Hall et al., 2021) en relevante nieuwe literatuur. De uitgewerkte onderzoeksvragen en kennislacunes zijn vervolgens voorgelegd aan experts in Nederland (binnen en buiten het RIVM) en indien van toepassing aan experts in het buitenland (bijlage 6.2). Met de aanvullingen van de experts is een lijst met kennisvragen opgesteld per thema.

De kennisvragen hebben betrekking op een onzekere toekomst en op thema's waarbinnen, door soms grote latentietijd, de link tussen blootstelling en gezondheidseffect veel onzekerheden draagt. Hierdoor bestaat de set kennisvragen deels uit evidence-based vragen en deels uit consensus-based vragen. Bij evidence-based kennisvragen is wetenschappelijk onderbouwd dat het gestelde probleem aangetoond is. Bij consensus-based kennisvragen ontbreekt deze onderbouwing (nog) of is deze dun, maar is er consensus dat deze vraag leidend is in de huidige stand van zaken op dit thema. Beide type kennisvragen zijn relevant en daarom wordt in dit rapport verder geen onderscheid gemaakt.

De tweede stap betreft de prioritering van de kennisvragen. Aan de hand van een set criteria is gekeken welke kennisvragen relevant zijn voor dit onderzoeksprogramma (bijlage 6.3). De set criteria is eerder

ontwikkeld voor de Kennisagenda (Huynen et al., 2019) en de Health Environment Research Agenda for Europe¹ (HERA) en aangepast voor dit doel. Hiermee wordt tevens duidelijk of belangrijke kennisvragen al in andere onderzoeken zijn of worden geadresseerd. Daarnaast wordt duidelijk of voor het beantwoorden van sommige klimaatgerelateerde kennisvragen eerst basiskennis over een thema ontwikkeld moet worden.

Als laatste stap zijn uit de overzichten van kennisvragen de interacties, cumulaties en synergiën tussen de thema's verzameld die nodig zijn om een integrale beoordeling van gezondheidseffecten mogelijk te maken. Bijvoorbeeld, leidt een gecombineerde blootstelling (van bijvoorbeeld hitte en pollen) tot versterking van een gezondheidseffect? Daarnaast is verkend welke dwarsdoorsnijdende onderzoeksaspecten/thema's voor alle thema's relevant zijn. Bijvoorbeeld de methodiek, menselijk gedrag en hoog-risico groepen.

Leeswijzer

In deel 1 van dit plan van aanpak wordt de kennispiramide gepresenteerd die de samenhang binnen het onderzoeksprogramma verduidelijkt. Hierin staat de hoofdvraag centraal en wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende niveaus van kennisvragen en de dwarsdoorsnijdende thema's die hier invloed op hebben. Vervolgens worden in deel 1 de kennisvragen beschreven die gericht zijn op samenhang tussen thema's. Het onderzoeksprogramma zou erop gericht moeten zijn op deze kennisvragen een flinke stap te maken. Daarvoor is vaak ook nog kennis op de afzonderlijke thema's nodig. De kennisvragen die als prioritair aangemerkt zijn om aan de integrale hoofdvraag bij te dragen, staan in deel 2 beschreven. Deel 3 beschrijft de overige kennisvragen per thema. Het zijn vragen die buiten de scope van dit onderzoeksprogramma vallen, zoals kennisvragen over (klimaat)maatregelen. Deze vragen kunnen de basis vormen voor andere (toekomstige) onderzoeksprogramma's, projecten en/of samenwerkingen. Het plan van aanpak eindigt met een procesvoorstel voor de vervoluitwerking.

¹ <https://www.heraresearch.eu/>

1 Integrale onderzoeksvragen en dwarsdoorsnijdende thema's

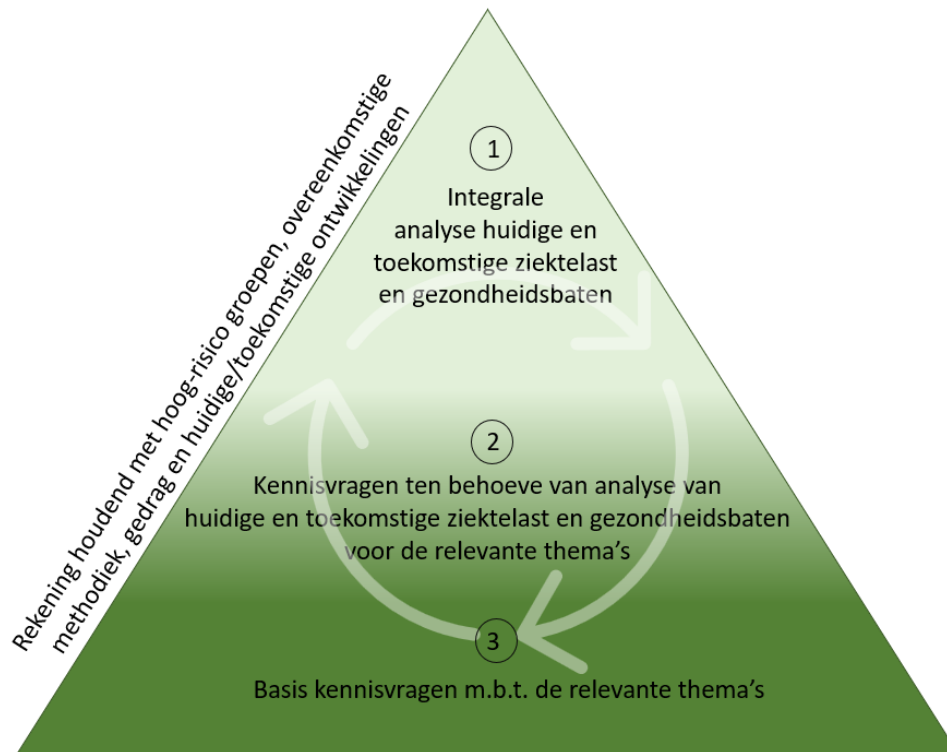
De opdracht voor het RIVM is een plan van aanpak te schrijven voor een onderzoeksprogramma dat kennis oplevert voor een integrale analyse van huidige en toekomstige gezondheidsrisico's van klimaatverandering. In dit plan van aanpak wordt regelmatig gesproken van ziektelast. Ziekte last kan worden uitgedrukt in DALY's (Disability Adjusted Life Years). Dit is een maat die de effecten van sterfte en ziekte combineert en rekening houdt met de ernst en duur van aandoeningen. Omdat het kwantificeren van ziektelast in DALY's voor veel thema's (nog) niet kan wordt in dit plan van aanpak gekeken naar ziektelast in de brede zin, dus ook naar de effecten op de gezondheid en welzijn. Niet alle gezondheidseffecten door klimaatverandering zijn negatief. Ondanks dat de kennisvragen vaak focussen op de negatieve gezondheidseffecten moet in de uitwerking van het onderzoeksprogramma ook rekening worden gehouden met de positieve gezondheidseffecten.

Belangrijk is om de verbanden tussen de thema's te leggen en te onderzoeken welke kennisvragen over meerdere thema's heen kunnen worden opgepakt om een zo compleet mogelijk beeld van de gevolgen op gezondheid en welzijn van de hele bevolking te krijgen.

In figuur 1.1 is de samenhang tussen de thematische en integrale vragen en dwarsdoorsnijdende thema's weergegeven. Met relevante thema's worden de zes eerder genoemde thema's bedoeld: allergieën, mentale gezondheid, infectieziekten, UV-straling en huidkanker, temperatuur en luchtkwaliteit.

Bovenin staat de hoofdvraag waar het onderzoeksprogramma zich op richt en waar de onderzoeken aan gaan bijdragen (1). Om deze hoofdvraag beter te kunnen beantwoorden worden twee soorten kennisvragen onderscheiden. Kennisvragen die ingaan op de gezondheidseffecten door klimaatverandering (2) en kennisvragen die bijdragen aan algemene kennis van de thema's (3). Er zit een wisselwerking tussen de niveaus, weergegeven door de cirkel, om duidelijk te maken dat niet alle basis kennisvragen eerst hoeven te worden beantwoord om tot een volgend niveau te komen. Ook kunnen nieuwe kennisvragen ontstaan naar aanleiding van de bijdrage aan de integrale analyse waardoor het een cyclisch proces is.

Ook zijn kennisvragen opgehaald die zeer relevant zijn voor het thema, maar gericht zijn op maatregelen (klimaatadaptatie of -mitigatie). Deze vragen vallen buiten de scope van het onderzoeksprogramma.



Figuur 1.1 Kennispiramide klimaatverandering en gezondheidseffecten. In groentinten staat de indeling van de kennisvragen.

Links in de figuur staan de dwarsdoorsnijdende thema's die over alle niveaus en kennisvragen een rol spelen:

- De hoog-risico groepen: bepaalde groepen lopen een hoger risico om getroffen te worden door de gezondheidsrisico's van klimaatverandering, zowel door cumulatie van blootstellingen (bijvoorbeeld hitte, luchtkwaliteit) en verhoogde gevoeligheid;
- Methodiek: de aanpak om kennisvragen te beantwoorden kan sterke overeenkomsten hebben waardoor vragen in combinatie geadresseerd kunnen worden;
- Gedrag: de gezondheidsrisico's van klimaatverandering kunnen beïnvloed worden door het gedrag van mensen;
- Huidige en toekomstige ontwikkelingen: er spelen nog meer ontwikkelingen die invloed hebben op klimaatverandering en gezondheid. Denk aan klimaatadaptatiemaatregelen, de energietransitie, demografie, woningrenovatie en bouw en andere ruimtelijke opgaven.

Deze dwarsdoorsnijdende thema's zijn bij de uitwerking van kennisvragen naar onderzoeksvorstellen belangrijke pijlers om rekening mee te houden. Door in alle kennisvragen nadrukkelijk aandacht te besteden aan hoe deze dwarsdoorsnijdende thema's worden geadresseerd, kan ook overkoepelend gestuurd worden op de het onderzoeksprogramma. De dwarsdoorsnijdende thema's worden vanaf paragraaf 1.2 nader toegelicht.

Voorbeelden

Een voorbeeld van een kennisvraag op niveau 2 is de vraag: Wat is het effect van klimaatverandering op de gezondheidseffecten van blootstelling aan pollen? De kennisvraag op niveau 3: Wat is de huidige prevalentie/incidentie van hooikoorts?

De kennisvragen over de samenhang tussen thema's en de kennisvragen die betrekking hebben op de dwarsdoorsnijdende thema's zijn de belangrijkste kennisvragen om de integrale hoofdvraag te kunnen beantwoorden. De volgende paragrafen beschrijven de samenhangende kennisvragen en lichten de dwarsdoorsnijdende thema's toe.

1.1 Kennisvragen over samenhang tussen thema's

Tot nu toe worden kennisvragen vaak thematisch ingestoken en liggen de onderzoeken ook bij de thematische experts. Er is echter veel winst te behalen door te kijken naar de samenhang tussen de thema's. In deze paragraaf worden de samenhangende vragen gepresenteerd die bijdragen aan de integrale hoofdvraag.

De volgende kennisvragen gaan in op de samenhang tussen thema's:

1. *Wat is de bijdrage van infectieziekten zoals influenza op koudensterfte? En hoe verandert die bijdrage door klimaatverandering?* De huidige koudensterfte wordt nu vaak toegewezen aan lage temperaturen in combinatie met influenza, maar misschien speelt (binnen) luchtkwaliteit wel een grotere rol.
2. *Wat is de invloed van klimaatverandering op de interactie tussen luchtkwaliteit en respiratoire infectierisico's?*
3. *Is er een effect van gecombineerde blootstelling bij luchtkwaliteit, temperatuur en allergenen? Wat gebeurt er met die synergie bij klimaatverandering?*
 - a. Wat is het effect op de gezondheid van de combinatie pollen, luchtkwaliteit en temperatuur?
 - b. Welke factoren beïnvloeden de relatie luchtkwaliteit/temperatuur/allergenen en gezondheid?
 - c. In welke mate zijn afzonderlijke factoren verantwoordelijk voor de gezondheidseffecten door luchtkwaliteit/temperatuur/allergenen en zijn deze factoren beïnvloedbaar?
 - d. Is een geïntegreerde luchtkwaliteitsindex mogelijk voor verschillende gezondheidskundige eindpunten (sterfte, ziekenhuisopnamen, medicijngebruik) waarbij temperatuur en allergenen ook worden meegenomen?

Op dit moment wordt geschat dat jaarlijks circa 1000 mensen vroegtijdig overlijden tijdens ozonepisoden. De overlap met de 1350 vroegtijdige overlijdens door warmte is onbekend (Hall et al., 2021). Nader onderzoek is nodig naar de gecombineerde blootstelling aan extreme temperaturen en luchtverontreiniging in steden (zowel bij hitte-eilanden als achterstandswijken). Hiermee kan de ruimtelijke variatie in gezondheidseffecten beter in beeld worden gebracht en de basis vormen voor gerichte beleidsmaatregelen. Daarbij speelt de uitdaging om de effecten van temperatuur en luchtkwaliteit uit elkaar te houden. Welk deel van de ziektelast is toe te rekenen aan temperatuur, en welk deel

aan ozon of fijnstof? Hittegolven en ozonpieken doen zich tegelijkertijd voor en in de winter gaan koudegolven en fijnstofpieken vaak samen (Hall et al., 2021).

Luchtverontreiniging kan daarnaast bijdragen aan de ziektelast door allergieën. Onderzoek is nodig naar het huidige gezondheidsrisico van gecombineerde blootstelling aan pollen en luchtverontreiniging en hoe dit zich gaat ontwikkelen onder verschillende klimaatscenario's (Hall et al., 2021). Hogere temperaturen zullen ook leiden tot een langer pollenseizoen en dus tot meer hooikoortsklachten en daarmee samenhangend ziekteverzuim).

Omdat ze invloed op elkaar uitoefenen/tot dezelfde gezondheidseffecten kunnen leiden is het ongewenst dat voor hitte, ozon en pollen een aparte risico-index (zoals de luchtkwaliteitsindex) komt. Onderzoek is nodig of een geïntegreerde luchtkwaliteitsindex mogelijk is.

4. *Is er een verband tussen blootstelling aan luchtkwaliteit en mentale/psychische gezondheid?*
5. *Is er een verband tussen de (verslechterende) luchtkwaliteit en het voorkomen van huidkanker?*

Hiervoor zijn de kennisvragen over de samenhang tussen de thema's omschreven. Deze prioritaire kennisvragen zijn belangrijk om te onderzoeken en daarmee de integrale hoofdvraag te beantwoorden. Deelvragen die kunnen worden gesteld bij het beantwoorden van de integrale hoofdvraag zijn:

1. *Wat is de huidige en toekomstige attributie van de thema's op de ziektelast en het welzijn door klimaatverandering?*
2. *Hoeveel van de huidige ziektelast kan al aan klimaatverandering worden geattribueerd?*

Zoals de kennispiramide al liet zien zijn de dwarsdoorsnijdende thema's belangrijk om bij verdere uitwerking van dit plan van aanpak te adresseren. De volgende paragrafen geven nadere toelichting aan de dwarsdoorsnijdende thema's: hoog-risico groepen, gedrag, overeenkomstige methodiek en huidige en toekomstige ontwikkelingen.

1.2 Hoog-risico groepen

Hoog-risico groepen kunnen op twee manieren gedefinieerd worden. Enerzijds is de blootstelling ongelijk verdeeld en kunnen mensen daarom een hoger risico op gezondheidseffecten hebben. Daarnaast kunnen mensen van zichzelf gevoeliger zijn voor een ziekte dan de rest van de populatie, hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan ouderen, baby's en kinderen, chronisch zieken en gebruikers van medicijnen, alcohol en drugs (Hall et al., 2021).

Blootstelling aan hitte blijkt bijvoorbeeld ongelijk verdeeld te zijn over de bevolking: mensen in woningen die slecht gekoeld kunnen worden, mensen die buiten zware lichamelijke arbeid verrichten, sporters en buiten spelende kinderen worden relatief meer aan hitte blootgesteld (kans op zonnesteek). Bij lagere inkomensgroepen kan een cumulatie optreden van verschillende problemen: slechte woningen

(vochtproblemen, schimmelvorming), een slechte binnen- en buitenlucht, weinig groen en mede daardoor een substantieel hitte-eilandeffect (Hall et al., 2021).

Mentale gezondheid is een bijzonder thema in relatie met hoog-risico groepen. Mogelijk zijn individuen of groepen die kwetsbaar zijn voor negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering ook kwetsbaar voor andere gezondheidseffecten van klimaatverandering. Deze relatie zou omgekeerd ook aanwezig kunnen zijn. Dus een kwetsbaarheid voor fysieke gezondheidseffecten zou een factor kunnen zijn die mensen ook kwetsbaar maakt voor mentale gezondheidseffecten. Het is dus van belang om te kijken waar kwetsbaarheden overlappen, en waar een fysieke kwetsbaarheid wellicht ook voor een mentale kwetsbaarheid zou kunnen zorgen.

Tabel 1.1 geeft het overzicht potentiële hoog-risico groepen en het thema dat voornamelijk voor de hoog-risico groep een risico vormt. Omdat de hoog-risicogroepen bij alle thema's een rol spelen is het bij de verdere uitwerking van het onderzoeksprogramma naar concrete onderzoeksvoorstellen verstandig om structureel uit te vragen om aandacht te hebben voor hoog-risicogroepen. Door de hoog-risicogroepen expliciet te noemen wordt de synergie tussen de thema's behouden.

Tabel 1.1 Overzicht potentiële hoog-risico groepen en het thema dat voornamelijk voor de hoog-risico groep een risico vormt.

Hoog-risico groep	Thema
Gevoeligheid	
Ouderen (75 plussers)	Temperatuur, infectieziekten, luchtkwaliteit, mentale gezondheid
Baby's / kinderen	Temperatuur, UV-straling
Jongeren	Mentale gezondheid
Man/vrouw	Temperatuur, infectieziekten, mentale gezondheid (zwangeren/postnataal)
Chronisch zieken (fysiek/mentaal)	Temperatuur, infectieziekten, allergieën, mentale gezondheid
Overgewicht	Temperatuur, luchtkwaliteit
Gebruikers van medicijnen, alcohol en drugs	Temperatuur

Hoog-risico groep	Thema
Blootstelling	
Bewoners stedelijk gebied	Temperatuur, luchtkwaliteit
Bewoners landelijk gebied	Temperatuur, luchtkwaliteit
Beroepsbevolking	Temperatuur, UV-straling, allergieën
Armoede (SES)	Temperatuur, UV-straling, infectieziekten, allergieën, luchtkwaliteit, mentale gezondheid
Bewoners van slechte woningen (vocht, slecht geïsoleerd)	Temperatuur, infectieziekten, allergieën
Eenzaamheid	Temperatuur
Buitensporters	Temperatuur, UV-straling, allergieën, luchtkwaliteit

1.3 Gedrag

Niet eerder hebben mensen te maken gehad met zulke snelle klimaatverandering. Het is daarom ook onbekend hoe en of de mens fysiek en mentaal in staat is om zichzelf zo snel aan te passen aan een veranderend klimaat. Als de gemiddelde jaartemperatuur stijgt is het te verwachten dat meer recreatie plaatsvindt in de buitenlucht. Hierdoor is de blootstelling aan hoge temperaturen, allergenen, veroorzakers van infectieziekten, luchtkwaliteit en UV-straling frequenter en kunnen gezondheidsrisico's optreden. Daarentegen gaan mensen misschien juist weer meer binnen zitten bij extremere temperaturen en worden minder blootgesteld aan UV-straling of allergenen, maar juist weer meer aan binnenlucht.

Voor hogere temperatuur kan gewenning optreden als er geleidelijke blootstelling plaatsvindt. Dit kan ons allen beter laten functioneren als het heet is. Maar als mensen binnen gaan zitten met de airconditioning aan vindt deze gewenning niet plaats en blijft het gezondheidsrisico voor hoge temperaturen aanwezig.

Als een toename in allergieën kan worden verwacht door klimaatverandering is een toename in ziektelast ook te verwachten indien de blootstelling gelijk blijft. Als men echter weet dat de pollen in de lucht actief zijn waar zij gevoelig voor zijn kan een gedragsaanpassing zijn om binnen te blijven.

Ook voor UV-straling speelt gedrag een aanzienlijke rol (zie 3.4). Een verhoogd risico op huidkanker is er alleen als er blootstelling aan UV-straling is. Relatief eenvoudige gedragsaanpassingen kunnen deze blootstelling al verminderen. Zoals het gebruik van zonnebrand en beschermende kleding.

Bij het onderzoeken van gezondheidsrisico's van klimaatverandering is het gedragscomponent dus van groot belang om mee te nemen in het onderzoek. Gedragsaanpassingen kunnen het gezondheidsrisico verlagen en daarmee de ziektelast. Het voorstel is daarom om bij de verdere uitwerking van het onderzoeksprogramma de gedragscomponent ook expliciet mee te nemen in de concrete onderzoeksvoorstellen.

1.4 Methodiek

Bij de nadere uitwerking van het onderzoeksprogramma is het goed om te kijken welke onderzoeksvragen gelijktijdig kunnen worden geadresseerd en hoe uitkomsten kunnen worden gecombineerd. De basis van veel kennisvragen bestaat uit data die voor meerdere doelen kan worden gebruikt. Om de uitkomsten met elkaar te kunnen vergelijken is het ook belangrijk om dezelfde inputdata te gebruiken. Dit geldt voor bijvoorbeeld bevolkingsgegevens en vanzelfsprekend ook voor klimaat(scenario) gegevens.

Veel kennisvragen vragen ook om retrospectief onderzoek. Bijvoorbeeld het over elkaar heen leggen van historische datasets over sterfte/ziekte, temperatuur, pollen en luchtverontreiniging. Recentelijk is deze methodiek van retrospectief onderzoek gebruikt in Vicero et al. (2021)

om hitte-doden te koppelen aan recente klimaatverandering. Deze methodiek is ook toepasbaar op andere thema's.

1.5 Huidige en toekomstige ontwikkelingen

De wereld staat natuurlijk niet stil. Naast klimaatverandering spelen veel andere ontwikkelingen een rol die van invloed zijn op gezondheid en daarmee ook op de ziektelast. Een belangrijke huidige ontwikkeling zijn klimaatadaptatiemaatregelen. Deze maatregelen hebben invloed op de uitkomsten van (historisch) onderzoek naar ziektelast. De huidige ziektelast van hitte bijvoorbeeld wordt beïnvloed door het Nationaal hitteplan wat als maatregel al meer dan tien jaar bestaat.

Een van de belangrijkste toekomstige ontwikkeling is verandering in demografie. Nederland vergrijsst, waardoor de hoog-risico groep groter wordt en de ziektelast hiermee ook. Maar ook de woningnood die moet worden opgelost met verdichting van stedelijk gebied tot gevolg is een belangrijke ontwikkeling. Denk verder aan de energietransitie, ontwikkelingen in de landbouw en technologische innovaties. Allen zijn van invloed op de volksgezondheid en welzijn.

Het is niet eenvoudig om de gevolgen van deze toekomstige ontwikkelingen te voorspellen. In de nadere uitwerking van een onderzoeksprogramma is het wel van belang om dit bij de te onderzoeken kennisvragen mee te nemen.

2 Onderzoekslijnen met prioritaire kennisvragen

In deel 2 worden de onderzoekslijnen met daarin de prioritaire kennisvragen beschreven. Per vraag is aangegeven tot welk niveau deze vraag behoort. Niveau 2 vragen hebben een relatie met klimaatverandering, niveau 3 vragen zijn basiskennisvragen. Onderzoeksvragen over (klimaatadaptatie en -mitigatie) maatregelen vallen buiten de scope van het onderzoeksprogramma.

In deel 3 worden de thematische kennisvragen die buiten de prioriteringscriteria of buiten scope zijn gevallen beschreven.

De uitwerking verschilt per thema omdat het kennisniveau ook per thema verschillend is. Voor het thema allergieën ontbreekt bijvoorbeeld nog veel basiskennis en zijn veel kennisvragen op dat niveau ingestoken. Het thema mentale gezondheid in relatie tot klimaatverandering staat nog in de kinderschoenen en daarom is eerst een literatuuronderzoek gedaan naar de huidige kennis(lacunes). Op het thema UV-straling ontbreekt veel kennis die niet per se te maken heeft met klimaatverandering, maar wat wel belangrijk is voor de uitwerking naar de gezondheidseffecten door klimaatverandering. Voor het thema infectieziekten is het eerst van belang om vast te stellen welke infectieziekten door klimaatverandering beïnvloedt worden voordat er specifieke kennisvragen kunnen worden vastgesteld. Voor de thema's temperatuur en luchtkwaliteit is de kennis al meer aanwezig en spelen meer specifieke kennisvragen een rol waar het onderzoeksprogramma duidelijkheid in kan geven.

De prioritaire kennisvragen zijn samen met de experts op het thema vastgesteld.

2.1 Allergieën

2.1.1 *Introductie op het thema*

Klimaatverandering heeft op verschillende manieren een negatieve invloed op allergische aandoeningen. Van de allergische aandoeningen komt hooikoorts het vaakst voor. Daarnaast zijn er diverse insecten die een allergische reactie of (huid)irritatie kunnen veroorzaken, zoals de eikenprocessierups. Zowel planten als insecten zijn onderhevig aan veranderingen in temperatuur en vochtigheid en zullen daarom veranderen van leefgebied. Hierdoor verandert de blootstelling aan de allergenen die deze planten en insecten produceren.

Binnenshuis zijn veel mensen allergisch voor allergenen van onder andere huisstofmijten en schimmels. De blootstelling aan deze allergenen hangt af van bijvoorbeeld temperatuur en vochtigheid binnenshuis. Ook deze factoren worden beïnvloed door klimaatverandering (Hall et al, 2021).

Binnen dit plan van aanpak wordt met name aandacht gegeven aan hooikoorts en de (eiken)processierups.

2.1.2 *Prioritaire kennisvragen*

Hooikoorts

De verwachting is dat het pollenseizoen door de stijging van de gemiddelde jaartemperatuur langer wordt. Zowel hogere temperaturen als hogere concentraties van CO₂ in de lucht kunnen leiden tot een hogere pollenproductie door planten en kunnen mogelijk de allergeniciteit van de pollen versterken (Ziska et al., 2019; Barnes, 2018; de Weger en Hiemstra, 2009; de Weger et al., 2021). Door deze factoren kunnen de klachten heviger zijn. Een recente analyse van langetermijntrends in pollenconcentraties en de duur van het pollenseizoen op het noordelijk halfrond vond een verband tussen veranderingen in de maximum en/of minimum temperaturen, geassocieerd met klimaatverandering, en toenemende pollenconcentraties en een langer pollenseizoen (Ziska et al., 2019). Hierdoor worden de perioden dat de verschillende pollensoorten in de lucht voorkomen langer en kunnen klachten over een langere periode optreden.

Een vergelijkbare studie in de Benelux vond een toename in pollenconcentraties en een verschuiving van het pollenseizoen naar eerder in het jaar voor de onderzochte boomsoorten (de Weger et al., 2021). Hierbij werd voor berken een significante positieve associatie gevonden tussen de trends in pollenconcentratie en trends in temperatuur. Voor grassen werd een langer pollenseizoen gevonden en een afname in pollenconcentraties. Ook voor alsem (citroenkruid) werd een afname in pollenconcentraties gevonden. Deze afname in gras- en alsempollenconcentraties komt waarschijnlijk door de toegenomen verstedelijking in de buurt van de pollenmeetstations (de Weger et al., 2021).

Daarnaast is nog een ander fenomeen dat de periode van allergene pollen in de lucht kan verlengen. Omdat de gemiddelde temperatuur in Nederland stijgt, breidt het leefgebied van diverse warmteminnende zuidelijke boom- en plantensoorten uit naar het noorden. Hierdoor krijgt Nederland te maken met nieuwe soorten die allergene pollen produceren, zoals de olijfbom of de *Ambrosia* plant. Omdat *Ambrosia* laat in het seizoen bloeit, nadat de inheemse allergene pollen uit de lucht verdwenen zijn, zal vestiging van deze soort het allergene pollenseizoen verlengen (de Weger et al., 2009).

1. *Wat zijn de ziektelast en maatschappelijke kosten van hooikoorts? - niveau 3*

Deze kennisvraag is een fundamentele basisvraag om de invloed van klimaatverandering beter vast te kunnen stellen. Het is onbekend wat de (huidige) ziektelast en maatschappelijke kosten van hooikoorts zijn. De prevalenties die vanuit de huisartsenregistratie worden berekend zijn onderschattingen, omdat niet alle mensen met hooikoortsklachten naar de huisarts gaan. Wat de werkelijke prevalentie van hooikoorts in de bevolking is, is niet bekend. De kosten voor medicatie zijn ook niet goed in beeld, omdat veel mensen hun hooikoortsmedicatie zonder recept bij een drogist kopen. Ook is er onvoldoende informatie over ziekte- en schoolverzuim en verminderd functioneren door hooikoorts.

Om de ziektelast en maatschappelijke kosten van hooikoorts te kunnen bepalen, is het nodig om de prevalentie, het medicijngebruik en de invloed van hooikoorts op ziekte- en schoolverzuim en verminderd functioneren in kaart te brengen. Voor het berekenen van de ziektelast is het nodig om de werkelijke prevalentie in Nederland vast te stellen, samen met betrouwbare informatie over de duur en ernst van de klachten en behandelbaarheid.

2. *Welke pollen veroorzaken de meeste klachten? - niveau 3*
 - a. *Wat is de blootstelling aan pollen?*
 - b. *Zijn er ruimtelijke verschillen?*
 - c. *Wat is het effect van meteorologische, luchtkwaliteits-, klimatologische en geografische verschillen? Zijn er bepaalde locaties die kunnen worden aangewezen als hotspots voor pollen? Is er een verschil in blootstelling tussen mensen die in de stad of buiten de stad wonen?*
 - d. *Wat is de bijdrage van lokale, nationale of internationale bronnen in relatie tot gezondheidsklachten? Heeft men last van pollen die elders in Europa worden geproduceerd of heeft men meer last van de boom die op de hoek van de straat staat?*
3. *Wat is het effect van klimaatverandering op de ziektelast door hooikoorts? - niveau 2*
 - a. *Wat is het effect van klimaatverandering op het voorkomen en verspreiding van allergene soorten (gevestigde en nieuwe soorten)?*
 - b. *Wat is het effect van klimaatverandering op de allergeniciteit van pollen?*
 Om de ziektelast door klimaatverandering van hooikoorts te bepalen, is het nodig een aantal deelvragen te beantwoorden. Verandert de duur van de blootstelling? Zijn er meer of hogere pieken in blootstelling te verwachten? Zorgt meer CO₂ in de atmosfeer ook in Nederland voor hogere pollenconcentraties en is een hogere allergeniciteit van pollen te verwachten? Komen er andere/meer allergene soorten pollen in de atmosfeer?

Thunderstorm astma – combinatie pollen en extreme weersomstandigheden

Thunderstorm astma is een fenomeen waar vooral in het Verenigd Koninkrijk en Australië onderzoek naar is gedaan (zie o.a. Thien et al., 2018). Het is ook beschreven in Italië. Bij warm weer worden veel allergene graspollen gevormd. Als daar heftig onweer op volgt gaat dat gepaard met meer en hevigere astma-aanvallen. De theorie is dat door de onrustige atmosfeer (windwervels) meer pollen open worden gebroken waardoor de inhoud van de pollen loskomt (zetmeelkorrels). De zetmeelkorrels zijn kleinere deeltjes die dieper in de longen kunnen doordringen. Het is nog onduidelijk of dit ook in Nederland voorkomt (Huynen et al., 2019). Als het in Nederland optreedt, kunnen astmapatiënten hier last van ondervinden. Als we hier meer van weten en begrijpen kunnen we bij de dergelijke weersituaties waarschuwingen doen uitgaan om bijvoorbeeld binnen te blijven en ziekenhuisopnames door heftige astma-aanvallen voorkomen.

1. *Wat is het effect van klimaatverandering op het voorkomen van Thunderstorm astma in Nederland? - niveau 2*
 - a. *Is er in Nederland een relatie tussen extreme weersomstandigheden (o.a. onweer), hogere (gras) pollenconcentraties en astma aanvallen? - niveau 3*
 - b. *Zijn er pieken in geregistreerde astma-aanvallen in Nederland? Zijn de pieken te relateren aan weersomstandigheden? Of aan het voorkomen van hoge aantallen van bepaalde pollensoorten in voorgaande dagen? - niveau 3*

Processierupsen

De (eiken)processierups zien we steeds vaker en noordelijker in Nederland vanwege hogere temperaturen en veranderend landgebruik. Ook de dennenprocessierups trekt vanuit het Middellandse Zeegebied naar het noorden. Processierupsen hebben irriterende brandharen. Contact met de brandharen van de rups kan verschillende typen reacties veroorzaken: mechanische/toxische irritatie, een niet-allergische of pseudo-allergische reactie en een allergische reactie. In 2008 is door Jans en Franssen een schatting gemaakt dat zo'n 80.000 Nederlanders ieder jaar gezondheidsklachten ervaren na contact met de eikenprocessierups (Jans en Franssen, 2008).

Er is veel aandacht voor het bestrijden van de processierups. In 2020 en 2021 hebben de GGD'en veel minder meldingen en klachten binnengekregen van klachten door de eikenprocessierups dan in 2019. Het Kennisplatform Processierups constateert dat burgers zich veel meer bewust lijken van de aanwezigheid en gezondheidsrisico's die samenhangen met de eikenprocessierups, want het aantal meldingen van nesten was nog steeds groot (met name in het noorden². Betere voorlichting, (preventieve) bestrijding alsook andere weersomstandigheden zijn factoren die mogelijk verklaren waarom er minder overlast was dan in 2019.

1. *Wat is de omvang en de ernst van gezondheidsklachten door de processierups? - niveau 3*
Hoeveel mensen hebben milde klachten zoals huidirritatie of jeuk? Hoe vaak komen ernstige reacties voor zoals permanente oogschade, ernstige allergische reacties en/ of anafylactische shock voor? Deze data is nu nog niet goed uit de huidige registraties te halen.
2. *Welk effect heeft klimaatverandering op het aantal processierupsen? - niveau 2*
Onder de huidige omstandigheden doet de eikenprocessierups het goed, maar blijft dit effect ook als klimaatverandering doorzet? Is er sprake van een structurele toename of zijn het incidentele pieken vanwege gunstige weersomstandigheden voor de rups? Het weer in het voorjaar en in de zomer is een grote factor bij de overlast: ontwikkeling eikenblad, uitkomen rupsen, voedsel predatoren, hoge temperaturen en wind zorgen voor grotere verspreiding van brandharen, etc.
Daarnaast speelt nog een cyclisch effect (iedere 5-6 piekt het

² [Veel minder eikenprocessievlinders | Processierups](https://processierups.nu/veel-minder-eikenprocessievlinders/) <https://processierups.nu/veel-minder-eikenprocessievlinders/>

aantal rupsen, zo lijkt het nu). Komen andere rupsen, zoals de dennenprocessierups, straks meer voor? Hier speelt biodiversiteit en inrichting ook nog een rol. Wat is de rol van (veranderingen in) biodiversiteit en inrichting? Zowel het aantal natuurlijke vijanden als het voorkomen van eikenbomen speelt een rol.

2.2 Mentale gezondheid

2.2.1 Introductie op het thema

Mentale gezondheid in relatie tot klimaatverandering is een relatief nieuw onderwerp waar recent meer onderzoek naar is gedaan, maar waar ook nog veel onbekend is. Voor dit plan van aanpak was daarom eerst een literatuuronderzoek nodig waaruit de kennisvragen zijn geformuleerd. Vervolgens zijn gesprekken gevoerd met experts (in binnen – en buitenland) uit dit werkveld, om de vragen verder aan te scherpen.

Klimaatverandering kan de mentale gezondheid en het emotionele welzijn op verschillende manieren beïnvloeden. In de wetenschappelijke literatuur wordt vaak onderscheid gemaakt tussen de effecten van 1) acute gebeurtenissen of rampen gerelateerd aan extreem weer (bijv. overstromingen, bosbrand); 2) subacute of lange termijn veranderingen (bijv. droogte); en 3) de algehele dreiging van langdurige veranderingen door klimaatverandering (Palinkas & Wong, 2020). Dus, mentale gezondheidseffecten kunnen voortkomen uit één traumatische gebeurtenis, maar ook het jaar in jaar uit meemaken van langdurige veranderingen. Mentale gezondheidseffecten kunnen direct zijn, doordat men zelf de gevolgen van klimaatverandering meemaakt. Maar de effecten kunnen ook indirect zijn, doordat men zich bewust is van, of getuige is van, de effecten van klimaatverandering (zonder dit uit de eerste hand mee te maken) (Lawrance et al., 2021). De gevolgen voor de mentale gezondheid en het emotionele welzijn kunnen zich uiten als, o.a. verhoogde angst en stress, depressie- en angststoornissen, posttraumatische stressstoornis, slaapproblemen, toename in agressief gedrag, gevoel van angst en spanning voor de toekomst, suicide (Palinkas & Wong, 2020).

Klimaatverandering heeft een significante impact op de mentale gezondheid op meerdere facetten (Lawrence et al., 2021). Daarnaast hangen vrijwel alle bedreigingen voor de fysieke gezondheid die linken aan klimaatverandering samen met negatieve effecten voor de mentale gezondheid. Dus, de verwachting is dat er een toename zal zijn in de behoefte aan geestelijke gezondheidszorg (Lawrance et al., 2021). Desondanks is er tot op heden weinig aandacht voor de impact van klimaatverandering op de mentale gezondheid in de maatschappij, onderzoek en beleid (Palinkas & Wong, 2020; Lawrance et al., 2021; Berry et al., 2010). Dit is ook zichtbaar in het gebrek aan onderzoek in de Nederlandse context en de vele kennisvragen die nog open staan op het gebied van mentale gezondheid en klimaatverandering.

2.2.2 Prioritaire kennisvragen

Na de prioritering van vragen zijn twee subthema's naar voren gekomen. Kwetsbare groepen en weerbaarheid en niet-acute klimaatverandering en de algemene dreiging van klimaatverandering:

Onderzoek naar kwetsbare groepen en weerbaarheid

1. *Welke individuen/groepen lopen een groter risico voor negatieve mentale gezondheidseffecten door klimaatverandering? (bijv. kinderen/jongeren/ouderen; mensen met bestaande psychische aandoeningen; mensen betrokken bij hulpverlening bij rampen en incidenten; agrarische sector; geografische verschillen). – niveau 2*
2. *Waarom ervaren bepaalde individuen/groepen meer negatieve mentale gezondheidseffecten door klimaatverandering? Hebben zij bepaalde kwetsbaarheden en waar komen die vandaan? – niveau 3*
3. *Welke factoren dragen eraan bij dat individuen/groepen weerbaar zijn tegen de negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering? – niveau 3*

Naast deze brede vragen is het in de Nederlandse context ook relevant om onderzoek in te richten op de agrarische sector. Van de beroepsgroepen in Nederland is de verwachting dat met name mensen in de agrarische sector kwetsbaar zijn voor gevolgen op de mentale gezondheid. Financiële gevolgen door oogstverlies vanwege extreem weer (droogte, wateroverlast) is een voorbeeld waardoor boeren hard geraakt worden. De volgende onderzoeksvragen kunnen dan worden gesteld:

4. *Komen mentale gezondheid problemen en/of indicatoren meer voor bij agrariërs dan in de algemene populatie? – niveau 3*
5. *Welke klimaatfactoren zijn hier het meest van belang (bijv. hitte) en in hoeverre is dit afhankelijk van het type bedrijf? – niveau 3*

Onderzoek naar niet-acute (langetermijn) klimaatverandering en de algemene dreiging van klimaatverandering

6. *Welke verwachte mentale gezondheidseffecten hangen samen met niet-acute klimaatverandering (bijv. zeespiegelstijging, temperatuurstijging)? Deze gevolgen van klimaatverandering hebben overeenkomstig dat zij langzaam beginnen en samenhangen met verschillende noodsituaties (zoals droogte), de gezondheidsimpact is vaak indirect en wordt nog weinig onderzocht. Zo is er nog weinig bekend over de impact van droogte op de mentale gezondheid in Nederland. – niveau 2*
7. *Welke verwachte mentale gezondheidseffecten (bijv. eco-emoities zoals ecological anxiety, ecological grief en solastalgia) hangen samen met de algemene dreiging van klimaatverandering? – niveau 2*

De vele indirecte en latente effecten en contextfactoren bemoeilijkt onderzoek naar de relatie tussen klimaatfactoren en mentale gezondheid, dit geldt ook voor niet-acute klimaatverandering en de algemene dreiging van klimaatverandering. Desondanks is er vanuit beleid en wetenschap een vraag naar meer kennis over de mogelijke mentale gezondheidseffecten die samenhangen met deze gevolgen van klimaatverandering. Het zal bij onderzoek dus minder gaan om het aanwijzen van causale verbanden, en meer om het in kaart brengen van mogelijke relaties (en kwetsbare groepen/interventies). Ook kan er worden gekeken naar de lessen die geleerd kunnen worden uit andere langslpende incidenten en crises.

2.3 Infectieziekten

2.3.1 *Introductie op het thema*

Veel ziekteverwekkers (pathogenen) en vectoren zijn klimaatgevoelig. Ook overdracht en blootstelling (via vectoren, milieu en voedsel) worden beïnvloed door klimaatfactoren zoals temperatuur en luchtvochtigheid. Klimaatverandering zal daarom leiden tot veranderingen in infectieziekten, en gerelateerde ziektelast. Dit komt zowel door effecten op infectieziekten die al in Nederland voorkomen, als door mogelijke effecten op de opkomst en vestiging van nieuwe infectieziekten. Klimaatverandering zal door een combinatie van factoren tot deze effecten leiden. Bijvoorbeeld klimaatgevoeligheid van de ziekteverwekker en veranderingen in gedrag dat kan leiden tot blootstelling.

Zoals beschreven in het rapport van Hall et al. (2021) is klimaatverandering al gerelateerd aan geobserveerde ontwikkelingen in het voorkomen van een aantal infectieziekten die ook voor Nederland relevant zijn. Belangrijke voorbeelden, waarvoor ook projecties van toekomstige risico's bestaan, zijn infecties door *Vibrio* soorten (bacteriën die ziekmakend kunnen zijn) en de ziekte van Lyme. Voor de meeste infectieziekten (in Nederland) is dergelijk onderzoek echter nog niet uitgevoerd. Verwachtingen over effecten van klimaatverandering kunnen hierdoor nog niet altijd (kwantitatief) onderbouwd worden. Dit maakt het moeilijk om te anticiperen op toekomstige infectieziektenrisico's.

2.3.2 *Prioritaire kennisvragen*

Aan de basis staan de openstaande kennisvragen over infectieziekten en klimaatverandering die eerder in kaart zijn gebracht in Huynen et al. (2019) en Hall et al. (2021).

Binnen het kader infectieziekten kunnen verschillende sub-thema's onderscheiden worden zoals vector-, milieu- en voedseloverdraagbare infectieziekten. Het uiteindelijke doel voor al deze thema's is om te komen tot (integrale) ziektelastschattingen onder verschillende klimaatscenario's, en voor alle thema's moeten hiervoor dezelfde hoofdvragen beantwoord worden:

1. *Hoe worden relevante ziekteverwekkers beïnvloed door klimaatfactoren zoals temperatuur of UV-straling (klimaatgevoeligheid)? – niveau 3*

Op basis van beschikbare wetenschappelijke informatie moet in kaart worden gebracht welke ziekteverwekkers – met relevantie voor Nederland – klimaatgevoelig zijn, welke klimaatfactoren een rol spelen in deze klimaatgevoeligheid, en hoe deze klimaatgevoeligheid zich verhoudt tot verwachte klimaatverandering in Nederland.

2. *Wat zijn de belangrijkste onderliggende (klimaatgevoelige) mechanismen voor de (verandering in de) verspreiding van deze ziekteverwekkers en gerelateerde ziekten? – niveau 3*

Het effect van klimaatverandering op infectieziekten komt tot stand door verschillende factoren. Om een goed beeld te krijgen van dit effect moeten deze factoren integraal onderzocht worden. Voor relevante ziekteverwekkers moet worden uitgezocht welke mechanismen leiden tot klimaatgevoeligheid (en dus een effect

van klimaatverandering). Hierbij moet rekening worden gehouden met directe en indirecte effecten: effecten op de ziekteverwekker zelf, het vóórkomen van de ziekteverwekker, het transmissieproces, en blootstelling (gedrag). Er moet zoveel mogelijk uit worden gegaan van bestaande modellen (zoals CC-QMRA; Schijven et al., 2013) die deze processen al in kaart hebben gebracht.

3. *Wat zijn de huidige en toekomstige risico's en ziektelast van infectieziekten? – niveau 3*
4. *Wat is de invloed van klimaatverandering op de risico's en ziektelast? – niveau 2*

Bovenstaande vragen kunnen gevat worden in een model waarmee infectierisico's en ook ziektelast integraal berekend kunnen worden. Een compleet model kan bijvoorbeeld bestaan uit een module die de aanwezigheid van ziekteverwekkers in oppervlaktewater berekent en een onderdeel dat risico op blootstelling of infectie door recreatie in water kan bepalen. Voor veel infectieziekten is het een uitdaging dat de huidige ziektelast vaak onbekend is. Dit maakt extrapoleren naar de toekomst lastig. SPR project WATCHURG (RIVM intern project) werkt draagt aan deze kennis bij. Modellen die geschikt zijn om toekomstige ziektelast te bepalen kunnen echter ook gebruikt worden om de huidige ziektelast (voor specifieke transmissieroutes) te bepalen. Waar nodig zou onder deze vraag dus ook de bepaling van een 'baseline' kunnen vallen. Het model moet voor de toekomst worden toegepast onder verschillende klimaatscenario's. Een bestaand model waar in het onderzoeksprogramma op kan worden voortgebouwd is de *Climate Change Quantitative Microbial Risk Assessment* (CC-QMRA; Schijven et al., 2013). Dit is een tool ontwikkeld en toegepast door RIVM en ECDC voor berekening van toekomstige risico's van verschillende water- en voedseloverdraagbare infectieziekten in een Europese context.

Prioritering moet plaatsvinden bij de keuze tussen de ziekteverwekkers of infectieziekten waarvoor deze vragen worden uitgewerkt. Dit moet gebeuren tijdens de uitwerking van het onderzoeksprogramma. Om te prioriteren moet behalve met klimaatgevoeligheid ook rekening gehouden worden met andere zaken. Belangrijk zijn onder andere de huidige impact van een ziekteverwekker in Nederland, en de al beschikbare wetenschappelijke informatie over toekomstige risico's en/of methoden om dit te onderzoeken. Dit laatste zal in 2022 volgen uit het SPR project Gezonder Klimaat (RIVM intern project).

Daarnaast zal mogelijk ook geprioriteerd moeten worden op de transmissieroute. Veel ziekteverwekkers hebben verschillende transmissieroutes die in verschillende mate bij kunnen dragen aan de uiteindelijke ziektelast. Infecties door *Campylobacter* in Nederland worden bijvoorbeeld hoofdzakelijk veroorzaakt door consumptie van besmet voedsel, maar kunnen ook ontstaan als gevolg van zwemmen in vervuild oppervlaktewater. Bij selectie van transmissieroutes wordt ook gekeken naar andere thema's omdat er kansen zijn voor integrale ziektelastschattingen. Recreatie in oppervlaktewater is bijvoorbeeld een

risicofactor voor het oplopen van wateroverdraagbare infectieziekten, maar ook voor blootstelling aan UV-straling.

2.4 UV-straling en huidkanker

2.4.1 Introductie op het thema

Ultraviolet straling (UV-straling) is afkomstig van de zon en heeft zowel positieve als negatieve gezondheidseffecten voor de huid van mensen. Een positief effect is dat UV-straling de productie van vitamine D stimuleert, wat nodig is voor gezonde botten en spieren. Daar staat tegenover dat UV-straling er op de korte termijn ook voor zorgt dat de huid verbrandt en sneller verouderd. Op de lange termijn is het één van de belangrijkste oorzaken van huidkanker. De hoeveelheid UV-straling in Nederland is in de afgelopen decennia toegenomen. Voor een deel komt dit doordat de beschermende werking van bewolking (en luchtvervuiling) is afgenomen. Een tweede oorzaak is dat de ozonlaag dunner is geworden. Onder invloed van klimaatverandering zal zowel de hoeveelheid UV-straling die de grond bereikt veranderen (de zonkracht), maar ook de blootstelling zal veranderen (hogere temperaturen leidt waarschijnlijk tot meer buitenrecreatie, met als gevolg meer blootstelling).

Doelgroepen

Sommige groepen hebben een hogere blootstelling dan anderen en sommige groepen zijn gevoeliger dan andere. Bij UV-blootstelling gaat het met name om kinderen/jongeren, buitenwerkers, buitensporters/sportpubliek en zonanabidders/zonbankgebruikers.

2.4.2 Prioritaire kennisvragen

In deel 3.4 zijn alle kennisvragen voor UV-straling uitgewerkt. Voor UV-straling is er een groot aantal kennisvragen. Een groot deel van deze vragen zijn onderdeel van een kennisbasis die ongeacht de invloed van klimaatverandering nu onbekend zijn (niveau 3 vragen). Deze basis moet eerst worden onderzocht voordat de invloed van klimaatverandering op de gezondheidseffecten bekend kunnen zijn.

1. Wat is de impact van klimaatverandering op UV-blootstelling en ziekte? – niveau 2

Dit is de algemene overkoepelende vraag die bestaat uit diverse deelvragen. Hoe gaat klimaatverandering (temperatuur, zonneschijn, bewolking) de hoeveelheid beschikbaar UV en het blootstellingsgedrag de komende decennia beïnvloeden? Betekent meer zon ook meer blootstelling? Of gaan mensen met het toenemen van het aantal zomerse dagen hun gedrag aanpassen en is de blootstelling onveranderd? Of ontstaat gewenning? Wat zal de precieze bijdrage worden van veranderende blootstelling aan het ontstaan van huidkanker? Hoe verhoudt deze verandering in blootstelling door klimaatverandering zich tot veranderende blootstelling in verband met het herstel van de ozonlaag door het Montreal Protocol? Hoeveel komt door veranderingen in bewolking? Hoeveel door gedragsveranderingen? Zijn er regionale verschillen, bijvoorbeeld door veranderingen in bewolking in het binnenland en aan de

kust? Zijn er bepaalde bevolkingsgroepen waar de risico's extra toenemen?

2. *Wat zijn de kosten van effecten van UV-straling (nu en) in de toekomst? – niveau 3*

3. *Wat verklaart de waargenomen trend in de Nederlandse huidkankerregistratiecijfers? – niveau 3*

Er zijn veel redenen die de waargenomen trend kunnen verklaren. Gedrag kan hier een verklaring aan geven. Zijn mensen bijvoorbeeld meer blootgesteld aan zonlicht omdat ze blotere kleding dragen? Of zijn mensen minder gewend aan de zon omdat we binnen werken en ineens naar buiten gaan. Of hebben mensen meer vrije dagen waarbij ze de zon opzoeken? Het zou ook kunnen dat er minder bewolking is geweest, dat het gat in de ozonlaag een rol speelt. Daarnaast kan de methode van registratie ook anders zijn omdat de diagnostiek is verbeterd of meer mensen naar de huisarts gaan met plekjes op de huid.

4. *Wat is de dosis-effectrelatie voor de verschillende vormen van huidkanker? – niveau 3*

Uit epidemiologisch, genetisch en epigenetisch onderzoek zijn vele aangeboren en opgelopen risicofactoren gebleken voor huidkanker. Maar wat is het mechanisme? Hierbij moet duidelijk worden welke dosismaat maatgevend is, hoe het DNA-schadetempo samenhangt met andere lichaams- en omgevingsparameters en hoe de herstellende kracht van de verschillende reparatiemechanismen wordt beïnvloed door deze parameters. De typische tijdschalen van de DNA-reparatiemechanismen zitten in de range van 'een paar uur' tot 'ongeveer een dag'. Deze integratietijden zouden wel eens belangrijk kunnen zijn (Ibuki et al., 2021). Is via dosimetrie een betere blootstellingsschatting te geven voor bepaalde groepen, bijvoorbeeld buitenwerkers, waarmee dan de huidkankerrisico's voor deze speciale groepen objectiever zijn te linken aan blootstelling? Dit met het oog op preventie en te meten of de blootstelling van de doelgroep hierdoor verandert. En wat is de invloed van (veranderende) temperatuur op de effecten van UV-straling, met name het carcinogene effect? Er is ook behoefte aan onderzoek naar een mogelijk gecombineerd gezondheidseffect van UV-straling, luchtverontreinigende stoffen en meteorologische factoren.

5. *Wat zijn de voor gezondheid relevante UV-dosismaten? – niveau 3*

Wat zijn de beste fysische maten om de hoeveelheid UV-straling te duiden als het gaat om de verschillende gezondheidsrisico's? Nu wordt gemeten hoeveel zonnestrallen door een horizontaal vlak gaan, en wordt ze vervolgens gewogen met hoe effectief elke kleur UV in die stralen is om zonnebrand te veroorzaken. Waarschijnlijk is de hoeveelheid stralen door een bol of cilinder een veel betere maat voor de UV-belasting van mensen die in de regel staan of zitten. De hoeveelheid UV wordt ook steeds als som over een bepaalde periode gepresenteerd: een dag, maand of jaar. Voor sommige vormen van huidkanker is dit een redelijke methode, maar voor andere gezondheidseffecten vermoedelijk niet. Andere maten, zoals een hoog dosistempo gedurende korte tijd of aantal episodes van huidverbranding, zijn ook denkbaar als maatgevend voor het risico. De spectrale verdeling gedurende de dag kan

bepalend zijn voor het effect van de blootstelling. En er zijn andere gezondheidseffecten dan alleen op de huid, zoals bijvoorbeeld onderdrukking van het immuunsysteem en vatverwijding/bloeddrukverlaging. Daar zijn misschien andere UV-dosismaten voor nodig.

6. *Hoe werkt gewenning/aanpassing van de huid aan herhaalde UV-blootstelling? – niveau 3*

De huidskleur van mensen past zich na zeer veel generaties geleidelijk aan aan de plaats op aarde waar ze wonen: donkere huid dicht bij de evenaar en bleke huid wat meer naar de polen (Chaplin, 2004). Het idee is dat dit nodig was om de vitamine-D productie te optimaliseren. Nu migreert de mens veel sneller over de planeet. Toch is onze huid nog wel degelijk in enige mate in staat te wennen aan de zon. Maar hoe werkt gewenning/aanpassing van de huid aan herhaalde UV-blootstelling? Hoe is huidverdikking en -pigmentatie te modelleren? Een gewende huid is dikker en donkerder. Hierdoor is ze beter bestand tegen nieuwe UV-blootstelling. Dit natuurlijke beschermingsproces is nog niet kwantitatief beschreven. Hoe zou je optimaal kunnen werken aan de in de lente geadviseerde “geleidelijke gewenning” van de bleke winterse huid om de huid weerbaar te maken tegen hoge zonkracht? Bij kans op verbranding adviseert het RIVM en maatschappelijke partners om jezelf te beschermen tegen de zon door uit de zon te blijven, buiten UV-werende kleding te dragen en te smeren met minstens factor 30. De meeste mensen zitten het grootste gedeelte van de dag binnen, op hun werk of op school waardoor de huid niet kan wennen. Er is nu geen handelingsperspectief, want we weten niet hoe het zit. Hierdoor zijn de adviezen misschien overmatig beschermend. Zal de huid gewend raken aan klimaatverandering?

7. *Wat was de historische UV-blootstelling over de afgelopen 100 jaar? – niveau 3*

Wat is het historische blootstellingsgedrag over de afgelopen 100 jaar geweest van Nederlanders? Dit is nodig om de claim te onderbouwen dat gedragsverandering de belangrijkste verklaring is voor de onverklaarde factor 2 toename (naast vergrijzing) in de huidkankertrend sinds 1990.

8. *Wat is de daadwerkelijke blootstelling van Nederlanders aan UV straling? – niveau 3*

Wat is de daadwerkelijke blootstelling van Nederlanders aan UV straling? De huidige modellering van huidkankerrisico is gebaseerd op de “beschikbare UV-dosis”, dat wil zeggen die hoeveelheid UV die bij een vrije horizon invalt op een plat vlak. Mensen zijn echter niet de gehele tijd buiten, lopen door stad en natuur met niet-vrije horizon, dragen kleding en zonnebrandcrème. Zo lopen we maar een fractie op van wat beschikbaar is. Hoe groot is die fractie? Ook staan de verschillende huddelen niet vlak horizontaal, maar in allerlei scheve standen, waarbij de kruin meestal meer vangt dan de voeten. Wat is de werkelijke blootstelling van de verschillende huidgedeelten van de mens? Bijzondere interesse gaat uit naar kinderen, buitenwerkers, sporters (en hun publiek) en zonaanbidders/zonnebankgebruikers. Bij de karakterisering willen

we zowel de chronische blootstelling in kaart brengen, als ook de episodes van verbranding, verdeling over de dag, de week, het jaar, blootgestelde huidgedeelten. Hierbij zijn de spectrale "ambient UV"-metingen van het RIVM te gebruiken. Kunnen we een activiteitenmatrix maken die per activiteit de typische blootstelling karakteriseert?

9. *Is iedereen ongeveer even gevoelig voor het oplopen van huidkanker of is de populatie heterogeen? – niveau 3*
Dit maakt uit voor je boodschap. Kan het one-size-fits-all? Of moet het individueel? Of op de meest kwetsbare groepen? De uitleg die op radio en TV wordt gegeven bij zonkracht is vaak ook alleen gebaseerd op het risico voor mensen met huidtype II (verbrandt snel, wordt langzaam bruin).
10. *Welke stedelijke structuren en welke vormen van beplanting zijn het meest geschikt om UV-straling (en warmte) onder welke omstandigheden in verschillende omgevingen tot een minimum te beperken en welke wetten moeten dan gemaakt of aangepast?*
Preventie van huidkanker door stadsplanning en stadsontwerp speelt nog steeds een ondergeschikte rol in Nederland. Daarom moeten doeltreffende maatregelen worden vastgesteld en moeten de voorwaarden worden geschapen voor de toepassing ervan. Het is bekend dat aanpassingsmaatregelen ter vermindering van de UV-belasting synergie-effecten met zich meebrengen die ook samengaan met een vermindering van de warmtelast. Daarom moet eerst worden bepaald in welke deelruimten en structuren de te verminderen UV-stralings- (en warmte-) belasting optreedt. Aangezien niet elke vorm van beschaduwing of inrichting van het oppervlak geschikt of wenselijk is voor elke deelruimte, moet worden verduidelijkt welke structureel-technische maatregelen en welke vormen van beplanting het best in gemeenschappen kunnen worden geïntegreerd. Daartoe moet de UV-beschermingsfactor worden bepaald. Vooral de vraag naar de aanvaarding van verschillende vormen van UV-bescherming in de fysieke omgeving door de bevolking, maar ook door politici en besluitvormingsorganen, is belangrijk. Voor de noodzakelijke planningseisen en veiligheid moet ook worden nagegaan of en zo ja, welke wetten en regelingen moeten worden gecreëerd of aangepast. Hoe het themagebied "bescherming tegen UV-straling (en warmte) in de steden" in de taken en besluiten van lokale instanties en autoriteiten kan worden geïntegreerd. En wat tot nu toe de omgang met en de routines op dit themagebied zijn, eventueel ook in landen met meer ervaring.

2.5 Temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten

2.5.1 *Introductie op het thema*

Een van de gevolgen van klimaatverandering is dat de aarde gemiddeld steeds warmer wordt. Er zullen bovendien meer weersextremen plaatsvinden zoals hittegolven maar mogelijk ook koude extremen. Deze veranderingen in temperatuur hebben gevolgen voor de gezondheid. Hittegolven leiden onder meer tot vroegtijdig overlijden van ouderen en mensen met een zwakke gezondheid. Er is echter nog veel onduidelijk

wat betreft de (te verwachten) temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten.

2.5.2 *Prioritaire kennisvragen*

Voor het thema temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten worden hier de (prioritaire) kennisvragen beschreven die relevant zijn binnen de Nederlandse context. De kennisvragen zijn opgehaald uit de Kennisagenda (Huynen et al., 2019) en het rapport van Hall et al. (2021). Deze vragen zijn voorgelegd aan experts op het gebied van temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten als gevolg van klimaatverandering. In de volgende stukken worden de kennisvragen beperkt toegelicht. In deel 3.5 wordt voor deze vragen een nadere uitwerking beschreven hoe daar in onderzoeksvorstellen invulling aan kan worden gegeven.

De vragen zijn onder te verdelen in de volgende inhoudelijke subthema's: huidige en toekomstige ziektelast van temperatuur (extremen, hitte en koude), risicofactoren en kwetsbare groepen en samenhang tussen gezondheidseffecten van koude en hitte.

Huidige en toekomstige ziektelast

1. *Wat zijn de huidige en toekomstige gezondheidseffecten (sterfte, ziekte, welzijn, hitteklachten) van temperatuur (extremen, hitte en koude) in Nederland onder verschillende (klimaat)scenario's?* - niveau 2
 - a. *Bij welke binnen- en buitentemperaturen worden op dit moment in Nederland gezondheidseffecten gerapporteerd?* - niveau 3
 - b. *Wat zijn de toekomstige gezondheidseffecten van binnen- en buitentemperatuur in Nederland? Houd hierbij rekening met mogelijke toekomstige adaptatie/gedrag van mensen.* - niveau 3

Sterfte in relatie tot temperatuur(sveranderingen) is vaker onderzocht dan ziekte (morbiditeit) door temperatuur(sverandering) (Rocque et al., 2021). Er zijn in Nederland wel sterftecijfers beschikbaar (Centraal Bureau voor de statistiek (CBS)). De ziektelast door sterfte (DALY's) van warmtesterfte zal toenemen bij de onderzochte klimaatscenario's, terwijl de koudesterfte, enkel kijkend naar klimaatverandering, afneemt (Hall et al., 2021). Belangrijker voor koudesterfte is echter de vergrijzing. Oudere mensen gaan eerder dood aan kou dan aan hitte. Door de toenemende vergrijzing zal koudesterfte ook onder klimaatverandering groter blijven dan de warmtesterfte. Onder het extremere, minder waarschijnlijke, KNMI W_H klimaatscenario zou wellicht vanaf 2080 koudesterfte minder kunnen worden dan warmtesterfte. De impact van klimaatverandering op temperatuurgerelateerde sterfte zorgt in Nederland vooral voor een verschuiving van sterfte van de winter naar de zomer. Koude extremen nemen wel mogelijk toe.

Bij het onderzoeken van sterfte (in het verleden) dient in elk geval rekening gehouden te worden met het verschil tussen mannen en vrouwen (Folkerts et al., 2021). Vrouwen zweten bijvoorbeeld minder en overlijden eerder aan hitte dan mannen. Ook dient op de lange termijn

rekening gehouden te worden met de invloed van Corona op de sterftcijfers (Daanen et al., 2020).

Belangrijk is om naast de mortaliteit ook de morbiditeit in kaart te brengen, daar is nog relatief weinig over bekend. De auteurs van een review dat recent is gepubliceerd concluderen bijvoorbeeld dat er mogelijk een verband is tussen blootstelling aan hoge temperaturen en cardiovasculaire en respiratoire ziekten (Rocque et al., 2021).

Risicofactoren en kwetsbare groepen

2. *Wat zijn de effecten en effect modifiers van hitte en kou op gezondheid en klachten bij bepaalde hoog-risico groepen (o.a. ouderen, hartproblemen, medicatie, stedelijke hitte, beroepsbevolking) – niveau 3*

Het bepalen van relevante hoog-risico groepen is van belang om de vraag goed te kunnen beantwoorden. Meerdere hoog-risico groepen zijn te onderscheiden die relevant zijn voor het thema temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten. Dit wordt nader toegelicht in 3.5.

3. *Breng in kaart hoe de vochtbalans / de koelingscapaciteit van de mens afneemt tijdens veroudering (inclusief verschil man en vrouw). – niveau 3*
 - a. *Hoe snel kan een ouder persoon (70+) aanpassen aan een warme omgeving. Dit geeft informatie welke invloed de (korte) periode voor de hittegolf heeft op de effecten van hitte.*
 - b. *Welke hitte-indicator voor de hitte-blootstelling past het beste bij de kwetsbare ouderen? (lichaamstemperatuur, de bloeddruk, vochtverlies?).*

De mens is in staat om het lichaam te koelen door middel van zweet. Het vermogen om te zweten wordt groter naarmate er langer gewenning/adaptatie is aan de warme omgeving. Hierover is al een onderzoeksvoorstel bij ZonMw ingediend en gehonoreerd (o.a. dhr. Daanen). Bij nadere uitwerking van het onderzoeksprogramma is het goed om af te stemmen wat al gedaan wordt en wat eventueel aanvullend nuttig en nodig is.

Samenhang tussen gezondheidseffecten van koude en hitte

4. *Wat is de balans in vervroegde sterfte door kou versus hitte? – niveau 2*
 - a. *Wat is het effect van een koudeperiode en griepisode in de periode voorafgaand aan een hitteperiode op de oversterfte tijdens deze hitteperiode?*
5. *Wat is precies de oorzaak van verhoogde sterfte tijdens koude perioden? – niveau 3*
 - a. *Is er een directe relatie tussen griep en lage temperatuur, of is die relatie indirect, bijvoorbeeld omdat men juist meer tijd binnen doorbrengt in slecht geventileerde ruimtes?*

Onduidelijk is wat precies de oorzaak is van verhoogde sterfte tijdens koude perioden (Hall et al., 2021). Huynen et al. (2001) vinden een relatie tussen koudere temperaturen en zowel cardiovasculaire als respiratoire mortaliteit. Infectiegevoeligheid neemt toe, doordat koude

de weerstand van de slijmvliezen van de luchtwegen doet afnemen (Keatinge, 2002). Wat ook een rol kan spelen is dat mensen meer tijd met elkaar binnen doorbrengen, wellicht met onvoldoende ventilatie. Het is nog onduidelijk wat effectieve adaptatiemaatregelen zijn tegen koudensterfte.

2.6 Luchtkwaliteit

2.6.1 *Introductie op het thema*

Door luchtvervuiling kunnen luchtwegklachten en hart- en vaatziekten ontstaan en verergeren (Gezondheidsraad, 2018). Gemiddeld leven Nederlanders negen maanden korter als gevolg van vervuilde lucht³.

Het is te verwachten dat door klimaatmitigatie maatregelen als gevolg van het Klimaatakkoord fossiele brandstoffen worden uitgefaseerd. Neveneffect is dat dit de luchtkwaliteit verbetert aanvullend op reeds ingezette verbetering van de luchtkwaliteit door het luchtkwaliteitsbeleid in binnen- en buitenland. Denk hierbij aan elektrificatie van vervoer waardoor de uitstoot van fijnstof en stikstof ook wordt teruggedrongen. Anderzijds kan een toename van biomassa als alternatieve brandstof en gebruik van (particuliere) houtkachels bijdragen aan een slechtere luchtkwaliteit (Gooijer en Mennen, 2021). Per saldo wordt de luchtkwaliteit de komende jaren wel flink beter. Het Schone Lucht Akkoord mikt op 50% minder gezondheidsschade door luchtverontreiniging in 2030 ten opzichte van 2016.

De luchtkwaliteit wordt beïnvloed door klimaatverandering. Gedurende hittegolven en tijdens droogte is de luchtkwaliteit verslechterd. Hittegolven gaan vaak gepaard met verhoogde ozonconcentraties wat een negatief effect heeft op de luchtkwaliteit. Dit wordt ook wel zomersmog genoemd. Maar ook de hoeveelheid fijnstof in de lucht is groter omdat het niet uitregent. Het aandeel hittedoden dat overlijdt door verslechterde luchtkwaliteit is nog niet te onderscheiden van de mensen die sterven door de verhoogde temperatuur.

2.6.2 *Prioritaire kennisvragen*

Hierna zijn de kennisvragen die relevant zijn binnen de Nederlandse context beschreven. Deze zijn opgehaald uit de Kennisagenda (Huynen et al., 2019) en het rapport van Hall et al. (2021). Deze vragen zijn voorgelegd aan experts op het gebied van luchtkwaliteit en klimaatverandering. De prioritaire kennisvragen zijn onder te verdelen in de volgende inhoudelijke subthema's: huidige ziektelast, toekomstige ziektelast, binnenluchtkwaliteit, natuurbranden.

Huidige ziektelast (morbiditeit, mortaliteit)

1. *Wat is de impact op de gezondheid van veranderingen in buitenluchtkwaliteit in het verleden door klimaatverandering? - niveau 2*
 - a. *Wat was de impact van klimaatverandering in het verleden op de luchtkwaliteit? - niveau 3*
 - b. *Welke stoffen zijn het meest veranderd? - niveau 3*

³ Schone Lucht akkoord: <https://www.schoneluchtakkoord.nl/> geraadpleegd op 11 februari 2022

- c. *Met welke relevante gelijktijdige veranderingen en risicogroepen dient bij deze vraag rekening gehouden te worden? – niveau 3*
 - d. *Wat zijn de gevolgen voor onze gezondheid? – niveau 2*
Hierbij dient rekening gehouden te worden met relevante gelijktijdige veranderingen en risicogroepen. Hierbij kan gedacht worden aan dat de lucht schoner is geworden in de afgelopen eeuw (positieve effecten) versus dat er hierdoor meer licht in de leeflaag terecht komt waardoor wel meer gasomzettingen plaatsvinden/meer smogvorming /ozon (negatieve effecten). Maar ook de effecten van maatregelen van het klimaatakkoord.
2. *Wat zijn de risicorelaties voor andere gezondheidseffecten dan sterfte, zoals het optreden van hart- en longklachten, impact op astma op kinderen en ziekteverzuim tijdens hittegolven en smogepisoden? – niveau 2*

Trends in de ziektelast (bijvoorbeeld i.r.t. bevolkingsgroepen)

3. *Wat is de impact van veranderingen in buitenluchtkwaliteit in de toekomst door klimaatverandering op de gezondheid? – niveau 2*
- a. *Wat is de impact van toekomstige klimaatverandering op de luchtkwaliteit? – niveau 3*
 - b. *Welke stoffen gaat het dan om? Fijnstof, ultrafijnstof, stikstofoxiden, ozon, roet, andere stoffen? (geeft handvatten voor handelingsperspectieven) – niveau 3*
 - c. *Wat is de impact van langdurige droogte, meer neerslag, hogere temperaturen, windpatronen op fijnstofblootstelling? – niveau 3*
 - d. *Wat is de impact van bosbranden/natuurbranden op fijnstofblootstelling? – niveau 3*
 - e. *Zijn er regionale verschillen in veranderingen in de luchtkwaliteit? – niveau 3*
 - f. *Met welke relevante gelijktijdige veranderingen en risicogroepen dient bij deze vraag rekening gehouden te worden? – niveau 3*
 - g. *Wat zijn de gevolgen voor onze gezondheid? – niveau 3*

Om deze vraag te beantwoorden is als basiskennis het antwoord op vraag één nodig. In elk geval moeten de projecties voor de toekomstige effecten van luchtverontreiniging gecorrigeerd worden voor vergrijzing en verstedelijking (Hall et al., 2021; Huynen et al., 2019). Volgens de experts worden de toekomstige gezondheidseffecten en de baten van lucht- en klimaatbeleid nu onderschat. Maar door vergrijzing zal de bevolking gevoeliger worden en zal bij gelijkblijvende luchtkwaliteit de ziektelast substantieel toenemen.

Overige toekomstige gelijktijdige veranderingen waar ook rekening mee moet worden gehouden zijn o.a. de energietransitie, veranderingen in mobiliteit en landbouw, gedragsveranderingen n.a.v. klimaatverandering en het terugdringen van roken.

Binnenluchtkwaliteit

4. *Hoe verandert de binnenluchtkwaliteit? – niveau 3*
De binnenluchtkwaliteit wordt beïnvloed door de buitenlucht en

kan op die manier beïnvloed worden door klimaatverandering. De binnenluchtkwaliteit is daarnaast van belang omdat men tegenwoordig over het algemeen vaker binnen is vergeleken met vroeger, ongeacht klimaatverandering: men werkt vaker binnen en vrije tijd wordt door zowel kinderen als volwassenen vaker binnen besteedt. Bij zomerse dagen gaan mensen meer naar buiten, maar bij temperaturen boven de 30 graden blijven mensen juist weer meer binnen. Ook blijken de zorguitgaven veroorzaakt door binnenmilieu versus buitenmilieu hoger⁴.

Omdat huizen in het kader van de energietransitie beter geïsoleerd worden en gebruik wordt gemaakt van mechanische ventilatie is het ook goed hier rekening mee te houden in onderzoek. De binnenluchtkwaliteit hangt daarbij sterk af van wat de mensen in huis doen (koken, roken, kaarsen, etc.) en hoe ze ventilatiemogelijkheden gebruiken. Dat lijkt in eerste instantie belangrijker dan klimaatverandering. Maar binnenluchtkwaliteit speelt mogelijk wel een rol in het verband tussen infectieziekten en koudesterfte; de interactie tussen luchtkwaliteit en infectieziekten; en op de synergie temperatuur, luchtkwaliteit en allergenen. Omdat het een rol speelt in de ziektelast bij de overkoepelende thema's kan dit onder de overkoepelende vragen in deel 1 meegenomen worden.

Verder is het goed om onderscheid te maken tussen binnenlucht in huizen en op werkplekken. Werkplekken vallen onder ARBO-regels. In deel 3.6 wordt nog iets verder ingegaan op binnenluchtkwaliteit.

Natuurbranden

5. Zal de blootstelling aan natuurbranden toenemen en wat betekent dit voor de gezondheid? – niveau 2

Omdat er nog veel onzekerheid is over de toekomst van droogte in Nederland, is ook de frequentie van natuurbranden in Nederland onzeker. Vooral voor droogte en natuurbranden bestaat nog veel onzekerheid in de kans van voorkomen en daarom zijn de gezondheids- en veiligheidsrisico's ook nog onzeker. Maar experts op het gebied van natuurbranden verwachten wel dat natuurbranden in Nederland gaan toenemen en ook heftiger van aard worden. Dit kan leiden tot meer cardiovasculaire- en luchtwegaandoeningen. KNMI (2021) signaleert dat kans op droogte in het binnenland toeneemt door klimaatverandering, terwijl dit in het kustgebied door meer neerslag mogelijk kleiner blijft.

Relevante gezondheidsmaten zijn luchtwegklachten en aandoeningen, zoals astma, COPD, hoesten en longfunctie (Rocque et al., 2021). Er is beperkt bewijs gevonden voor een verband tussen blootstelling aan rook van bosbranden en luchtweg-specifieke sterfte en mogelijk cardiovasculaire-specifieke sterfte (Rocque et al., 2021).

⁴ VTV-2018 synthese | Leefstijl en omgeving <https://www.vtv2018.nl/leefstijl-en-omgeving> geraadpleegd 11 februari 2022

3 Thematische kennisvragen

In deel 2 zijn de onderzoekslijnen met de prioritaire kennisvragen beschreven.

Hier, in deel 3, worden de thematische kennisvragen die buiten de prioriteringscriteria of buiten scope zijn gevallen beschreven. Er zijn veel kennisvragen opgehaald per thema. Het overzicht van deze kennisvragen is erg waardevol en kan worden gebruikt als input voor onderzoek buiten de scope van het onderzoeksprogramma. Bijvoorbeeld in de uitwerking voor de andere prioritaire onderdelen uit de Kennisagenda die ZonMw organiseert.

3.1 Kennisvragen allergieën

Hooikoorts

1. *Kunnen automatische pollensamplers een rol spelen bij de informatievoorziening van de allergische patiënt?*
 - a. *De huidige pollentellingen worden microscopisch geanalyseerd en resultaten worden telkens van de week ervoor verkregen. Door klimaatverandering kunnen pollen maar ook andere bio-aerosolen in de lucht verschijnen. Recent zijn nieuwe automatische samplers ontwikkeld die real time pollen in de lucht kunnen monitoren, maar ook monitoring van andere bio-aerosolen wordt mogelijk in de toekomst. Deze automatische samplers zijn nog niet in Nederland in gebruik.*
 - b. *Zijn dergelijke real time metingen belangrijk om patiënten te helpen om hun symptomen efficiënt te managen? Of de hooikoortsverwachting te verbeteren?*
2. *Welke gezondheidswinst is te behalen voor hooikoortspatiënten door betere voorlichting, diagnose, medicijngebruik, en het gebruik van technische oplossingen (bijvoorbeeld horren, luchtzuiveraars, airconditioning).*

Processierups

1. *Is het mogelijk om een allergietestmethode te ontwikkelen voor processierups?*
2. *Is het te verwachten dat het gezondheidseffect van de processierups gaat toenemen/blijft bestaan of volstaat het huidige (of voorgenomen) beleid?*

Of de eikenprocessierups een versterkt gezondheidseffect gaat geven vanwege klimaatverandering is nog moeilijk in te schatten. Mogelijk is het huidige beleid van bestrijden, beheersen en beheren al genoeg om gezondheidseffecten in de toekomst tegen te gaan. Aan de andere kant kunnen we met piekjaren te maken krijgen waarbij bestrijding misschien niet genoeg is. Het verleden heeft ook laten zien dat als de aandacht voor bestrijding verslapt (periode na 2012) dit weer kan leiden tot een enorme overlast (piek in 2019). De kosten voor bestrijding is voor gemeenten namelijk aanzienlijk (input expert).

3. *Vraag van de experts: hoe verhoudt de inzet voor de beheersing/bestrijding zich tot vermeden zorgkosten of andere voorkomen schade?*

Huisstofmijt en schimmels

De aanwezigheid van huisstofmijt en schimmels in woningen is afhankelijk van vocht en temperatuur. Door klimaatverandering kunnen deze allergenen binnenshuis een (grotere) rol gaan spelen. De winters worden zachter en natter. Hierdoor neemt de temperatuur en de vochtigheid in huizen ook toe. Ook door hevigere buien met eventueel wateroverlast tot gevolg kan het vocht in huizen toenemen. Deze omstandigheden zijn gunstig voor huisstofmijten en schimmelgroei (Huynen et al., 2008). Hierdoor zullen mensen die gevoelig zijn voor huisstofmijt en schimmels meer last ondervinden. Betere isolatie van huizen in het kader van de energietransitie kan nog meer vocht- en temperatuurproblemen veroorzaken indien niet goed wordt geventileerd (Hall et al., 2021). Als het warmer wordt gaan mogelijk ook meer mensen een airconditioner gebruiken, ook dit kan invloed hebben op het binnenmilieu.

1. *Wat voor gevolgen hebben klimaatmitigatie maatregelen zoals beter isoleren op de vorming van schimmels en het voorkomen van huisstofmijt?*

Er is een monitoringssysteem nodig om het vóórkomen van huisstofmijt en schimmels in het binnenmilieu, en de klachten die zij veroorzaken, in de gaten te houden.

3.2 Kennisvragen mentale gezondheid

Voor het thema mentale gezondheid is een aanvullende literatuur studie gedaan. Onderstaande lijst kennisvragen vormt daarmee een aanvulling op de kennisagenda klimaat en gezondheid (ZonMw, 2019). Vanuit de wetenschappelijke literatuur komen de onderstaande kennisvragen naar voren waar op dit moment nog geen duidelijk antwoord op is of waar binnen Nederland geen (of weinig) onderzoek naar is gedaan. Een aantal van deze vragen zijn als prioritair geclassificeerd en staan in deel 2 al beschreven (eventueel iets anders verwoord). De overgebleven kennisvragen zijn onderverdeeld in 16 thema's: 9 inhoudelijke thema's en 7 methodologische thema's. De inhoudelijke thema's gaan over specifieke onderwerpen waar onderzoek op nodig is. De methodologische thema's gaan over de manier waarop onderzoek in de context van mentale gezondheid en klimaatverandering wordt uitgevoerd en welk type onderzoek ontbreekt, of welke verbeterpunten hierin zijn aan te wijzen.

Inhoudelijke thema's

Onderzoek naar weerbaarheid ('resilience') tegen de mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering

1. *Hoe kan weerbaarheid een buffer tegen stress vormen?*
2. *Hoe kan een gemeenschap/groep/individu weerbaarder worden?*
3. *Wat zijn factoren die bijdragen aan (het verhogen van) weerbaarheid?*

4. *Hoe kunnen (kwetsbare) individuen/groepen worden ondersteund om weerbaarder te worden tegen de negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering?*

Onderzoek naar interventies/behandelingen bijv. vormen van geestelijke gezondheidszorg)

Het onderzoek naar kwetsbare groepen en weerbaarheid heeft vooral meerwaarde als er ook onderzoek wordt gedaan naar interventies/behandelingen. De hoofdvraag is hoe we ons nu kunnen wapenen tegen de mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering en wat dit vraagt van ons als samenleving en aan de interventies/behandelingen die we daarop in kunnen zetten. Subacute en langdurige klimaatgerelateerde gebeurtenissen vragen mogelijk om de ontwikkeling en uitvoering van nieuwe vormen van geestelijke gezondheidszorg.

1. *Welke individuen/groepen hebben baat bij welke interventies/behandelingen om de negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering te voorkomen of verminderen? Wat is van belang bij de timing van deze interventies/behandelingen?*
2. *Wat moet er (naast huidige interventies/behandelingen op mentale gezondheid) worden gedaan om effectief in te gaan op de behoeftes van kwetsbare individuen/groepen?*
3. *Hoe kunnen we ons nu wapenen tegen de psychische effecten van klimaatverandering? Wat vraagt dit van ons als samenleving en aan de interventies die we daarop in kunnen zetten? Subacute en langdurige klimaatgerelateerde gebeurtenissen vragen om de ontwikkeling en uitvoering van nieuwe vormen geestelijke gezondheidszorg (bijv. planning rond verhuizing/evacuatie van gemeenschappen, aanmoedigen van positieve psychologische uitkomsten gelinkt aan klimaatverandering).*
4. *In welke domeinen bevinden zich de meest effectieve interventies/behandelingen op het gebied van mentale gezondheid en klimaatverandering? Interventies gericht op het voorkomen van de negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering raken alle beleidsdomeinen en zijn niet beslist beperkt tot interventies in het gezondheid- of psychosociale domein. Economische interventies kunnen bijvoorbeeld ook een rol spelen bij het voorkomen of het verminderen van de negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering (denk aan de planning rond verhuizing/evacuatie van gemeenschappen; financiële compensatie).*

Onderzoek naar positieve psychologische consequenties

1. *Welke factoren dragen bij aan 'adaptief emotioneel gedrag' en/of positief gedrag als het gaat om de mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering?*
2. *Wat zijn de effecten van verschillende mediarepresentaties van klimaatverandering op de mentale gezondheid? In hoeverre kan framing bijdragen om mensen 'empowered' (gesterkt/gesteund) te laten voelen?*

3. *In hoeverre zijn er kansen voor psychologische groei en ontwikkeling, vooral na rampen? Er zijn aanwijzingen uit eerder onderzoek dat rampen ook kunnen leiden tot positieve psychologische effecten in een gemeenschap, bijvoorbeeld een verhoogd gemeenschapsgevoel.*
4. *Zijn er ook positieve effecten van stijgende temperaturen op mensen met bestaande psychische klachten?*
5. *In hoeverre kan 'ecological anxiety/grief' leiden tot een toename in milieuvriendelijk gedrag of draagvlak voor klimaatbeleid?*
6. *Hoe kan ervoor gezorgd worden dat kinderen/jongeren een positief beeld hebben van een low/zero carbon toekomst? Hoe helpt dit beeld in het managen van angst rond de toekomst?*

Onderzoek naar causale verbanden

1. *Welke factoren verklaren de relatie tussen temperatuurstijging en suïcide (en andere negatieve mentale gezondheidseffecten)? Er is op dit onderwerp vooral weinig onderzoek in koudere klimaten.*
2. *Wat is de relatie tussen klimaatverandering en specifieke psychische, psychiatrische en neurobiologische symptomen? Met name met betrekking tot langdurige, subacute incidenten, en de algemene dreiging van klimaatverandering.*
3. *Waarom leidt de ene (klimaatgerelateerde) ervaring tot stress, terwijl een ander kan leiden tot een psychische aandoening? Anders gezegd: welke contextuele en kwalitatieve eigenschappen van ervaringen maken het onderscheid tussen negatieve mentale gezondheidseffecten in de vorm van stress en symptomen van een psychische aandoening?*
4. *Welke bijdrage levert het totale effect van acute/subacute incidenten en de algemene dreiging van klimaatverandering op de mentale gezondheid?*

Onderzoek naar niet-acute klimaatverandering

1. *Wat is de verwachte relatie tussen droogte en mentale gezondheid? Er is minder kennis over de mentale gezondheidsimpact van droogte vergeleken met bijv. overstroming, hitte en bosbranden. Er zijn vooral kwalitatieve inzichten over de emotionele gevolgen van droogte, maar rigoureuus onderzoek naar de potentiële impact van droogte op de mentale gezondheid ontbreekt. Hierdoor is het moeilijk de grote van het probleem in kaart te brengen en verschillende contexten te vergelijken. Onderzoek naar droogte en de mentale gezondheid is met name in Australië uitgevoerd, de vraag is of de uitkomsten van deze onderzoeken ook toepasbaar zijn in de Nederlandse context (o.a. vanwege het verschil in temperatuur en mate van droogte in beide landen).*
2. *Wat is de impact van andere geassocieerde 'extreme events': bijv. overstroming, hitte, op de relatie tussen droogte en mentale gezondheid?*

Onderzoek naar kwetsbare groepen (bijv. kinderen/jongeren/ouderen/boeren/mensen die moeten reageren bij rampen):

1. *Wat moet er (naast huidige interventies) worden gedaan om effectief in te gaan op de behoeftes van kwetsbare groepen?*
2. *Welke rol hebben bestaande psychische aandoeningen in de relatie tussen klimaatverandering en de mentale gezondheid?*

Onderzoek naar de sociale impact van klimaatverandering

1. *Hoe draagt klimaatverandering bij aan de verstoring van de sociale omgeving?*
2. *Hoe beïnvloed klimaatverandering sociale netwerken en/of dynamiek? Dit draagt ook bij aan kennis over welke interventies/middelen (op welk niveau) het meest positieve effect hebben op de mentale gezondheid.*
3. *Welke rol heeft groepsweerbaarheid (community resilience) en gemeenschapsgevoel bij het verminderen van mogelijke negatieve mentale gezondheidseffecten van klimaatverandering?*

Onderzoek naar overstromingen

1. *Wat zijn de verwachte mentale gezondheidseffecten van overstromingen bij rivieren? Er is minder bekend over de gevolgen voor de mentale gezondheid van overstromingen bij rivieren vergeleken met aan de kust, er is met name een gebrek aan kennis over de risicofactoren voor mentale gezondheidseffecten van evacuatie na overstroming in rijke landen.*

Onderzoek naar parallellen met andere type rampen en incidenten

1. *Wat zijn de parallellen tussen de mentale gezondheidseffecten door klimaatverandering en andere type rampen en incidenten (langslepend en kort)?*
 - a. *In hoeverre kunnen we kennis hierover toepassen op incidenten die te maken hebben met klimaatverandering? Bijvoorbeeld in relatie tot:*
 - b. *Groepsweerbaarheid (en het verhogen hiervan) bij een noodlottig ongeval of terreur.*
 - c. *De reacties, gevolgen en impact op populaties van extreme gebeurtenissen en/of rampen op korte, medium en lange termijn.*
 - d. *De impact van maatschappelijke reacties (bijv. verontwaardiging tegenover gekozen beleid en polarisatie in de samenleving) op de mentale gezondheid.*

Methodologische thema's

1. *Klimaatfactoren worden vaak losstaand onderzocht (bijv. als een incident gelinkt aan extreem weer) in relatie tot de mentale gezondheid. Maar in de context van de mentale gezondheid is het waarschijnlijk dat de effecten van verschillende klimaatfactoren overlappen en interacteren. Ook wordt in onderzoek naar de relatie tussen extreem weer en de mentale gezondheid vaak*

- geen link gelegd naar klimaatverandering. Dit brengt het risico met zich mee dat de rol van klimaatverandering op de mentale gezondheid geminimaliseerd wordt of over het hoofd gezien. Dit kan leiden tot een reactieve rampenbestrijding en voorkomt een effectieve adaptatie planning en voorbereiding op de complexe noodsituaties die klimaatverandering kan veroorzaken.
2. Het merendeel van onderzoek in de context van klimaatverandering en de mentale gezondheid is cross-sectioneel en retrospectief. Er is behoefte aan meer longitudinaal onderzoek (liefst met controle groepen, die geen rampen of incidenten hebben meegemaakt):
 - a. Er is onderzoek nodig naar de reacties, gevolgen en impact op populaties van extreme gebeurtenissen en rampen op de korte, medium en lange termijn. Er is een gebrek aan inzicht in de longitudinale effecten van incidenten en rampen als gevolg van klimaatfactoren op de mentale gezondheid. Longitudinaal onderzoek biedt inzicht in de timing en triggers van mentale gezondheidseffecten.
 - b. Het verzamelen van baseline gegevens in gebieden met veel overstromingen biedt de mogelijkheid om een beter inzicht te krijgen in de effecten op de mentale gezondheid over de tijd.
 - c. Het volgen van slachtoffers van incidenten en rampen is van belang om inzicht te krijgen in gevolgen van interventies.
 - d. Er is tot nu toe weinig aandacht voor het 'pre-disaster' stadium en de psychosociale fenomenen hierbinnen.
 3. Het is belangrijk om te kijken naar algemene ervaringen en symptomen in relatie tot mentale gezondheidseffecten en niet alleen een beperkte subset te meten (bijv. specifieke psychische aandoeningen). Niet alle mentale gezondheidsproblemen zijn gediagnosticeerd en mogelijk presenteren psychische klachten zich ook als lichamelijke klachten. Hiervoor zou bijvoorbeeld vragenlijst onderzoek kunnen worden gedaan naar een range van (mentale) gezondheidsklachten.
 4. Bij onderzoek en in de praktijk is een multimodale beoordeling nodig (interviews, self-report, fysiologisch) van de mentale gezondheid vanwege de verschillende vormen van stress na rampen.
 5. Het is van belang om met multidisciplinaire teams (psychologie, sociologie, epidemiologie etc.) te werken om de impact van een gebeurtenis op de mentale gezondheid te onderzoeken vanwege de complexiteit van de effecten. Hierbij is een gezamenlijk denkkader nodig om naar mentale gezondheid in de context van klimaatverandering te kijken (vanwege een gebrek aan een gezamenlijk taal, verschil in methodologieën). Dit is ook van belang in het kader van duidingen en advisering over wenselijke interventies.
 6. Een belangrijke uitdaging is wanneer en hoe de impact op de mentale gezondheid gerelateerd aan klimaatverandering gemeten kan worden (vanwege latente effecten en complexe interacties). Hierdoor is er onduidelijkheid over de grote van de effecten en causale verbanden. Hier is geen eenduidige oplossing voor en is ook inherent aan hoe mentale gezondheidsproblemen ontstaan (er is vaak niet één aanwijsbare oorzaak).

7. Burgerparticipatie zou een belangrijke rol kunnen spelen in het uitzoeken van welke impact klimaatverandering op de mentale gezondheid van de lokale bevolking heeft.

3.3 Kennisvragen infectieziekten

De kennisvragen voor infectieziekten zijn aan bod gekomen in paragraaf deel 2.3.

3.4 Kennisvragen UV-straling

Onderstaande kennisvragen zijn verzameld door raadpleging van experts. De kennisvragen zijn geclusterd op gezamenlijke subthema's; omvang probleem, dosis-effect relatie, gewenning, zonnebrandcrème, blootstelling, preventie, diagnostiek, voedsel en milieu.

Omvang probleem

1. *Wat is de proportie te voorkomen huidkanker in Nederland?*
Hoeveel gevallen van huidkanker kunnen we in de toekomst verwachten in Nederland onder het huidige klimaat en met klimaatverandering (uitgaande van onveranderd gedrag)? En welk deel hiervan is onvermijdelijk (bijvoorbeeld door erfelijkheid) en welk deel is te voorkomen (bijvoorbeeld door ander gedrag)?

2. *Wat is het totaal aan gezondheidsimpact door UV-straling?*
De focus ligt bij UV op huidkanker als belangrijkste negatief effect van UV-blootstelling. Andere korte- en langetermijneffecten zoals huidveroudering, immuunsysteemeffecten, bloeddrukverlaging en hoeveelheid vitamine-D kunnen beter in onderlinge samenhang onderzocht worden. Hoe verhoudt de ziektelast door UV zich ten opzichte van andere ziektelasten? Hoeveel gezondheidswinst komt door gunstige effecten van UV-straling, waar weinig aandacht voor is, maar waar te veel aanwijzingen voor zijn om ze te verwaarlozen? Wordt dit gecompenseerd door vitamine-D pillen of vervangt een pil het effect van echt zonlicht ervaren niet?

Dosis-effectrelatie

3. *Wat is de invloed van temperatuur op UV-dosis-respons?*
4. *Wat zijn de doelcellen voor het veroorzaken van huidkanker door UV?*
Om welke cellen gaat het? Stamcellen? Voorlopercellen? Waar bevinden zich deze cellen? Wat is de rol van de micro-omgeving, inclusief van exosomen? En wat kan je hieruit leren om huidkanker te voorkomen?
5. *Wat zijn nu de echte drijvers van basaalcelcarcinomen en melanomen naast UV-straling?*
De PTCH mutaties in basaalcelcarcinomen (BCC) en de hotspot mutatie in B-RAF bij melanomen lijken niet van een dominant UV-karakter. Of zijn ze toch van UV-origine? In tegenstelling tot voor plaveiselcelcarcinoom (SCC) zijn er voor BCC en melanoom geen diermodellen waarin deze vormen van huidkanker zonder meer geïnduceerd kan worden met alleen UV straling. In de

beschikbare diermodellen moeten de dieren eerst genetisch geprepareerd zijn om tumorontvankelijk te zijn. In onderzoek van Schanke et al. (2006) leverde UV-straling alleen in een paar wild-type muizen melanoom-verdachte schades op onder honderden moedervlekken in tientallen muizen. Moeten we hieruit concluderen dat UV-straling voornamelijk een "promotor" is bij deze tumoren, maar dat we de werkelijke oorzaak van melanoom en basaalcelkanker nog niet kennen? En zou preventie geholpen zijn met andere maatregelen dan alleen UV-blootstelling beperken? Geeft de notie dat UV-straling een pure promotor is aanleiding tot een ander actiespectrum, met andere woorden een andere respons op een verdunning van de ozonlaag?

6. *Waarom is de lethaliteit van melanomen groter bij mannen dan bij vrouwen?*

Letale melanomen zijn vooral een probleem van de oude man en geen probleem voor de jonge vrouw. Waarom is er meer letaliteit in de man dan de vrouw? Zie paragraaf 3.4 in Neale (2021).

7. *Bestaat donkere DNA-schade echt en zo ja wat is daar de impact van?*

De laatste tijd zijn er artikelen verschenen waarin wordt gemeld dat DNA nog urenlang schade oploopt nadat blootstelling aan UV al is gestopt. Het gaat om een UV-specifieke DNA-schade, die zowel na blootstelling aan UVA als UVB zou worden geïnduceerd. Het bestaan van deze "donkere DNA-schade" zou onze huidige aanbevelingen voor gezond gedrag overhoop kunnen gooien. Om zeker te weten of we onze voorlichtingsstrategie moeten omgooien, is het nodig het bestaan van deze donkere schade robuuster te bevestigen. Is dit soort geopperde schade geen meetfout, die ontstaat bij het klaarmaken van de monsters? De beschikbare literatuur meldt niets over reproduceerbaarheid per individu. Biologische reproduceerbaarheid per individu van de opwekking van donkere schade zou helpen om donkere DNA-schade serieus te nemen.

Gewenning

8. *Is er een gebruik van zonnebanken dat netto gezondheidswinst oplevert?*

Of kunnen deze toestellen maar beter verboden worden? Net zoals de zon kan een zonnebank een verhoogd risico op huidkanker geven. Van basaalcelcarcinoom en plaveiselcelcarcinoom is bewezen dat zonnebankgebruik hier het risico op verhoogt. Ook excessief zonnebankgebruik en risico op melanoom zijn causaal gelinkt. Voor gematigd zonnebankgebruik, waarbij je per keer ruim onder de 1 MED (minimale erytheem dosis) blijft, en melanoom is dit nog niet onomstotelijk bewezen. Hoe zit dit? En kan je op deze gematigde wijze een zonnebank gebruiken om alvast te wennen? Of geeft de overmaat aan UVA in het licht van solaria hier geen hulp omdat je huid er niet van verdikt? Zou een solarium met een ander spectrum wel werken?

Zonnebrandcrèmes

9. *Leiden de filters in de huidige zonnebrandcrèmes tot maximale gezondheidswinst?*

Filteren zonnebrandcrèmes het juiste deel van het UV-spectrum? Nadruk ligt nu op het onderdrukken van UVB, want dit geeft verbranding. Een zonnebrandcrème hoeft zelfs geen UVA-filter te hebben om toch te mogen worden verkocht. Om een UVA-logootje te mogen voeren hoeft een crème in de EU het UVA met slechts 1/3 deel te onderdrukken van de SPF waarmee het UVB wordt onderdrukt. UVA berokkent geen direct DNA-schade, maar maakt radicalen vrij die op hun beurt het DNA beschadigen. UVA heeft dus een secundair effect, maar grijpt ook aan op de vitamine-D productie in de huid. Sinds mei 2021 is bekend dat UVA-blootstelling het reparatiemechanisme NER uitschakelt, dat UVB-schade repareert (Ibuki et al., 2021).

10. *Wat is het effect van reëel zonnebrandcrèmegebruik?*

Uit onderzoek is gebleken dat mensen de helft tot een derde smeren van de aanbevolen dikte van 2 mg/cm², waarop in tests ook de SPF is gebaseerd. Wat betekent het voor je bescherming en blootstellingstijd als je bijvoorbeeld een SPF van 30 slechts 1/3 van de aanbevolen hoeveelheid smeert? De bescherming door een egaal grijsfilter daalt exponentieel met de laagdikte, die van de meeste commercieel verkrijgbare crèmes (met een focus op UVB-filtering en een zwak UVA-filter) zakt lineair.

Blootstelling

11. *Wat was de historische UV-blootstelling over de afgelopen 100 jaar?*

Dit is nodig om te claim te onderbouwen dat gedragsverandering de belangrijkste verklaring is voor de onverklaarde factor 2 (naast vergrijzing) in de huidkankertrend sinds 1990.

12. *Hoe kunnen we het risico van UV-blootstelling van verschillende categorieën buitenwerkers beter in kaart brengen en communiceren op basis van het bestaande onderzoek?*

Waar voor blootstelling in de privésfeer de risico's ook als privézaak worden gezien, ligt dit bij beroepsmatige blootstelling anders: de werkgever is er verantwoordelijk voor dat de werknemer afdoende wordt beschermd. Om de werkgever hiertoe in staat te stellen is het nodig de blootstellingspatronen van de verschillende typen beroepsmatig blootgestelden te kennen en uit te zoeken hoe de hiermee samenhangende risico's het best kunnen worden gecommuniceerd, als onderdeel van een persoonlijke risico-inventarisatie en evaluatie (RI&E).

13. *Kunnen we een biomarker vinden die individueel risico op huidkanker geeft?*

Een biomarker voor individueel huidkankerrisico zou kunnen worden gebruikt voor primaire en secundaire preventiemetingen en ook voor moleculaire epidemiologie. De identificatie van biomarkers in vloeibare biopsies (bloed, hersenvocht, urine...) in samenhang met UV-blootstelling en huidkankerrisico is een instrument met veelbelovende mogelijkheden.

Preventie

14. *Hoe ziet een optimale voorlichtingscampagne eruit?*
Wat kunnen we leren van ervaring in andere landen?
15. *Hoe komen we af van het beeld "een gezond kleurtje"?*
Hoe zorg je ervoor dat mensen uit de zon (willen) blijven en goed (willen) smeren? Eén van de problemen is dat een zongebruinde huid nog steeds als gezond ervaren wordt. Om beschermingsgedrag te bevorderen, is er eerst ook nog meer informatie nodig om dit (ongezonde) gedrag te kunnen begrijpen – dus, waarom beschermen mensen zich wel/niet en welke factoren in het individu en de omgeving hinderen/faciliteren dit gedrag? Hoe groot is die (impliciete) associatie tussen een gebruiende huid en gezondheid/schoonheid en waardoor wordt deze gevormd? Deze kennis zou dan ook weer kunnen leiden tot strategieën of interventies om deze associaties te verminderen.
16. *Doelgroepen: hoe krijg je mensen zo ver?*
Uit gedragsonderzoek is gebleken dat onverstandig UV-blootstellingsgedrag niet is te voorkomen met "meer kennis". Veel mensen weten precies wat ze niet moeten doen, maar ze doen het toch.
17. *Welke ervaring is in het buitenland opgedaan met schaduwcreatie en welk effect had dit?*
18. *Hoe kun je bevolkingsgroepen waar het risico door klimaatverandering extra zal toenemen extra beschermen?*
Welke maatregelen zijn effectief (schaduw creëren, zonnebrandcrème beschikbaar stellen, voorlichting, ...)? Zijn er maatregelen bij de ontwerp van steden, wijken, gebouwen die de blootstelling kunnen beperken? Zijn maatregelen relevant op nationaal niveau belangrijk, of juist erg lokaal?
19. *Kunnen ontaarde stamcellen gebruikt worden voor preventief en curatief ingrijpen?*
Wat is de rol van stamcellen - als plausibel doelwit in carcinogenese - in het ontstaan van huidkanker? Het gaat hierbij voor SCC om "quiescent cells" in de basale laag, voor BCC om adnexen van de epidermis (met name haarfollikels), en voor CM (cutaneous melanoma) om melanoblasten. Zouden deze ontaarde stamcellen een beter aangrijpingspunt zijn voor preventief en curatief ingrijpen?

Diagnostiek

20. *Wat is de waarde van screening op huidkanker in de klinische hoog-risico populatie?*
Om de gehele bevolking te gaan screenen zou misschien te duur kunnen blijken om kosteneffectief te zijn, maar geldt dit ook als alleen de hoog-risicogroepen worden gescreend?
21. *Zou een nationale huidkankerscreening kosteneffectief zijn?*

22. *Hoe kunnen we komen tot een betere diagnosestelling voor melanoom en een passender diagnose voor basaalcelcarcinoom?*
 Zoals bij alle huidkankers is ook bij deze tumoren de morbiditeit het voornaamste probleem, veel meer dan mortaliteit. Toch is de differentiatie tussen met name letale melanomen en niet-letale melanomen onvoldoende, waardoor veel te veel patiënten een ongenueanceerde diagnose "maligne melanoom" krijgen. Dit is over-diagnose, wat niet verwaarloosd mag worden vanwege de uitwerking (Welch et al., 2021). Hetzelfde geldt in verhoogde mate voor BCC; moet dit wel als een "kanker" gepresenteerd worden aan de betrokken patiënt? Formeel zou het wel een kanker betreffen, omdat de tumor uit zijn oorspronkelijke context breekt (de lederhuid binnendringt) maar uitzaaien doet deze tumor zo goed als nooit en is dus eigenlijk nooit levensbedreigend.
23. *Is de behandeling van patiënten met actinische keratosen (AK) zinvol ter preventie van plaveiselcelcarcinoom (PCC)?*
 Je kunt wachten totdat iemand PCC heeft en dan gaan behandelen. Of je kunt al eerder ingrijpen, namelijk als iemand actinische keratose heeft. Op de korte termijn is dit laatste duurder, maar op de lange termijn wellicht goedkoper en mogelijk erwinis levert vroegtijdig behandelen ook gezondheidswinst op, omdat de kans op blijvende genezing groter is. Wat is hierin wijsheid?
24. *Hoe kunnen we een betere validatie organiseren van apps voor opsporing van huidkanker om duidelijke richtlijnen voor het publiek mogelijk te maken?*
 Controle door huidartsen is een gedegen maar kostbare stap in het vroegtijdig opsporen van (voorstadia van) huidkanker. Er zijn steeds meer apps waarmee mensen zelf een eerste check kunnen uitvoeren. Met deze zelfhulp zou de professionele zorg kunnen worden ontlast. Maar hoe zorgen we ervoor dat die apps ook doen wat ze moeten doen, dat ze uiteindelijk allemaal hetzelfde doel dienen, en dat iedereen ze op dezelfde manier gebruikt?

Voedsel

25. *Welke effect heeft een veranderend UV-klimaat op ons voedsel?*
 Denk hierbij aan veranderende voedselopbrengst, veranderde eiwitten, meer of andere stoffen in plant of dier.

Milieu

26. *Wat is de impact van zonnebrandcrème gebruik op het zeeleven, met het oog op toenemend gebruik wegens klimaatverandering?*
 Afspoelen van zonnebrandcrème in de zee kan nadelige gevolgen hebben voor het zeeleven (onder andere koraal). Welke ingrediënten moeten we uitbannen?

3.5

Kennisvragen temperatuur

Deze paragraaf beschrijft de uitwerking van alle opgehaalde kennisvragen voor temperatuur.

Huidige en toekomstige ziektelast

1. *Wat zijn de huidige en toekomstige gezondheidseffecten (sterfte, ziekte, welzijn, hitteklachten) van temperatuur (extremen, hitte en koude) in Nederland onder verschillende (klimaat)scenario's?*
 - a. *Bij welke binnen- en buitentemperaturen worden op dit moment in Nederland gezondheidseffecten gerapporteerd?*
 - b. *Wat zijn de toekomstige gezondheidseffecten van binnen- en buitentemperatuur in Nederland? Houd hierbij rekening met mogelijke toekomstige adaptatie/gedrag van mensen.*

De volgende aspecten zouden onderzocht kunnen worden om vraag 1 te beantwoorden:

- Ziekenhuisopnames (Van Loenhout et al., 2018), huisartsenbezoek, medicijngebruik, interactie medicijngebruik en hitte⁵;
- Er is ongepubliceerd onderzoek waarin gegevens van veiligheid.nl zijn gebruikt om te bepalen welke klachten bij de eerste hulp gemeld worden en bij welke temperatuur (geen publicatie beschikbaar, betreft studentenverslagen prof. Dr. Daanen). Wel is er een artikel van Belgische onderzoekers: welke klachten bij welke temperatuur (ziekenhuisgegevens);
- Welzijn, hitteklachten (duur/ernst) (bekende welzijn/hitteklachten (Hall et al., 2021) zijn hoofdpijn, duizeligheid, snellere uitputting, hitteflauwte, zonnesteek, slaapverstoring, vermoeidheid, verminderde alertheid op school, werk of in het verkeer, een lagere productiviteit en toenemende prikkelbaarheid);
- Directe effecten van hittestress op de gezondheid (zoals (hitte)beroertes, nierfalen en ademhalingsproblemen, cardiovasculaire en respiratoire ziekten), blootstelling aan hittestress op de werkvloer (verminderde arbeidsproductiviteit), en wellicht mortaliteit en morbiditeit in DALY's uitdrukken;
- Het griepseizoen (een verkorting van het griepseizoen is mogelijk te verwachten).

Wat design betreft is in elk geval cross-sectioneel onderzoek aan de orde bij vraag 1 (om de relatie tussen temperatuur op dit moment en de gezondheid op dit moment te bepalen). Langetermijn gezondheidseffecten komen mogelijk minder vaak voor. Daarbij kan wel bijvoorbeeld gedacht worden aan hardlopers die in de hitte een marathon lopen en daar gezondheidsschade op lange termijn aan overhouden, maar ook andere buitensporters (voetballers op heet kunstgras) en kinderen die buitenspelen. Ook zou gedacht kunnen worden aan cardiovasculaire of nierproblemen door langdurige blootstelling aan warmte en uitdroging.

Wat blootstelling betreft is het van belang om niet alleen de buiten-, maar ook de binnentemperatuur te onderzoeken (of hier data voor beschikbaar is, is nog onbekend). Mensen zijn gemiddeld 80-90% van de tijd binnen. Ouderen in verzorgingshuizen verblijven tijdens

⁵ Medicatiegebruik dat de thermoregulerende functie verandert: diuretica, laxeermiddelen en antihypertensiva (verstoorde vochtbalans), anticholinergica en anti-epileptica (verminderd zweten), corticosteroiden (verstoorde immuunrespons en cytokine-afgifte), sympathomimetica (verminderde vasomotorische controle), antipsychotica (verstoorde thermoregulatie in de hypothalamus en verminderd zweten).

hitteperiodes veelal 100% van de tijd binnen. Het is opvallend dat men overlijdt door hitte terwijl iedereen grotendeels binnenblijft. De vraag is of er een andere oorzaak een rol speelt dan temperatuur. Wellicht dat het andere oorzaken heeft (zoals bijvoorbeeld de luchtvochtigheid).

Daarnaast hoeft één dag 35°C niet direct een probleem te zijn, maar meerdere dagen van 25°C achter elkaar wel, bijvoorbeeld omdat het voor warmteopslag in huis kan zorgen. Door deze stijgende binnentemperatuur worden mensen continu blootgesteld aan uitdagende condities en wordt men continu thermoregulatorisch belast.

Het risico op klachten is groter naarmate de buitentemperatuur hoger is. Het is van belang dat het gedrag hierop wordt aangepast (bijvoorbeeld door niet overdag te sporten tijdens een hittegolf). Mogelijk moet ook rekening gehouden worden met warme nachten. Warme dagen in combinatie met warme nachten zorgen er voor dat het lichaam steeds meer moeite krijgt om de lichaamstemperatuur goed te reguleren. Dit uit zich vaak niet in een extreem hoge lichaamstemperatuur. Mensen komen vaak met cardiovasculaire of nierproblemen in het ziekenhuis terecht, maar deze klachten ontstaan door langdurige blootstelling aan warmte en afname in vochtbalans (uitdroging). Daarentegen bleek uit onderzoek van bevroegde expert hittenachten niet de gezondheidseffecten te beïnvloeden. Hier is dus nader onderzoek op nodig.

Risicofactoren en kwetsbare groepen

2. *Wat zijn de effecten van hitte en kou op gezondheid en klachten bij bepaalde hoog-risico groepen (o.a. ouderen, hartproblemen, medicatie, stedelijke hitte, beroepsbevolking)*

Meerdere hoog-risico groepen zijn te onderscheiden die relevant zijn voor het thema temperatuurgerelateerde gezondheidseffecten:

- **(Kwetsbare) ouderen (75 plussers)**

Aanvulling expert: De verdamping van zweet is de belangrijkste methode om warmte af te geven en de enige methode voor warmteafgifte als de omgevingstemperatuur hoger is dan de huidtemperatuur. Dit komt bijvoorbeeld voor als de omgevingstemperatuur hoger is dan 35 a 36°C. Echter, naarmate we ouder worden verminderd onze capaciteit om te zweten. Het aantal actieve zweetklieren verminderd en de zweetproductie per zweetklier is ook minder. Daardoor zijn we minder goed in staat om warmte af te geven door zweet te verdampen. In algemene zin geldt dat de capaciteit om te zweten voor vrouwen iets lager ligt dan voor mannen. Dus wat dat betreft zijn mannen in het voordeel.

Daarnaast is het zo dat ouderen minder goed in staat zijn om de diameter van de bloedvaten in de huid te reguleren en daarmee de huiddoorbloeding. Tijdens hitte blootstelling treedt er vasodilatatie op (uitzetting van de bloedvaten) in de bloedvaten van de huid. Hierdoor stroomt er meer warm bloed langs de huid en deze warmte kan afgegeven worden aan de omgeving. Doordat ouderen minder goed in staat zijn om de huiddoorbloeding te vergroten, zijn ze ook minder goed in staat om warmte af te geven via convectie en radiatie.

Ten slotte is ook de dorstprikkel van ouderen minderen. Met andere woorden, het lichaam geeft minder goed aan dat er te weinig vocht is in het lichaam. Dit kan enerzijds de thermoregulatie extra belasten, want er gaat minder warm bloed langs de huid. Maar anderzijds kan dit ook voor cardiovasculaire problemen zorgen. De circulatie kan onder druk komen te staan, waardoor er meer belasting komt op het hart.

- **Pasgeboren kinderen**
Aanvulling expert: Pasgeboren kinderen hebben het voordeel dat ze een hele gunstige body surface area-to-mass ratio hebben. Ze hebben een relatief groot lichaamsoppervlak ten opzichte van hun massa, waardoor ze beter warmte af kunnen geven. Het probleem voor deze groep zit hem met name in het gedragsaspect. Ze kunnen hun eigen gedrag niet aanpassen (uit de zon gaan, andere kleding, meer drinken, etc), waardoor ze meer risico lopen).
- **Geslacht**
Aanvulling expert: Het primaire verschil zit hem in de capaciteit om te zweten. Vrouwen zweten iets minder dan mannen. Daarnaast hebben ze relatief gezien een hoger vetpercentage dan mannen, wat weer voor extra isolatie zorgt.
- **Chronisch zieken** (Schwartz, 2005)
Aanvulling expert: Mogelijk verminderde thermoregulatie. Denk aan patiënten met een dwarslaesie of andere neurale aandoeningen. Maar ook patiënten met hart en nierziekten.
- **Bewoners stedelijk gebied**
Door het hitte-eiland effect is de temperatuur in de bebouwde omgeving hoger. Aanvulling expert: Het stedelijk hitte eiland effect zorgt voor veel warmteopslag in de stad. Hierdoor kan de warmte ook in de avonden in de steden blijven hangen, waardoor de warmtebron extra intens is.
- **Beroepsbevolking**
Aanvulling expert: In verschillende beroepen wordt men dagelijks blootgesteld aan hoge temperaturen. Dit kan binnen zijn (i.e. glasblazers, tegelindustrie, voedselindustrie), maar ook buiten (i.e. asfaltmedewerkers/brandweer). Daarnaast dragen deze beroepsgroepen vaak ook beschermende kleding, waardoor ze minder goed in staat zijn om warmte af te geven. Door klimaatverandering worden zij meer en meer blootgesteld aan uitdagende omstandigheden.
- **Armoede**
Aanvulling expert: mensen in armoede worden veel harder getroffen, complex hoe dat komt. Internationaal netwerk voor hitte deskundigen in Amerika heeft hier veel over gezegd.
- **Eenzaamheid**
Aanvulling expert: Het sociale aspect speelt ook zeker een rol. Zeker bij eenzame ouderen die alleen wonen tijdens een hittegolf. Door sociale deprivatie kan men eerder in de problemen komen tijdens de warmte. Armoede speelt daarbij ook een rol, aangezien koelende voorzieningen niet altijd beschikbaar zijn bij arme mensen.

Aanvulling expert: Prioriteit ligt bij het onderzoeken van directe effecten van hittestress op de gezondheid van de mens. Een belangrijk onderwerp is ook blootstelling aan hittestress op de werkvloer. En het onderwerp atleten/inspanning en de gevolgen voor de gezondheid. Als de dagelijkse gemiddelde temperatuur stijgt, blijven we mogelijk meer binnen en doen we minder aan sport/lichamelijke inspanning. Dit kan consequenties hebben voor de gezondheid, ook op de lange termijn.

3. *Breng in kaart hoe de vochtbalans / de koelingscapaciteit van de mens afneemt tijdens veroudering (inclusief verschil man en vrouw).*
 - a. *Hoe snel kan een ouder persoon (70+) aanpassen aan een warme omgeving. Dit geeft informatie welke invloed de (korte) periode voor de hittegolf heeft op de effecten van hitte.*
 - b. *Welke hitte-indicator voor de hitte-blootstelling past het beste bij de kwetsbare ouderen? (lichaamstemperatuur, de bloeddruk, vochtverlies)*
4. *Ondernemen mensen acties om hun ziektelast te verlagen (medicatie, gedrag, gebruik (technische) hulpmiddelen)?*

Het antwoord op deze vraag is nodig om vraag 1b te beantwoorden. Het blijkt bovendien dat bijvoorbeeld ook gemeentes actie ondernemen hiervoor, maar of het gedrag van mensen hierdoor wordt aangepast, is onbekend. Deze vraag behoort eigenlijk niet tot de focus van dit project. Het betreft een vraag over adaptatie/maatregelen. Hoe mensen omgaan met hitte/kou kan echter de gezondheid beïnvloeden, waardoor het mogelijk toch als een relevante vraag beschouwd kan worden.

Samenhang tussen gezondheidseffecten van koude en hitte

5. *Wat is de balans in vervroegde sterfte door koude versus hitte?*
 - a. *Wat is het effect van een koudeperiode en griepperiode in de periode voorafgaand aan een hitteperiode op de oversterfte tijdens deze hitteperiode?*
 Wat is de balans in vervroegde sterfte door kou versus hitte; houd rekening met effecten door koude- en hittenachten. Koudesterfte blijft nog groter dan hittesterfte, dus zou je net als een hitteplan ook een koudeplan kunnen overwegen. Concrete uitwerking van een dergelijke maatregel zou je kunnen onderzoeken, maar dat valt buiten de scope van dit onderzoeksprogramma.
6. *Wat is precies de oorzaak van verhoogde sterfte tijdens koude perioden?*
 - a. *Is er een directe relatie tussen griep en lage temperatuur, of is die relatie indirect, bijvoorbeeld omdat men juist meer tijd binnen doorbrengt in slecht geventileerde ruimtes.*
 Aanvulling expert: De personen die overlijden tijdens een hittegolf zijn veelal de kwetsbare/zwakkere ouderen. Als we in de winter/het voorjaar een strenge griepgolf hebben gehad, dan is de oversterfte tijdens een hittegolf ook minder. Dit aangezien de kwetsbare ouderen in veel gevallen al overleden zijn door de griepgolf.

3.6 Kennisvragen luchtkwaliteit

Op mondiale schaal wordt de luchtkwaliteit in Nederland ook bepaald door grootschalige luchtstromingen en atmosferische-chemische processen. Klimaatverandering heeft ook invloed op deze mondiale processen waardoor de luchtkwaliteit verandert. Een door een expert toegevoegde kennisvraag is daarom:

1. *Hoe wordt de luchtkwaliteit beïnvloed door grootschalige luchtstromingen en atmosferische processen en hoe veranderen deze door klimaatverandering?*
Door de complexiteit van deze vraag is een definitief antwoord de komende decennia niet te verwachten. Je zou een combinatie van verschillende bestaande modellen kunnen gebruiken om de toekomstige luchtkwaliteit te verkennen bij verschillende klimaatprojecties.
2. *Welke veranderingen (in concentraties, blootstelling) geven de grootste gezondheidseffecten (winst/verlies) en liften al dan niet mee (in positieve zin) met ander beleid. Of welke worden negatief beïnvloed en vragen extra aandacht.*

Een vrij brede kennisvraag gesteld door één van de experts, maar wel belangrijk omdat in beleid misschien niet alles kan worden gedaan in één keer. Het is dan goed om te kijken waar de meeste gezondheidswinst kan worden behaald.

Binnenluchtkwaliteit

Over binnenluchtkwaliteit was nog veel discussie bij het consulteren van de experts. Dit komt met name omdat de binnenluchtkwaliteit, naast een directe relatie met de buitenlucht, erg afhankelijk is van externe (gedrags)factoren. En er dus tal van kennisvragen kunnen worden gesteld over het onderwerp. Het hangt af van de isolatie van de woning, de mogelijkheden van ventileren (mechanisch of handmatig), wat er in de ruimte gebeurt (geverfd, nieuwe meubels, koken, roken, kaarsen branden, schoonmaken etc.) en hoe er wordt omgegaan met ventileren. Om de gezondheidseffecten van het binnenmilieu te kunnen vaststellen zou grootschalig onderzoek nodig zijn waar eerst een nulmeting zou moeten worden gedaan om te kijken wat voor maatregelen en gedrag de gezondheidseffecten positief of juist negatief beïnvloeden. Vervolgens zou meerjarig onderzoek moeten worden gedaan naar welke combinatie van omstandigheden de meeste gezondheidswinst oplevert.

In het kader van klimaatverandering is onderzoek naar de gezondheidseffecten van binnenluchtkwaliteit minder relevant. In het kader van de energietransitie en publieke gezondheid is het wel een zeer relevant onderzoeksthema omdat de energietransitie tot technische veranderingen en gedragsveranderingen gaat leiden, waarbij het goed zou zijn om in ieder geval zicht te houden op de ontwikkeling van de kwaliteit van het binnenmilieu en mogelijke gezondheidseffecten.

4 Vervoluitwerking

In dit plan van aanpak zijn de integrale vraagstukken en de onderzoekslijnen per thema gepresenteerd die weergeven welke kennisvragen er spelen rondom klimaatverandering en gezondheidsrisico's. Daarbij zijn prioritaire kennisvragen vastgesteld. Het zijn kennisvragen die ingaan op de gezondheidseffecten door klimaatverandering en kennisvragen die bijdragen aan de algemene kennis van de thema's. De kennisvragen dragen bij aan onderzoek om de integrale hoofdvraag beter te kunnen beantwoorden.

In dit plan van aanpak voor een onderzoeksprogramma zijn ook vragen opgenomen die elders belegd kunnen worden. Naast het bespreken van de integrale en prioritaire kennisvragen die in dit plan van aanpak liggen, zullen we met VWS verkennen waar deze vragen belegd kunnen worden. VWS neemt deze input mee in de Inventarisatie Nationale Adaptatie Strategie. In de inventarisatie worden prioriteiten benoemd voor de komende jaren die in grote mate overeenkomen met kennisvragen uit dit plan van aanpak.

Een volgende stap om tot een Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten te komen is om vast te stellen welk onderzoek wordt uitgevoerd binnen het onderzoeksprogramma en met welke partners. Daarvoor zijn ook afspraken met VWS nodig over de daar bijhorende planning en financiering.

Bij de uitvoering van het onderzoeksprogramma naar concrete onderzoeksvoorstellen is het daarnaast goed om te kijken hoe het onderzoeksprogramma op bestaande consortia kan aanhaken. Voor het thema temperatuur is bijvoorbeeld het ZonMw voorstel 'Warm aanbevolen' gehonoreerd waar overeenkomstige kennisvragen worden behandeld. En voor het thema allergieën is het ZonMw voorstel 'Kappa' gehonoreerd waar overeenkomstige kennisvragen worden behandeld. Daarnaast zijn diverse (kennis)instituten bezig met de thema's uit dit onderzoeksprogramma en moet de samenwerking worden gezocht waar nodig zodat de kennisbasis wordt versterkt. Hierbij kan worden gedacht aan het LUMC, Universiteit van Maastricht, PBL en WUR. Ook de samenwerking in internationaal verband kan hierbij een rol spelen (zie bijlage 6.1).

4.1 Programmamanagement

Bij een nadere uitwerking van een onderzoeksprogramma wordt een duidelijke programmamanagement structuur ingericht in overleg met VWS. Het RIVM beoogt een samenwerkingsverband met VWS waarbij een dagelijks programmamanagement team aangestuurd wordt door een stuurgroep waar VWS aan deelneemt. Samen met VWS wordt afgesproken waar de (tussentijdse) resultaten worden besproken en welk breder departementaal overlegstructuur hier eventueel geschikt voor is. Ook is het belangrijk om structureel af te stemmen met ZonMw (eventueel samen met VWS) om de verbinding te houden het ZonMw

onderzoeksprogramma. Dit met het oog op samenwerking, synergie en rolverdeling.

4.2 Communicatie / disseminatie

De resultaten van dit onderzoeksprogramma leiden idealiter niet alleen tot de benodigde informatie ten behoeve van keuzes voor beleid. De onderzoeksresultaten worden ook gebruikt voor wetenschappelijke publicaties om de internationale literatuur aan te vullen. Door peer-review artikelen wordt de kennisbasis sterker en groter en door wetenschappelijk te publiceren wordt het draagvlak van de kennis vergroot.

De resultaten uit dit programma vormen ook een manier om de nationale en internationale samenwerking op het onderwerp klimaatverandering en gezondheidseffecten te vergroten. De kennis kan niet alleen bij het RIVM worden ontwikkeld, maar moet in samenwerking. Het RIVM en veel andere kennisinstellingen en organisaties werken al samen op onderwerpen rondom klimaat. De kennisbasis die met dit onderzoeksprogramma wordt ontwikkeld draagt bij aan meerdere (nationale) projecten en kan weer als input worden gebruikt voor toekomstige calls en onderzoeken. Ook helpt samenwerking in de verspreiding van de opgedane kennis (disseminatie). Dit kan bijvoorbeeld via programma's als het programma Groene gezonde leefomgeving en internationale netwerken (o.a. IANPHI, zie bijlage 6.1).

Naast (RIVM) rapportages is de verwachting dat de opgedane kennis ook gecommuniceerd worden via handelingsperspectieven op de RIVM website Klimaat en gezondheid. Via de RIVM website, via de beleidstukken van VWS en via communicatiekanalen van de beoogde onderzoekpartners zou de kennis ook terecht moeten komen bij gemeenten, bedrijven en burgers.

5 Referenties

Barnes, C.S. (2018). Impact of Climate Change on Pollen and Respiratory Disease. *Current Allergy and Asthma Reports* 18(11): 59. DOI: 10.1007/s11882-018-0813-7.

Berry, H. L., Bowen, K., & Kjellstrom, T. (2010). Climate change and mental health: a causal pathways framework. *International journal of public health*, 55(2), 123-132.

Botzen, W. J. W., M. L. Martinius, P. Bröde, M. A. Folkerts, P. Ignjacevic, F. Estrada, C. N. Harmsen & H. A. M. Daanen (2020). Economic valuation of climate change-induced mortality: age dependent cold and heat mortality in the Netherlands. *Climatic Change* (2020). 162: 545-562.

Chaplin, G. (2004). Geographic distribution of environmental factors influencing human skin coloration, *Am J Phys Anthropol*, 2004; 125(3), pp 292-302.

Daanen H, Bose-O'Reilly S, Brearley M, Flouris DA, Gerrett NM, Huynen M, Jones HM, Lee JKW, Morris N, Norton I, Nybo L, Oppermann E, Shumake-Guillemot J, Van den Hazel P (2020). COVID-19 and thermoregulation-related problems: Practical recommendations. *Temperature (Austin)*. 2020 Aug 6;8(1):1-11. doi: 10.1080/23328940.2020.1790971. PMID: 33553500; PMCID: PMC7849778.

Folkerts, M. A., Bröde, P., Botzen, W. J. W., Martinius, M. L., Gerrett, N., Harmsen, C. N., & Daanen, H. A. M. (2021). Sex differences in temperature-related all-cause mortality in the Netherlands. *International Archives of Occupational and Environmental Health*.

Gezondheidsraad (2018) Gezondheidswinst door schonere lucht. Gezondheidsraad Nr. 2018/01.

Gooijer, L. en Mennen, M. (2021). Klimaatakkoord: effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland. RIVM rapport: 2021-0054.

Hall, E.F., R.J.M. Maas, J. Limaheluw, C.D. Betgen (2021). Mondiaal klimaatbeleid: gezondheidswinst in Nederland bij minder klimaatverandering. RIVM Rapport 2020-0200.

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

Huynen, M., Vliet, A. van, Staatsen, B., Hall, L., Zwartkruis, J., Kruize, H., Betgen, C., Verboom, J. en Martens, P. (2019). Kennisagenda klimaat en gezondheid. ZonMw.

Ibuki, Y., Komaki, Y., Yang, G. & Toyooka, T. (2021). Long-wavelength UVA enhances UVB-induced cell death in cultured keratinocytes: DSB formation and suppressed survival pathway. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2021, Vol. 20, pp.639–652.

Jans, H. en Franssen, E. (2008). De brandharen van de eikenprocessierups, een reëel probleem voor de huisarts. *HUWE* 51, 396-399 (2008). <https://doi.org/10.1007/BF03086843>

Keatinge, W.R. (2002). Winter mortality and its causes, *International Journal of Circumpolar Health*, 61:4, 292-299, DOI: 10.3402/ijch.v61i4.17477.

Kelfkens, G., Ruysenaars, P. en Ree, J. van der (2021). Klimaataakkoord: Gevolgen van het uitfaseren van fossiele energie voor veiligheid, gezondheid en stikstofdepositie; een update. RIVM Rapport 2020-0143.

KNMI (2021). Klimaatsignaal '21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert.

Lawrance, D. E., Thompson, R., Fontana, G., Jennings, D. N. (2021). The impact of climate change on mental health and emotional wellbeing: current evidence and implications for policy and practice. Grantham Institute. Briefing paper No 36, May 2021.

Neale, R.E. et al, (2021), Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020, *Photochemical & Photobiological Sciences* 20:1–67, <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>

Palinkas, L. A., & Wong, M. (2020). Global climate change and mental health. *Current opinion in psychology*, 32, 12-16.

Rocque RJ, Beaudoin C, Ndjaboue R, et al. (2021) Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open* 2021;11:e046333. doi: 10.1136/bmjopen-2020-046333.

Schanke, Arne van, Gemma M.C.A.L. van Venrooij, Marjan J. Jongsma, H. Alexander Banus, Leon H.F. Mullenders, Henk J. van Kranen and Frank R. de Gruijl (2006). Induction of Nevi and Skin Tumors in Ink4a/Arf Xpa Knockout Mice by Neonatal, Intermittent, or Chronic UVB Exposures. *Cancer Res* 2006; 66: (5). March 1, 2006.

Schijven, Jack, Martijn Bouwknecht, Ana Maria de Roda Husman, Saskia Rutjes, Bertrand Sudre, Jonathan E. Suk, Jan C. Semenza (2013). A Decision Support Tool to Compare Waterborne and Foodborne Infection and/or Illness Risks Associated with Climate Change. *Risk Analysis*, volume 33, issue 12, Pages 2154-2167. <https://doi.org/10.1111/risa.12077>

Schwartz J. (2005). Who is sensitive to extremes of temperature?: A case-only analysis. *Epidemiology*. 2005 Jan;16(1):67-72. doi: 10.1097/01.ede.0000147114.25957.71. PMID: 15613947.

Thien, F., Beggs, P.J., Csutoros, D., Darvall, J., Hew, M. et al. (2018). The Melbourne epidemic thunderstorm asthma event 2016: an investigation of environmental triggers, effect on health services, and patient risk factors. *Lancet Planet Health* 2018; 2: e255–63.

Van Loenhout, J.A.F., Delbiso, T.D., Kiriliouk, A. et al. (2018). Heat and emergency room admissions in the Netherlands. *BMC Public Health* 18, 108. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-5021-1>

Vicedo-Cabrera, A.M., N. Scovronick, F. Sera, D. Royé, R. Schneider, A. Tobias, C. Astrom, Y. Guo, Y. Honda, D. M. Hondula, R. Abrutzky, S. Tong, M. de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, P. H. Nascimento Saldiva, E. Lavigne, P. Matus Correa, N. Valdes Ortega, H. Kan, S. Osorio, J. Kyselý, A. Urban, H. Orru, E. Indermitte, J. J. K. Jaakkola, N. Rytí, M. Pascal, A. Schneider, K. Katsouyanni, E. Samoli, F. Mayvaneh, A. Entezari, P. Goodman, A. Zeka, P. Michelozzi, F. de' Donato, M. Hashizume, B. Alahmad, M. Hurtado Diaz, C. De La Cruz Valencia, A. Overcenco, D. Houthuijs, C. Ameling, S. Rao, F. Di Ruscio, G. Carrasco-Escobar, X. Seposo, S. Silva, J. Madureira, I. H. Holobaca, S. Fratianni, F. Acquaotta, H. Kim, W. Lee, C. Iniguez, B. Forsberg, M. S. Ragettli, Y. L. L. Guo, B. Y. Chen, S. Li, B. Armstrong, A. Aleman, A. Zanobetti, J. Schwartz, T. N. Dang, D. V. Dung, N. Gillett, A. Haines, M. Mengel, V. Huber & A. Gasparrini (2021). The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change* volume 11, pages 492–500.

Weger LA de , Bruffaerts N, Koenders MMJF, Verstraeten WW, Delcloo AW, Hentges P and Hentges F (2021) Long-Term Pollen Monitoring in the Benelux: Evaluation of Allergenic Pollen Levels and Temporal Variations of Pollen Seasons. *Front. Allergy* 2:676176. doi: 10.3389/falgy.2021.676176.

Weger L.A. de en Hiemstra, P., (2009). Klimaatverandering en pollenallergie in Nederland. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2009;153:A1410
Welch, Mazer, Adamson (2021). The Rapid Rise in Cutaneous Melanoma Diagnoses, *N Engl J Med.*, Vol 384;1, pp. 72-79, januari 2021.

Ziska, L.H., Makra, L., Harry, S.K. (2019) Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis. *Lancet Planet Health* 2019; 3: e124-31. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30015-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30015-4).

Bijlagen

Wat doet het RIVM?

Wat doet het RIVM op het gebied van klimaatverandering en gezondheid?

De kennisagenda (Huynen et al., 2019) die als uitgangspunt voor dit plan van aanpak dient staat niet op zichzelf. Er is sinds het publiceren verder gewerkt aan die kennis, activiteiten en netwerken. Deze benutten we in dit plan van aanpak en bij de daadwerkelijke uitvoering van een onderzoeksprogramma. Bij het RIVM staan de gezondheidseffecten van klimaatverandering hoog op de agenda. Begin 2021 is het project Gezond Klimaat afgerond, als onderdeel van het strategisch programma van het RIVM (SPR). Een van de uitkomsten is een literatuurdatabank met een overzicht van relevante wetenschappelijke literatuur over de relatie tussen gezondheid en klimaatverandering. Ook is een webpagina⁶ 'Klimaat en gezondheid' gemaakt waar kennis over gezondheid voor de relevante thema's wordt benoemd. De doelgroep van de webpagina bestaat uit GGD's, gemeenten en andere lokale en regionale overheden die zich bezighouden met klimaatgerelateerde (gezondheids)vraagstukken.

Gezond Klimaat krijgt sinds 2021 een vervolg met het project Gezonder Klimaat. Het doel van dit project is om een kwantitatieve wetenschappelijk kennisbasis te ontwikkelen over de gezondheidseffecten van klimaatverandering en -maatregelen in Nederland. Hiermee zal het RIVM beter voorbereid zijn om kennis te leveren en bij te dragen aan kennis- en beleidsvragen rondom de effecten van klimaatverandering en de gezondheidseffecten van adaptatie- en mitigatiemaatregelen. Er worden ook indicatoren ontwikkeld voor het monitoren van de gezondheidseffecten van klimaatverandering en -maatregelen.

Voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft het RIVM in 2021 drie rapporten opgeleverd in het kader van het project 'Veiligheids- en gezondheidseffecten van de energietransitie'. Het betreft de effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland (Gooijer & Mennen, 2021), een update van de gevolgen van het uitfaseren van fossiele energie voor veiligheid, gezondheid en stikstofdeposities (Kelfkens et al., 2021) en mondiaal klimaatbeleid: gezondheidswinst in Nederland bij minder klimaatverandering (Hall et al., 2021). Met name het laatste rapport levert waardevolle input voor dit onderzoeksprogramma. Het rapport van Hall et al. (2021) is een goed voorbeeld van een integrale analyse van huidige en toekomstige gezondheidsrisico's van klimaatverandering. Het rapport concludeert dat er nog veel kennislacunes zijn, waardoor die integrale analyse nog niet goed mogelijk is. Er is een begin gemaakt voor warmte-/koudesterfte, huidkanker ten gevolge van blootstelling aan UV-straling en ziektelast door infectieziekten zoals *Vibrio* en *Campylobacter* (bacteriële ziekteverwerkers).

⁶ Klimaat en gezondheid | <https://www.rivm.nl/klimaat-en-gezondheid>

Het RIVM doet mee aan verschillende nationale calls op verwante thema's van klimaat en gezondheid van onder meer ZonMw en NWA. Daarnaast lopen er op internationaal vlak diverse initiatieven op het gebied van klimaatverandering en gezondheid waar het RIVM bij betrokken is. Het RIVM doet mee in de Working group on Health in Climate Change (HIC) van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de Working group on public health and climate change van de International Association of National Public Health Institutes (IANPHI). Daarnaast draagt het RIVM bij aan het Global Heat Health Information Network en is betrokken bij de EEA Observatory Climate and Health. Deze (internationale) activiteiten en netwerken zijn van grote toegevoegde waarde bij uitvoering van het onderzoeksprogramma.

Collega-instituten

Ook collega-instituten van het RIVM zijn bezig met diverse projecten die de thema's van klimaatverandering en gezondheid raken. Het PBL werkt, samen met RIVM en andere kennisinstituten, aan een herijking van klimaatrisico's in het kader van de evaluatie van de Nationale Adaptatie Strategie (NAS), resultaten van de eerste fase komen in 2022 gereed. ZonMw werkt aan een onderzoeksprogramma voor de andere vier prioritaire onderdelen van de kennisagenda. Vooruitlopend op dit onderzoeksprogramma heeft ZonMw een netwerkcall klimaat en gezondheid uitgezet. Het RIVM doet mee aan twee gehonoreerde projecten, over hitte en over allergieën. Het KNMI werkt aan nieuwe scenario's op basis van de meest recente IPCC-analyses. Eind 2021 is het KNMI Klimaatsignaal uitgekomen en in 2023 volgen de nieuwe KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland. Het RIVM is vertegenwoordigd in de klankbordgroep van de KNMI'23-klimaatscenario's. Ook werkt het RIVM samen met collega-instituten in het buitenland zoals Santé Publique France en Public Health England.

Hierbuiten werken natuurlijk meer instituten aan dit onderwerp en zal de samenwerking worden opgezocht waar nodig en logisch.

Lijst geconsulteerde experts

Voor het maken van dit plan van aanpak zijn diverse experts geconsulteerd. Hierbij een overzicht per thema.

Thema	Experts
Allergieën	Letty de Weger (LUMC)
Mentale gezondheid	Derek de Beurs (Trimbos instituut) Mat White (Universiteit Wenen) Noortje Jansen (ARQ impact) Susan Clayton (The college of Wooster)
Infectieziekten	Ana Maria de Roda Husman (RIVM)
UV-straling	Douwe Siegersma (RIVM) Peter den Outer (RIVM) Guus Velders (RIVM) Harry Slaper (oud-RIVM) Frank de Gruijl (LUMC) Jos de Groot (IKNL) Eline Kramer (NVDV) Francine Schneider (Maastricht Universiteit) Sven van Egmond (Erasmus MC) Beate Volkmer (EuroSkin) Ruediger Greinert (EuroSkin) Brigitte Boonen (EuroSkin)
Temperatuur	Hein Daanen (Vrije Universiteit Amsterdam) Coen Bongers (Radboudumc)
Luchtkwaliteit	Rob Maas (RIVM) Guus Velders (RIVM) Lisbeth Hall (RIVM) Joyce Zwartkruis (RIVM) Rik Bogers (RIVM)

Vragenlijst prioriteringscriteria

Thema	
Criterium	Uitleg antwoord categorieën
Is dit thema in onderzoeksprogrammering nodig, gezien vanuit klimaatperspectief?	J/N. Als N dan niet verder
(verwachte) Omvang effecten op fysieke en mentale gezondheid	kwantitatieve of kwalitatieve inschatting, toelichten
Relevantie/wenselijkheid van onderzoek (onderzoeksperspectief): Zijn er significante kennishiaten (o.b.v. evaluatie huidige kennisbasis) ?	J/N, evt toelichten
Relevantie van onderzoek (onderzoeksperspectief) Vindt er elders in Europa vergelijkbaar onderzoek plaats?	J/N, evt toelichten
Relevantie/wenselijkheid van onderzoek (maatschappelijke behoefte): Komt het onderzoek tegemoet aan kennisbehoefte binnen Nederland?	J/N. Evt toelichten

Thema	
Criterium	Uitleg antwoord categorieën
Meerwaarde voor beleid: welk doel heeft het onderzoek?	universele, selectieve, geïndiceerde of zorggerichte preventie
Meerwaarde voor beleid: Is het waarschijnlijk dat de verwachte onderzoeksresultaten het besluitvormingsproces kunnen ondersteunen en/of in de praktijk geïmplementeerd worden?	J/N/weet niet. Evt toelichten
Meerwaarde voor beleid: Welke beleidsopties zijn er?	beschrijven of 'weet niet'
Meerwaarde voor beleid: Hoe moeilijk of duur zijn eventuele maatregelen?	Grove inschatting/weet niet
Is het waarschijnlijk dat het onderzoek een bijdrage kan leveren aan het reduceren van het verwachte gezondheidsrisico/ziektelast?	J/N/weet niet
Haalbaarheid/kans op succes: In welke mate is te verwachten dat onderzoek deze vraag binnen de gestelde termijn zal gaan beantwoorden? Is er een grote kans van slagen? Of is het risicovol onderzoek met een grote kans dat de gestelde vraag (goeddeels) open blijft?	J/N/weet niet
Risico's uitblijven onderzoek: Zijn er significante onbedoelde risico's verbonden aan het uitblijven van verder onderzoek (bijvoorbeeld toename zorgkosten)?	J/N/weet niet
Potentie voor samenhangende kennisontwikkeling: Is er sprake van cumulatie/interactie andere thema's/interactie effecten? Bijvoorbeeld denk aan relatie temperatuur-pollen-ozon-infectieziekten. Of UV-kanker risico versus vitamine-D	J/N/weet niet EN licht toe
Is er sprake van ongelijke blootstelling of ongelijke effecten (ook i.v.m. mogelijk beleid) voor verschillende groepen? Hoe groot zijn de potentiële /verwachte verschillen?	J/N/weet niet EN licht toe
Als je deze vraag niet oplost, kan je dan ook niet meer het klimaat & gezondheidsvraagstuk goed aanpakken? Ofwel: is deze vraag beperkend?	J/N/weet niet EN licht toe

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag