



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

## **UV-straling en gezondheid**

Probleemveld en kennisbasis bij het RIVM

RIVM Briefrapport 2017-0074





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

## **UV-straling en gezondheid**

Probleemveld en kennisbasis bij het RIVM

RIVM Briefrapport 2017-0074

## Colofon

© RIVM 2017

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.

DOI 10.21945/RIVM-2017-0074

Contact:

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VWS, in het kader van BVZ

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **UV-straling en gezondheid**

Jaarlijks krijgen meer dan 51.000 mensen in Nederland te horen dat ze huidkanker hebben en overlijden ruim 900 mensen aan de gevolgen ervan. Sinds 1990 is het aantal gevallen verviervoudigd. Deze stijging is veel sterker dan bij andere vormen van kanker, en een verdere stijging dreigt (met een factor 2 tot 5). De gevaarlijkste vorm van huidkanker komt in Nederland relatief vaak voor, en binnen Europa behoort Nederland tot de koplopers.

Blootstelling van de huid aan UV-straling is de voornaamste oorzaak van het ontstaan van huidkanker, en dan vooral door onverstandig zongedrag. De vergrijzing en de aantasting van de ozonlaag blijken slechts een deel van de toename aan huidkanker te verklaren. Het blootstellingsgedrag lijkt de hoofdrol te spelen en daarbij zijn het dragen van minder bedekkende kleding, meer vrije tijd en langere (zon/strand) vakanties van belang, maar ook klimaatverandering en het gebruik van kunstmatige UV-bronnen voor bruining dragen mogelijk bij. De belangrijkste manier om huidkanker te voorkomen is dan ook ervoor te zorgen dat de huid niet verbrandt door de zon of zonnebank. Maar ook zonder te verbranden kan de huid beschadigd raken. Daarom is het verstandig om de huiddelen die veelvuldig worden blootgesteld extra te beschermen en om daarbij rekening te houden met de zonkracht en de duur van het verblijf in de zon. Bij een hoogstaande (zomer)zon tussen 11 en 16 uur is meer bescherming nodig dan 's morgens vroeg en in de namiddag. Behalve aan huidkanker draagt UV-straling bij aan de vorming van staar en veroorzaakt het huidveroudering en sneeuwblindheid.

Het is niet wenselijk om de zonblootstelling volledig te vermijden, omdat UV-blootstelling van de huid ook de voornaamste bron is van vitamine D. Deze vitamine is essentieel voor gezonde botten en spieren. Bovendien zijn er aanwijzingen dat vitamine D de kans op darmkanker kan verkleinen. Momenteel is er een felle wetenschappelijke discussie gaande welke hoeveelheid vitamine D de meeste gezondheidswinst oplevert.

De kosten van de medische behandeling van huidkanker bedragen naar schatting circa 325 (250-400) miljoen euro per jaar. De kosten voor de behandeling van door UV veroorzaakte staar, worden geschat op 75-150 miljoen euro per jaar. De kosten zijn grotendeels vermijdbaar door verstandiger (zon)gedrag.

De actuele zonkrachtmetingen ([www.rivm.nl/zonkracht](http://www.rivm.nl/zonkracht)) en betere kennis over (ontwikkelingen in) blootstellingsgedrag en gezondheidseffecten dragen bij aan een goede voorlichting en preventie. Er is alle reden de kennisopbouw met betrekking tot UV-stralingsbescherming te versterken.

Kernwoorden: ultraviolet, UV-straling, gezondheid, preventie, huidkanker, klimaatverandering, aantasting ozonlaag, UV-meetinfrastuctuur, zonkracht

## Synopsis

### **UV-radiation and health**

Every year more than 51,000 new cases of skin cancer are diagnosed in the Netherlands and over 900 fatalities are reported. The number of new skin cancer cases is rising rapidly and since 1990 a fourfold increase has been observed. This increase is much stronger than for other types of cancer, and a further increase is expected (with a factor of 2-5). The incidence of melanoma of the skin in the Netherlands is among the highest in Europe.

Exposure of the skin to UV-radiation is the primary cause of skin cancer, and sun-exposure is the primary source of UV-exposure. The increase in skin cancer incidence that has been observed is only partly explained by the ageing of the Dutch population and the depletion of the ozone layer. A change in exposure behaviour is probably the most dominant factor that could explain a major part of the increased skin cancer incidence. Changes in fashion, with more of the body exposed, shorter working hours and longer vacations, including an increase in summer holidays spent in southern Europe are likely causes. Climate change and the use of artificial tanning devices may also contribute.

Skin cancer prevention should be focused on the avoidance of UV-induced erythema (sunburn) in solar and artificial exposures. Limiting the chronic exposure of the most exposed skin parts is also very important, because damage to the skin also occurs below the threshold of erythemal doses. It is, therefore, important to provide additional protection for the parts of the skin that are chronically exposed. Solar exposure is the most important UV-source and protection is most needed when the sun is high in the sky, in the summer months between 11:00 am and 16:00 (4 pm). The UV-index is a good indicator; it is much lower in the early morning or late afternoon/early evening. UV-exposure also contributes to the incidence of cataract and causes skin ageing and snow blindness (photokeratitis).

Exposure of the skin to solar UV from the sun should not be completely avoided, however, as it is an important source of vitamin D. Vitamin D is essential for healthy bones and muscles, and there are indications that a high vitamin D status lowers the risk of developing colon cancer, and may also be a factor in the development of a number of other cancers and chronic diseases. At present, a scientific debate is ongoing regarding the minimally required and optimal levels of vitamin D, and how to best achieve them.

In the Netherlands the estimated costs for medical treatments of skin cancer and precancerous skin lesions amount to 325 million Euro (250-400). Estimated medical costs for the UV-contribution to cataract formation are 75-150 million Euro per year. These costs can be substantially reduced if (solar) UV-exposure is restricted.

Prevention is supported by Solar UV-index measurements ([www.rivm.nl/zonkracht](http://www.rivm.nl/zonkracht)), and improved knowledge on UV-radiation exposure and associated health effects. Strengthening the knowledge building and dissemination of information about UV-radiation protection is vitally important.

Keywords: ultraviolet, UV-radiation, health, prevention, skin cancer, climate change, ozone layer, UV-measurements, UV-index.



## Inhoudsopgave

### Samenvatting — 9

#### 1 Introductie — 13

#### 2 UV-straling en gezondheid in Nederland — 15

- 2.1 Overzicht gezondheidseffecten UV-straling — 15
- 2.2 UV-straling en gezondheid: samenhangende kennisvelden — 15
- 2.3 Huidkanker in Nederland — 16
  - 2.3.1 Trends in de incidentie van huidkanker — 17
  - 2.3.2 Toekomstige ontwikkelingen — 18
  - 2.3.3 Kosten voor medische behandeling van huidkanker en staar — 18
  - 2.3.4 Ziektelast, kosten en trends door UV-straling — 19
- 2.4 Verstandig zongedrag: afweging positieve en negatieve gezondheidseffecten — 20
- 2.5 RIVM-kennispositie ten aanzien van UV-straling — 21

#### 3 Feiten en Stellingen ten aanzien van Ultraviolette (UV) straling — 23

- 3.1 Samenvattende feiten over UV-straling en gezondheid — 23
- 3.2 Stellingen over UV-stralingsbescherming en kennisinfrastructuur — 24
  - 3.2.1 Stelling 1 De hoge en toenemende incidentie van huidkanker rechtvaardigt overheidsinspanning — 24
  - 3.2.2 Stelling 2 UV-stralingsniveaus zijn van belang voor volksgezondheid en mondiale milieuproblemen — 24
  - 3.2.3 Stelling 3 Een UV-meetpunt is nodig voor trend-analyses, publieksvoorlichting en validatiestudies — 25
  - 3.2.4 Stelling 4 Spectrale metingen zijn nodig — 25
  - 3.2.5 Stelling 5 De unieke modelinfrastructuur voor effectevaluaties moet behouden worden voor (inter)nationale assessments — 25
  - 3.2.6 Stelling 6 RIVM-kennis en metingen dragen bij aan de onderbouwing van preventiecampagnes van KFW/Kankerbestrijding en aan nationale commissierapporten — 25
  - 3.2.7 Stelling 7 De kennis in Nederland over persoonsblootstelling is te beperkt — 26
  - 3.2.8 Stelling 8 RIVM heeft unieke relevante kennisbasis over UV-stralingniveaus en gezondheid tav huidkanker en vitamine D — 26
- 3.3 Visie op de stellingen door andere stakeholders — 26
  - 3.3.1 KWF/Kankerbestrijding — 26
  - 3.3.2 Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie (NVDV) — 27
  - 3.3.3 Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, KNMI — 27
  - 3.3.4 Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) — 28
  - 3.3.5 Leids Universitair Medisch Centrum, dr F.R. de Grijl — 28
- 3.4 Samenvattende visie op basis van de inbreng van de stakeholders — 29

#### 4 Gewenste UV-kennisbasis en UV-meetinfrastructuur — 31

#### 5 ANNEX A UV-straling en gezondheid in Nederland — 33

- 5.1 Overzicht gezondheidseffecten UV-blootstelling — 33
- 5.2 UV-straling, enkele basisbegrippen — 33
  - 5.2.1 Effectieve bestralingssterkte, effectieve dosis en zonkracht — 33
  - 5.2.2 Gezondheidseffecten van UV: oorsprong in huid en oog — 35

5.3	Korte en middellange termijn effecten van UV-blootstelling — 36
5.4	UV-blootstelling en vitamine D — 37
5.5	UV-blootstelling en huidkanker — 38
5.5.1	Verschillende vormen van huidkanker, incidentie en sterfte — 39
5.5.2	Relatie tussen UV en huidkanker — 40
5.5.3	Incidentie van huidkanker stijgt sneller dan voor andere kankertypen — 43
5.5.4	Te verwachten ontwikkelingen in huidkanker — 48
5.5.5	Kosten van behandeling van huidkanker (en premaligne aandoeningen) — 49
5.6	Staarvorming — 51
5.7	Samenvattend — 52
<b>6</b>	<b>ANNEX B: UV-straling en gezondheid, kennisdomeinen — 55</b>
6.1	Overzicht kennisdomeinen UV-straling en gezondheid — 55
6.2	Overzicht huidige activiteiten RIVM — 58
<b>7</b>	<b>ANNEX C: Voorstel voor UV-kennisbasis en meetinfrastructuur — 63</b>
7.1	Historie en huidige RIVM-kennisbasis ten aanzien van UV-straling en gezondheidsrisico's — 63
7.2	Waarom kennisbasis op UV-straling — 64
7.3	Specificatie en argumentatie spectrale metingen — 64
7.3.1	UV-straling, spectrum en effectieve dosis — 64
7.3.2	Meetinspanningen in omliggende landen — 69
	<b>Dankwoord — 71</b>
	<b>Lijst begrippen en afkortingen — 73</b>
	<b>Referenties — 75</b>

## Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van de voor Nederland belangrijkste gezondheidseffecten van UV-straling, waaronder de sterk toenemende incidentie van huidkanker. Naast een weergave van de trends en mogelijke toekomstige ontwikkelingen in die incidentie komen belangrijke openstaande vragen aan de orde, zoals de vraag welke blootstelling wenselijk is uit het oogpunt van vitamine D voorziening. Bij verstandig blootstellingsgedrag is forse gezondheidswinst mogelijk. Kennis over UV-blootstelling en de ermee samenhangende gezondheidseffecten is van belang bij goede publieksvoorlichting en ter ondersteuning en onderbouwing van preventieprogramma's. Het rapport gaat in op de bij het RIVM noodzakelijk geachte kennisbasis op UV-gebied en de bijhorende meet- en model infrastructuur. Daarbij zijn ook de visies van andere stakeholders betrokken.

UV-stralingsbeschermingsbeleid heeft raakvlakken met verschillende beleidsterreinen en is als urgent onderkend in het kader van de Nationale Klimaatadaptatie Strategie.

Dit rapport ondersteunt besluitvorming ten aanzien van overheidsinzet bij het onderhouden van de meet- en kennisinfrastructuur ten behoeve van UV-preventie en eventueel te ontwikkelen UV-stralingsbeschermingsbeleid.

Blootstelling van ogen en de huid aan UV-straling leidt tot een breed scala aan gezondheidseffecten. UV-blootstelling van het oog leidt tot sneeuwblindheid/lasogen (fotokeratitis) en draagt bij aan staarvorming. Bij de huid zijn verbranding van de huid (zonverbranding, erytheem), huidveroudering en huidkanker schadelijke gezondheidseffecten, en zijn verdikking en het bruinen van de huid reacties op door UV-straling aangebrachte schade. De Nederlandse incidentie van de gevaarlijkste vorm van huidkanker, het melanoom, behoort tot de hoogste van Europa. De incidentie van huidkanker is de afgelopen decennia veel sterker gestegen dan de incidentie van andere kankertypen.

Naast genoemde schadelijke gezondheidseffecten is UV-blootstelling van de huid de doorgaans belangrijkste bron van vitamine D. Vitamine D is essentieel voor gezonde botten en spieren, en er zijn sterke aanwijzingen dat vitamine D gunstig is voor het beperken van (onder meer) darmkanker en enkele chronische aandoeningen (waaronder diabetes type II).

In Nederland is UV-stralingsbescherming momenteel niet helder beleidsmatig belegd. In Duitsland, Groot-Brittannië, Noorwegen en Finland is de UV-stralingsbescherming ondergebracht bij de instanties die zich ook richten op bescherming tegen andere vormen van straling: de ioniserende straling. In Nederland is dat, net als in België, niet het geval. UV-stralingsbescherming heeft raakvlakken met diverse beleidsterreinen, waaronder de gezondheidsaspecten van klimaatverandering en beleid ten aanzien van gezondheidsbescherming en -bevordering. Verdere raakvlakken zijn er met gezondheidsaspecten van consumentenproducten (zonnebanken), met gezonde voeding (vitamine D) en met gezondheidsbescherming bij werknemers (buitenwerkenden, tandartsen). Ook onderwijs en wellicht ruimtelijke ordening kunnen beleidsmatig worden betrokken bij UV-

stralingsbescherming. In de recente Nationale klimaatadaptatiestrategie uit november 2016 is de preventie van huidkanker genoemd als urgent aan te pakken gezondheidseffect.

*Huidkanker: een groeiend probleem*

In Nederland komen naar schatting nu jaarlijks meer dan 51000 nieuwe gevallen van huidkanker voor, en overlijden jaarlijks ruim 900 personen aan de gevolgen ervan. Het aantal nieuwe gevallen is berekend op basis van de gegevens van de Nederlandse Kankerregistratie. Het aantal is hoger dan de ruim 15000 nieuwe gevallen die in de kankerregistratie wordt gerapporteerd omdat daar alleen de twee landelijk geregistreerde typen huidkanker, de melanomen en plaveiselcelcarcinomen, zijn meegenomen. Voor het derde type, het basaalcelcarcinoom, is geen landelijke registratie maar op basis van gegevens uit de regio Eindhoven is door het RIVM een schatting gemaakt voor de incidentie in Nederland: ruim 36000 per jaar. De totale kosten voor de medische behandeling van huidkanker (maligne en premaligne) bedraagt naar schatting rond 250-400 miljoen Euro per jaar. Een aanzienlijk deel van deze kosten is voor rekening van de behandeling van het basaalcelcarcinoom.

In de afgelopen decennia is de incidentie van huidkanker voor alle drie de vormen samen bijna verviervoudigd. Vergrijzing en ozonlaagaantasting verklaren slechts een deel van deze toename. De gemeten effecten van ozonlaagaantasting en klimaatverandering op de UV-stralingsniveaus zijn niet groot genoeg en nog te recent om de sterke toename in de huidkankerincidentie na 1990 te verklaren. De belangrijkste oorzaak lijkt gewijzigd blootstellingsgedrag dat mogelijk heeft geleid tot een toename van de incidentie met een factor 2,5 tussen 1990 en 2014. Daar bovenop verwachten we in de toekomst nog een 5-10% toename als gevolg van de hogere UV-stralingsniveaus die samenhangen met de dünnere ozonlaag in de afgelopen decennia.

De bijdrage van het gebruik van kunstmatige UV-bronnen is onzeker, doordat weinig bekend is over de blootstelling aan bruiningsapparatuur in Nederland. Gebruiken we oudere gegevens hierover en recente gegevens uit Europese studies dan lijkt de bijdrage aan het huidige risico circa 5%. De geringe kennis over de trends in blootstellingsgedrag en het gebruik van zonnebanken bemoeilijkt het inschatten van de toekomstige ontwikkelingen.

Voortgaande vergrijzing en onverstandig zongedrag uit de afgelopen decennia zullen naar verwachting bijdragen aan een sterke toename van de huidkankerincidentie in de komende decennia. Een factor 2 tot 5 extra toename is zeer wel denkbaar in de komende 20 jaar. Verstandiger zongedrag kan de toekomstige incidentie beperken, maar dit vraagt een succesvolle preventiestrategie en een jarenlang gecontinueerde preventie-inspanning.

*De rol van het RIVM*

In de VWS-opdracht is RIVM gevraagd onderbouwde voorstellen te doen over de gewenste UV-kennisbasis en UV-meetinfrastuctuur. RIVM beheert het enige UV-meetpunt in Nederland en heeft langjarige onderzoekservaring over de modellering van effecten van UV-blootstelling op de gezondheid, waaronder huidkanker, staarvorming en

de aanmaak van vitamine D in de huid. Op basis van deze kennis en ervaring kan het RIVM ondersteuning bieden bij adequate voorlichting en preventiecampagnes van bijvoorbeeld KWF/Kankerbestrijding en Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie (NVDV). Om deze kennisbasis actueel te houden zijn ten minste de volgende activiteiten wenselijk:

- 1) Actief volgen van de wetenschappelijke kennis op het gebied van UV-straling, UV-blootstelling en de gezondheidseffecten ervan, en van achtergronden en ontwikkelingen op het gebied van UV-stralingsbeschermingsbeleid. Actief bijhouden van de wetenschappelijke literatuur en actief deelnemen aan (internationale) wetenschappelijke conferenties
- 2) Meten van atmosferische UV-stralingsniveaus op leefniveau in Nederland en het schatten van de trends daarin in relatie tot klimaatverandering en ozonproblematiek.
- 3) Analyseren van UV-blootstelling in relatie tot gedrag, leefstijl en omgeving. De blootstellingssituatie in Nederland in kaart brengen en met scenario-analyses de invloeden van relevante gedragsveranderingen en trends op de (toekomstige) gezondheidseffecten en -risico's inschatten.
- 4) Doelgroep-specifiek informeren en communiceren over "optimaal UV-gedrag", met een afweging tussen de beperking van de schadelijke UV-blootstelling ter bescherming tegen zonverbranding en huidkanker, en de minimaal gewenste blootstelling uit het oogpunt van vitamine D voorziening.

Ad 1: Onderhouden van UV-kennis: Kennis over schadelijke en wenselijke blootstellingsniveaus zal voortdurend herijkt moeten worden op basis van de zich ontwikkelende wetenschappelijke en maatschappelijke inzichten. Gelet op de hoge en sterk toenemende incidentie van huidkanker en de wetenschappelijke en publieke discussies rond gezondheidseffecten van vitamine D is er alle reden om de huidige kennispositie te versterken, en (inter)nationaal verder in te bedden.

Ad 2: UV-metingen: Om het Nederlands publiek te helpen bij het maken van een gezonde keuze, publiceert het RIVM op haar website dagelijks, meerdere malen per uur, eigen metingen van de actuele UV-stralingsniveaus en verwachtingen voor het dagverloop hiervan. Dit gebeurt in de vorm van de UV-index, die we in Nederland zonkracht noemen. Het RIVM heeft een unieke, en Europees gezien relevante, langjarige UV-meetreeks vanaf 1994. Deze metingen zijn van belang voor de analyse van langjarige trends in relatie tot ozonlaagdikte en klimaatverandering. Nederland telt momenteel slechts één UV-meetpunt, die van het RIVM, waar omringende landen beschikken over meetnetten met 4-15 meetposten. Al die meetnetten zijn gefinancierd vanuit de nationale overheden. Gelet op de lokale verschillen in bewolking en de regionale verschillen in ozonlaagdikten is één meetpunt minimaal nodig voor de analyse van trends, en zijn meerdere meetpunten wenselijk om het publiek te informeren over de lokale zonkracht in Nederland.

Ad 3: UV-blootstelling en gedrag: De UV-blootstelling van Nederlanders is slecht bekend. Dit betreft zowel de blootstelling aan de zon, die sterk

beïnvloed wordt door het blootstellingsgedrag, als de blootstelling aan kunstmatige bronnen (veelal gebruikt voor bruining van de huid). De beperkte kennis op het gebied van zonblootstelling in Nederland dateert grotendeels van midden jaren tachtig van de vorige eeuw. Recente kennis is er alleen uit verschillende landen om ons heen (Denemarken, Duitsland). Voor de inschatting van toekomstige risico's en het geven van adequate blootstellingsadviezen is het ontbreken van daadwerkelijke blootstellingsinformatie een grote beperking.

Ad 4: Publieksinformatie en -communicatie: Er valt forse gezondheidswinst te behalen door matiging van de blootstelling. Het bereiken van die gezondheidswinst is echter niet vanzelfsprekend en vereist een adequate communicatiestrategie. RIVM wil en kan hier aan bijdragen middels het publieksvriendelijk ter beschikking stellen van haar kennis en het aanbieden van doelgroep-specifieke informatie. Er zijn immers naast groepen met en teveel aan UV-blootstelling ook groepen die wellicht te weinig zijn blootgesteld.

#### *Aanbeveling*

Een integrale en over beleidsdomeinen afgestemde strategie over UV-stralingsbescherming is wenselijk. Ondersteuning van de UV-stralingsbescherming middels UV-metingen en analyses van gezondheidseffecten past bij de positionering van RIVM op het gebied van gezondheid en milieu en sluit goed aan bij RIVM's gewaagde doel om "keuzen te bieden voor extra gezonde levensjaren". De activiteiten vanuit het RIVM zijn complementair aan werkzaamheden van andere stakeholders op dit kennisveld. Een brede workshop met betrokken ministeries en inhoudelijke stakeholders kan een aanzet vormen voor een breed gedragen aanpak.

## 1 Introductie

De zon is de belangrijkste bron van UV-blootstelling van de bevolking en de intensiteit ervan kan door atmosferische veranderingen, zoals aantasting van de ozonlaag en klimaatverandering sterk worden beïnvloed. UV-blootstelling van de huid wordt gezien als de voornaamste oorzaak voor het ontstaan van huidkanker. De incidentie van huidkanker stijgt sneller dan die voor andere vormen van kanker. Naast de zomerzon kan veelvuldig gebruik van kunstmatige UV-bronnen, zoals zonnebanken, voor een in omvang beperkte groep veel-gebruikers significant bijdragen aan de UV-blootstelling.

Andere schadelijke gezondheidseffecten van chronische UV-blootstelling zijn huidveroudering en staarvorming en kortstondige blootstelling aan hoge doses kan bij de huid leiden tot zonverbranding (erytheem) en bij het oog tot sneeuwblindheid (fotokeratitis). UV-blootstelling van de huid heeft ook een belangrijk positief effect: de aanmaak van vitamine D, dat essentieel is voor de bot- en spierstofwisseling en mogelijk gunstige effecten heeft op een aantal chronische ziekten.

Het grote aantal gevallen van huidkanker en de huidige sterke toename waren voor KWF-Kankerbestrijding aanleiding om verstandig omgaan met UV-blootstelling ook in de komende jaren te benoemen tot een van haar twee speerpunten in het preventiebeleid.

Het RIVM beheert op dit moment het enige UV-monitoringpunt in Nederland met een unieke meetreeks van meer dan 23 jaar, en integreert de kennis van UV-stalingsniveaus met kennis over blootstellings-effectrelaties van UV-stralingseffecten, en met integrale milieu en gezondheidsanalyses. Vanuit deze kennispositie droeg RIVM bij aan tal van (inter)nationale assessments, en aan de onderbouwing van preventiecampagnes van KWF/Kankerbestrijding, als mede aan enkele gezaghebbende rapportages van de Signaleringscommissie Kanker (SCK) van KWF/Kankerbestrijding en de Gezondheidsraad (SCK KWF/Kankerbestrijding 2010, Gezondheidsraad 2012).

De hoofdvraag van dit onderzoek is daarom welke continuering en/of uitbreiding nodig is van de huidige kennisbasis en meetinfrastructuur in Nederland op het gebied van UV-straling in het milieu om blijvend inzicht te hebben in de UV-stralingsniveaus op leefniveau, en de ermee samenhangende UV-blootstelling en gezondheidseffecten.

In deze briefrapportage zal onder meer aangegeven worden hoe de voorgestelde kennisbasis op dit terrein past en aansluit bij nationale en internationale meet- en analyse inspanningen, als mede hoe de kennis benut wordt of kan worden in het preventiebeleid.

Het RIVM heeft daartoe verschillende maatschappelijke actoren betrokken: KWF/Kankerbestrijding, NVDV, stichting melanoom, kennispartners (KNMI, NVWA), en beleidsmakers/voorbereiders (VWS, I&M, en ANVS).

De eerste vier hoofdstukken van dit rapport vormen de hoofdlijn van het rapport, met in hoofdstuk 2 een kort overzicht van de gezondheidseffecten van UV-blootstelling. De relevante kennisvelden

komen aan de orde met nadruk op de waargenomen en verwachte ontwikkelingen in de incidentie van huidkanker in Nederland, als mede de met UV-blootstelling samenhangende medische kosten. Omdat UV-blootstelling van de huid een belangrijke bron is van vitamine D is er aandacht voor de vraag welke kennis nodig is voor het beantwoorden van de vraag "wat is verstandig zongedrag?". Hoofdstuk 2 sluit af met een korte weergave van de RIVM-kennispositie en de rol van UV-monitoring.

In hoofdstuk 3 staat de reactie van andere maatschappelijke actoren op een achttal stellingen over de feiten over UV-straling en gezondheid en de gewenste kennispositie van RIVM.

Hoofdstuk 4 geeft dan een beknopte beantwoording van de hoofdvraag van dit rapport: de gewenste UV-kennisbasis en UV-meetinfrastructuur. RIVM bepleit een voortzetting van de monitoring en publieke presentatie van het UV-stralingsniveau op leefniveau, inclusief de analyse van trends en veranderingen in relatie tot veranderingen in de ozonlaag en klimaat.

Na hoofdstuk 4 volgen drie hoofdstukken die annexen vormen met de inhoudelijke onderbouwing en achtergronden bij de eerste drie hoofdstukken. Zo geeft annex A (hoofdstuk 5) meer inhoudelijke informatie over enkele basisbegrippen en de gezondheidseffecten van blootstelling aan UV-straling.

In hoofdstuk 6 (annex B) staat een overzicht van de inhoudelijke kennisdomeinen die een rol spelen ten aanzien van UV-stralingsbescherming en is aangegeven op welke beleidsterreinen raakvlakken zijn met de UV-stralingsbescherming. Ook is in deze annex een overzicht gegeven van de huidige activiteiten van het RIVM op dit gebied en het gebruik van de RIVM model en meet-infrastructuur voor de analyse van trends in UV-stralingsniveaus en de bijhorende gezondheidseffecten. In hoofdstuk 7 (Annex C) is in meer detail uitgewerkt waarom spectrale metingen op ten minste één meetpost in Nederland nodig zijn, en hoe deze metingen gebruikt worden voor de berekening van de zonkracht, en de analyse van trends in relatie tot klimaatverandering en de ozonproblematiek. Ook zijn gegevens opgenomen over meetnetten voor UV-straling in een aantal ons omringende landen.



## 2 UV-straling en gezondheid in Nederland

### 2.1 Overzicht gezondheidseffecten UV-straling

UV-blootstelling van huid en/of oog kan leiden tot een breed scala aan gezondheidseffecten. Sommige effecten treden kort na de blootstelling op, zoals het rood worden van de huid bij zonverbranding of pijnlijke ogen bij sneeuwblindheid (fotokeratitis). We kunnen UV-blootstelling niet direct waarnemen, en zonverbranding door UV-straling treedt pas enkele uren na de blootstelling op. Bij andere effecten is de blootstelling in een periode van dagen tot weken van belang en bij huidveroudering, huidkanker en staarvorming gaat het om de blootstelling gedurende vele jaren (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1 overzicht gezondheidseffecten van UV-blootstelling

Effect	Termijn van optreden	Rol UV-blootstelling*	Behandeld in paragraaf
Zonverbranding (erytheem)	Uren/dagen	+++	Annex A 5.3
Sneeuwblindheid/lasogen (fotokeratitis)	Uren/dag	+++	Annex A 5.3
Vitamine D productie**	Uren-weken	+++	2.4 en Annex A 5.4
Bruining (pigmentatie)	Dagen/weken	+++	Annex A 5.3
Huidverdikking	Dagen-weken	+++	Annex A 5.3
Specifieke onderdrukking immuunsysteem (lokaal, systemisch); koortslip	Dagen/weken	++	Annex A 5.3
Huidveroudering	Na vele Jaren	+++	
Huidkanker	Na vele jaren	+++	2.3 en Annex A 5.5
Staar	Na vele jaren	+	Annex A 5.6

\*Indicatie van belang van UV-blootstelling:

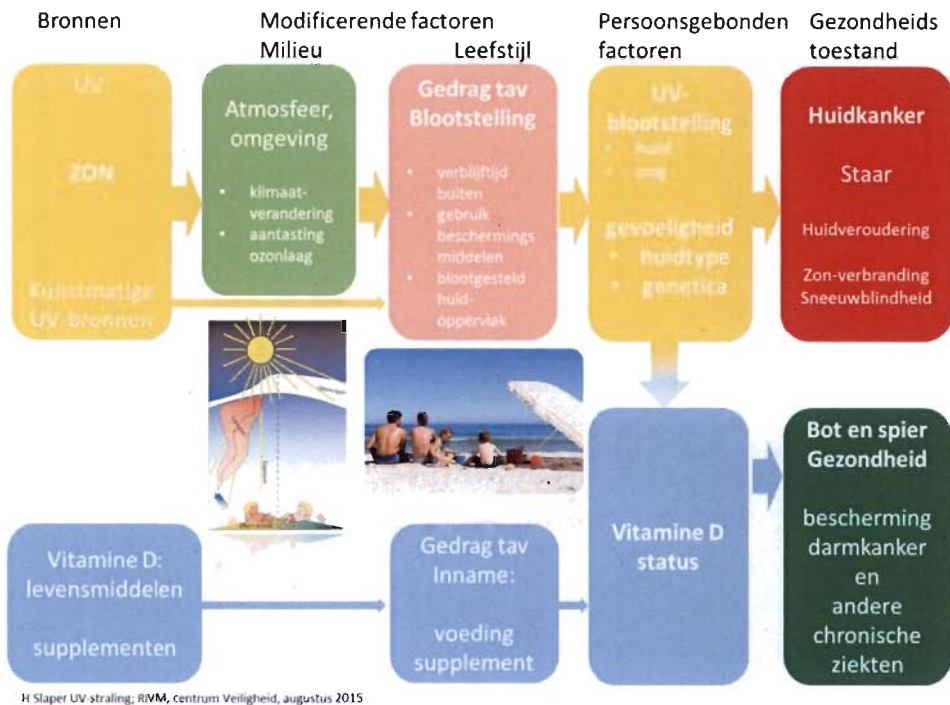
met +++ >60 - 100%; ++ >30 - 60%; + 5 - 30%;

\*\*vitamine D is het enige positieve gezondheidseffect: van belang voor bot en spier gezondheid, en geeft mogelijk gedeeltelijke bescherming tegen een aantal chronische ziekten

### 2.2 UV-straling en gezondheid: samenhangende kennisvelden

Dit rapport geeft een overzicht van de inhoudelijke kennisvelden die nodig zijn voor het inschatten van de gezondheidseffecten van UV-blootstelling. Samen kunnen zij de onderbouwing vormen voor een preventie-strategie en eventuele beleidsontwikkeling (zie schema in figuur 2.1).

Aan de negatieve kant zijn huidkanker en staarvorming de belangrijkste gezondheidseffecten. Huidkanker is de meest voorkomende vorm van kanker in Nederland (zie 2.3). Volgens de huidige inschatting hangt meer dan 90% van de incidentie van huidkanker samen met UV-blootstelling. Voor staar is dat ongeveer een derde. Verstandig blootstellingsgedrag kan een forse gezondheidswinst opleveren, en aldus bijdragen aan extra gezonde levensjaren en vermindering van zorgkosten.



*Figuur 2.1 Schema: De dikten van de pijlen in het schema geven een indicatie van de belangrijkste bijdragende blootstellingsroutes. De blokken geven een overzicht van de belangrijke factoren die de gezondheidseffecten beïnvloeden. Het rode en het groene blok geven respectievelijk de negatieve- en positieve gezondheidseffecten.*

Helemaal vermijden van UV-blootstelling is niet het streven omdat enige blootstelling van belang is voor het onderhouden van een adequate vitamine D voorziening van het lichaam. UV-blootstelling van de huid is voor veel mensen de belangrijkste bron van vitamine D. Vitamine D is essentieel voor de bot- en spiergezondheid, en er zijn aanwijzingen dat een hoge vitamine D status de kans op darmkanker en enkele chronische ziekten vermindert.

### 2.3 Huidkanker in Nederland

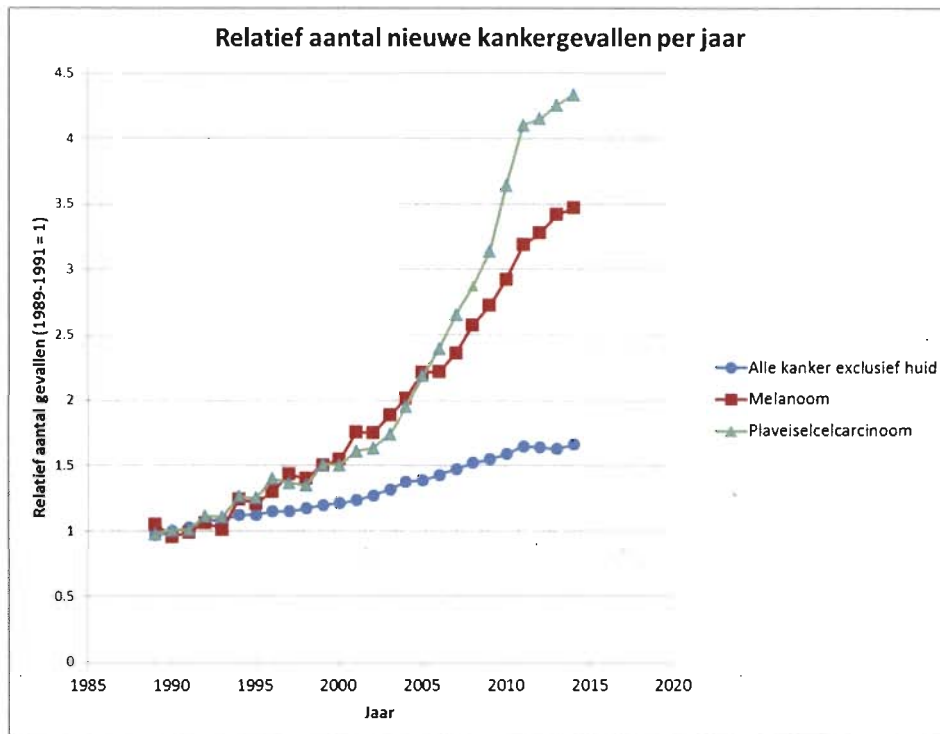
Jaarlijks komen in Nederland meer dan 51.000 nieuwe gevallen van huidkanker voor en overlijden er meer dan 900 mensen aan de gevolgen van huidkanker (zie tabel 2.2). Het melanoom is de gevaarlijkste vorm van huidkanker, waarvan jaarlijks circa 5500 nieuwe gevallen voorkomen en waaraan jaarlijks ruim 800 patiënten overlijden. De incidentie van melanomen in Nederland behoort tot de hoogste in Europa (zie tabel 5.3). De incidentie van huidkanker is de afgelopen decennia veel sterker toegenomen dan die voor andere vormen van kanker (zie ook 2.3.1). Een verdere sterke toename dreigt (zie 2.3.2). Jaarlijks krijgen circa 15.000 mensen een van de landelijk geregistreerde vormen van huidkanker (melanoom en plaveiselcelcarcinoom). Daarnaast zijn er naar schatting landelijk nog eens ruim 36.000 gevallen van basaalcelcarcinoom, de vorm van huidkanker die niet landelijk geregistreerd wordt. Blootstelling aan

ultraviolette-straling (UV) is de belangrijkste oorzaak voor het ontstaan van huidkanker. UV-straling is dan ook door de International Agency for Research on Cancer (IARC) aangemerkt als klasse 1 carcinogeen (kankerverwekkend bij de mens). UV-blootstelling veroorzaakt niet alleen huidkanker, maar ook huidveroudering en zonverbranding (erytheem) en UV-blootstelling van het oog veroorzaakt fotokeratitis (sneeuwblindheid) en draagt ook bij aan staarvorming.

### 2.3.1

#### *Trends in de incidentie van huidkanker*

Sinds 1990 is het jaarlijks aantal nieuwe gevallen van huidkanker bijna verviervoudigd (zie figuur 2.2). Dat geldt zowel voor de landelijk geregistreeerde vormen van huidkanker (melanoom en plaveiselcelcarcinoom) als de niet landelijk geregistreeerde vorm, het basaalcelcarcinoom (zie ook Annex B sectie 5.5 en figuur 5.3).



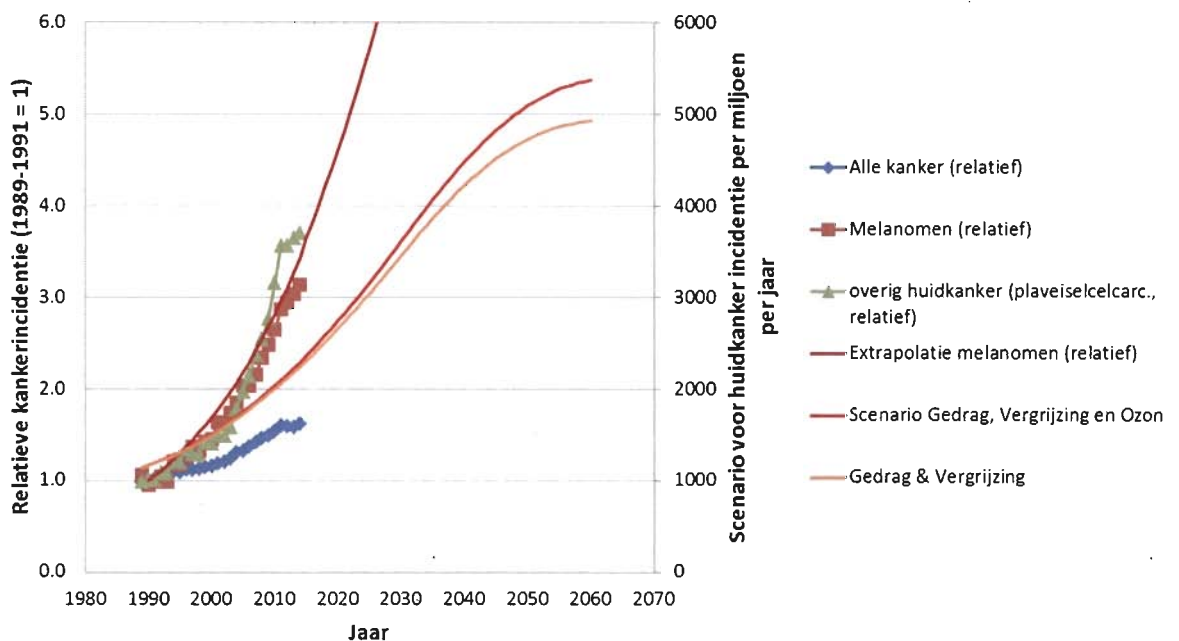
Figuur 2.2 Relatieve toename van het aantal nieuwe gevallen per jaar voor de twee landelijk geregistreeerde typen huidkanker (melanoom en plaveiselcelcarcinoom) en voor alle andere geregistreeerde kankertypen. Toename is ten opzichte van 1989-1991. Gegevens afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL (januari 2016).

Vergrijzing en aantasting van de atmosferische ozonlaag vormen slechts een gedeeltelijke verklaring voor die toename. Het is aannemelijk dat onverstandig blootstellingsgedrag mede ten grondslag ligt aan die sterke toename. De belangrijkste bron voor blootstelling is de zon. Daarnaast kan blootstelling aan kunstmatige bronnen, veelal toegepast voor bruinen van de huid, bijdragen aan het risico. De UV-stralingsniveaus van de zon worden sterk beïnvloed door atmosferische omstandigheden en hebben een directe link met klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag.

### 2.3.2 Toekomstige ontwikkelingen

Uit eerste analyses van het RIVM blijkt dat de huidkankerincidentie ook de komende decennia nog verder fors zal toenemen, waarschijnlijk met een factor 2 tot 5 (of meer) (zie figuur 2.3 en annex 5.5.4). Om deze toename tot staan te brengen is matiging van de blootstelling gedurende langere tijd nodig.

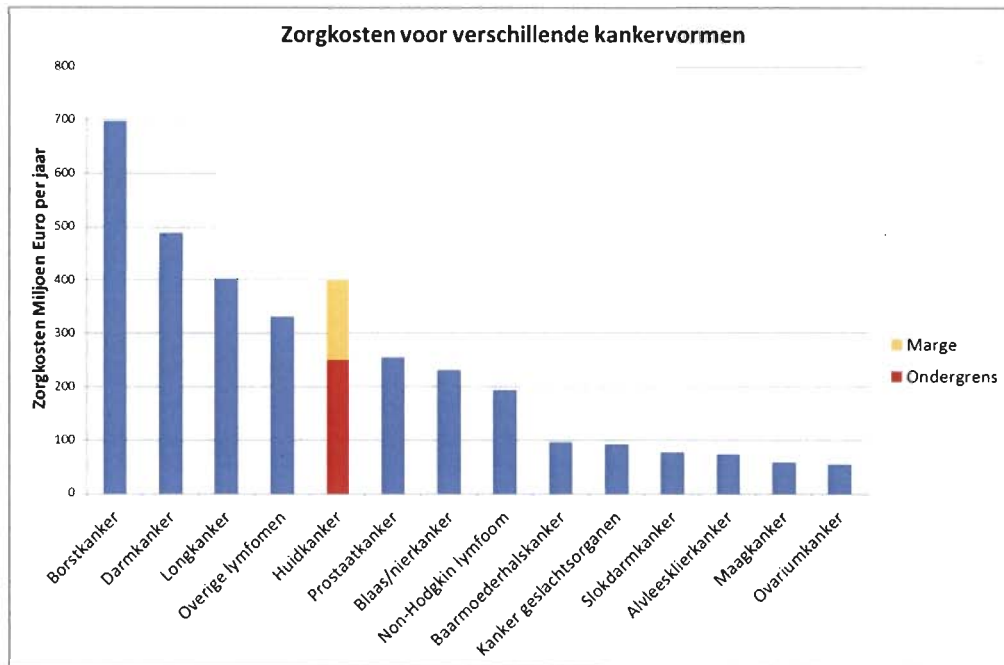
Een zekere mate van UV-blootstelling is overigens wel van belang voor de aanmaak in de huid van vitamine D. De huidproductie door UV is doorgaans de belangrijkste bron van vitamine D.



*Figuur 2.3 Relatieve toename van de kankerincidentie in Nederland tussen 1990 en 2013, voor twee typen huidkanker (melanoom en plaveiselcelcarcinoom) en voor alle vormen van kanker. De huidkanker incidentie neemt veel sneller toe dan die voor alle andere vormen van kanker. Op basis van de risico's bij verschillende leeftijdscohorten is een inschatting gemaakt voor de toekomstige ontwikkeling voor melanomen (onder). Ook een scenarioberekening laat zien dat de huidkankerincidentie in de toekomst nog sterk door zal stijgen.*

### 2.3.3 Kosten voor medische behandeling van huidkanker en staar

De kosten die verbonden zijn met de medische behandeling van huidkanker (maligne en premaligne) bedragen naar schatting 325 (250-400) Miljoen Euro per jaar (zie figuur 2.4). Vanwege staarvorming komt daar naar schatting nog eens 75-150 Miljoen Euro per jaar bij, zodat de totale medische kosten als gevolg van UV-blootstelling meer dan 400 miljoen Euro per jaar bedragen. Omdat een groot deel van deze kosten samenhangen met vermijdbare en behandelbare aandoeningen zijn de medische kosten in belangrijke mate te beperken met een succesvolle preventiestrategie.



Figuur 2.4 Zorgkosten voor verschillende vormen van kanker in vergelijking met de door UV-blootstelling veroorzaakte kosten voor behandeling van huidkanker. De kosten voor alle kankertypen behalve huidkanker zijn voor 2011 en afkomstig uit de kosten van ziekten tool (<https://www.volksgezondheidenzorg.info/kosten-van-ziekten>). Alleen voor huidkanker zijn de kosten geschat op basis van de DBC gerelateerde kosten (afkomstig van Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages afgelezen 26-04-2016) en een opschaling in analogie met voor andere kankervormen gevonden verhoudingen tussen totale kosten en DBC-gerelateerde kosten. De balk aangeduid met marge geeft de bandbreedte van de voorlopige schatting voor huidkanker kosten.

#### 2.3.4 Ziektelast, kosten en trends door UV-straling

In tabel 2.2 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de ziektelast en incidentie die samenhangt met UV-blootstelling. Ook wordt de trend in de incidentie en de bijdrage van gedragsfactoren geschat op basis van de epidemiologische gegevens. Voor huidkanker geldt dat gedragsveranderingen zorgen voor een toename van de incidentie met een factor 2,5 sinds 1990. In principe is deze toename beïnvloedbaar door verstandiger zongedrag. De met UV-blootstelling samenhangende medische kosten zijn geschat op rond 325 Miljoen Euro per jaar, en inclusief de kosten voor de behandeling van door UV geïnduceerde staar komt dit kostenplaatje op circa 400 miljoen per jaar. Een succesvolle preventiestrategie draagt bij aan beperking van de toekomstige ziektelast en dit zal tevens bijzonder kosten-effectief kunnen zijn.

Tabel 2.2 Geschatte ziektelast, kosten en trends door UV-blootstelling

ziektelast		Aantal nieuwe gevallen per jaar	Sterfte per jaar	Toename 1990-2014	Gedrag	Kosten M€/jr <sup>#</sup>
Huidkanker DALY <sup>&amp;</sup> 21500 (ex BCC)	Melanoom	5495*	813	3,5 x	2,55x	325  (250-400)
	Plaveiselcel Carcinoom (PCC)	9196*	105	4,3 x	2,55x	
	Basaalcel Carcinoom (BCC)	36605**	-	4,1 x	2,49x	
Staar DALY <sup>&amp;</sup> 8900		65000***	-		2 x	75-150
DALY totaal >30400		51296 + 65000	918			>400

\* incidentiegegevens (gemiddeld over 2012-2014) afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL (januari 2016);

\*\* Extrapolatie op basis van Gegevens van IKNL-regio Eindhoven

\*\*\* Afgeleid uit gegevens Landelijk Informatienetwerk Huisartsenzorg (LINH);

<sup>#</sup> Kosten op basis van RIVM-analyse van gegevens uit Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages en de kosten van ziekten tool van volksgezondheidszorg.info.nl (zie 5.5.5 en 5.6)

<sup>&</sup> DALY Disability Adjusted Life Years, maat voor de ziektelast van een aandoening;

## 2.4 Verstandig zongedrag: afweging positieve en negatieve gezondheidseffecten

Zoals in 2.2 aangegeven is UV-blootstelling van de huid voor veel mensen de belangrijkste bron van vitamine D. Er zijn internationaal discussies over de minimaal noodzakelijke en optimale vitamine D niveaus, en over de wijze waarop die het best gerealiseerd kunnen worden. Nederland hanteert lagere minimaal gewenste vitamine D niveaus dan bijvoorbeeld Duitsland en de Verenigde Staten. Ook in die landen is er discussie om die normen verder omhoog bij te stellen. Een eventuele verhoging zal een multidisciplinaire discussie nodig maken hoe dit in Nederland het best bereikt kan worden. Bij de huidige Nederlandse grenswaarde van 30 nmol/l<sup>1</sup> kan "het vitamine D probleem" nog worden gezien als "beperkt tot een aantal risicogroepen" en dan met name als de "r" in de maand zit. Mocht een hogere waarde worden gekozen, dan zal snel een groter deel van de Nederlandse bevolking betrokken raken, waardoor een andere benadering nodig zal zijn.

De vraag "wat is verstandig zongedrag?" vereist een solide wetenschappelijke kennisbasis. UV-stralingsbescherming raakt aan diverse beleidsterreinen, maar is in Nederland nergens helder integraal neergelegd. RIVM pleit voor een zorgvuldige beleidsafweging ten aanzien van UV-stralingsbescherming en voor het in stand houden van een inhoudelijke kennisbasis op UV-stralingsgebied, waaronder de meting en analyse van UV-stralingsniveaus in Nederland en de analyse

<sup>1</sup> concentratie van de metaboliet 25-OH-D (25-hydroxy vitamine-D) in bloed

van de gezondheidseffecten van UV-straling. Die kennisbasis is van essentieel belang ter ondersteuning van preventieprogramma's als die van KWF/Kankerbestrijding en voor de adequate informatievoorziening van de bevolking over de positieve en negatieve effecten van UV-blootstelling.

## **2.5 RIVM-kennispositie ten aanzien van UV-straling**

RIVM beheert het enige UV-meetpunt in Nederland met een unieke meetreeks van ruim 23 jaar over de UV-stralingsniveaus in Nederland en publiceert elke 12 minuten de zonkrachtmeting op de webpagina ([www.rivm.nl/zonkracht](http://www.rivm.nl/zonkracht)). Deze webpagina hoort tot de meest bekeken milieupagina's en wordt een op een overgenomen door andere sites, zoals buienradar.nl. De actuele RIVM-meetwaarden van de zonkracht zijn dus voor iedereen beschikbaar. Daarnaast leveren deze meetgegevens de basis voor de analyse van trends in relatie tot ozon- en klimaatproblematiek. Ook geven de metingen inzicht in seizoens- en tijd-van-de-dag afhankelijke variaties van de zonkracht in de loop der jaren. De metingen zijn ook van belang voor de validatie van satellietgegevens (waarmee een werelddekkende kaart van UV-stralingsniveaus wordt geschat) en dienen als basis voor UV-blootstellingsonderzoek. Het is te overwegen om het aantal meetpunten uit te breiden, zodat de publieksvoorlichting over actuele UV-stralingsniveaus rekening kan houden met regionale verschillen. Ons omringende landen hebben alle een meetnet met doorgaans circa 10 meetpunten. In alle gevallen gaat het om door de nationale overheden gefinancierde meetinspanningen. In aanvulling op de meetexpertise heeft RIVM kennis van blootstellings-effect relaties voor UV-stralingseffecten en ervaring met integrale risicoanalyses.

Naast de bijdrage aan de (onderbouwing van) preventieprogramma's, zoals die van KWF/Kankerbestrijding, heeft de RIVM kennis bijgedragen aan recente rapporten van de Signalerings Commissie Kanker over "de relatie tussen kanker, zonnestraling en vitamine D" en de Gezondheidsraad over vitamine D voedingsnormen. Ook is bijgedragen aan diverse nationale en internationale milieu-assessments, onder meer ten behoeve van Wereldozondag, UNEP-evaluaties over de ozon en klimaatproblematiek en een onder Deens EU-voorzitterschap gehouden conferentie over de invloed van aantasting van de ozonlaag op de UV-stralingsniveaus en daarmee op de stijgende incidentie van huidkanker in Europa.





### 3 Feiten en Stellingen ten aanzien van Ultraviolette (UV) straling

In dit hoofdstuk vatten we de feiten over UV-straling en gezondheid op hoofdlijn samen in paragraaf 3.1. Op basis van deze feiten formuleren we vervolgens een achttal stellingen over UV-stralingsbescherming en de kennispositie van het RIVM (paragraaf 3.2). De samenvatting en stellingen zijn voorgelegd aan vertegenwoordigers van vijf andere stakeholders in het veld en de visie van deze stakeholders op de stellingen is weergegeven in paragraaf 3.3.

#### 3.1 Samenvattende feiten over UV-straling en gezondheid

In de afgelopen decennia steeg het jaarlijks aantal nieuwe kankergevallen voor huidkanker relatief (en absoluut) veel sneller dan voor alle andere vormen van kanker, en de verwachting is dat deze toename ook de komende decennia nog volop doorzet. De stijging is veel groter dan op basis van vergrijzing verwacht mag worden. De Nederlandse incidentie van het melanoom, de gevaarlijkste vorm van huidkanker, behoort tot de hoogste in Europa.

De voornaamste oorzaak van het ontstaan van huidkanker is blootstelling aan UV-straling. De belangrijkste bron voor UV is de zon. De intensiteit ervan kan beïnvloed worden door mondiale milieuproblemen als klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag, en door regionale en lokale effecten van luchtverontreiniging (stofdeeltjes, ozonsmog).

De voornaamste oorzaak van de nu waargenomen sterke toename van het aantal gevallen van huidkanker is waarschijnlijk gewijzigd blootstellingsgedrag in de afgelopen decennia, en die effecten kunnen (in de toekomst) versterkt worden door klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag.

Met 52000 nieuwe gevallen van huidkanker per jaar en hierdoor meer dan 900 sterfgevallen is de jaarlijkse ziektelast momenteel 21500 DALY's<sup>2</sup> <sup>3</sup>. Een verdere twee tot vijfvoudige toename dreigt in de komende decennia, tenzij de UV-blootstelling gematigd wordt!

Naast huidkanker draagt UV-blootstelling van het oog bij aan het risico op staarvorming. Ook de incidentie van staar is sterk toegenomen in de afgelopen decennia. Met een schatting dat een derde van de staargevallen door UV-blootstelling wordt veroorzaakt komen we op 8900 DALY's per jaar.

Bij elkaar opgeteld levert UV-blootstelling een jaarlijkse gezondheidslast van ten minste 30400 DALY's. Onbepaald en niet meegewogen in deze

<sup>2</sup> DALY – Disability Adjusted Life Years, maat voor de ziektelast van een aandoening

<sup>3</sup> Merk op dat de sterfterisico's voor huidkanker sterk verschillen met het type huidkanker: zo is het melanoom, de gevaarlijkste vorm van huidkanker, verantwoordelijk voor circa 10% van de incidentie en voor 90% van de sterfgevallen. De niet-melanomen, nog onder te verdelen in plaveiselcel- en basaalcelcarcinomen, zijn verantwoordelijk voor 90% van de incidentie en 10% van de sterfte. Kosten voor de gezondheidszorg hangen wel in belangrijke mate samen met de minder gevaarlijke en premaligne aandoeningen.

UV-ziektelast zijn zonverbranding en sneeuwblindheid, en mogelijk nadelige gevolgen van versnelde huidveroudering en immunologische effecten op bijv. infecties. UV-blootstelling behoort qua DALY-last tot de top drie van milieufactoren.

De UV-gerelateerde zorgkosten zijn momenteel ten minste 400 miljoen Euro per jaar, waarvan circa 325 miljoen Euro voor huidkanker en premaligne huidandoeningen en 75 miljoen Euro voor staar. De niet-medische sociaal/maatschappelijke kosten (verzuim, DALY-last etc) zijn daarbij niet meegerekend.

De zon is de belangrijkste bron van UV-blootstelling, hoewel een beperkt deel van de populatie zich (ook) blootstelt aan kunstmatige bronnen (zonnebanken). De intensiteit van de UV-straling van de zon op leefniveau hangt sterk af van de zonnehoogte, van de dikte van de ozonkolom in de atmosfeer, van bewolking en van aerosolen. Klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag kunnen het voor effecten relevante UV-klimaat sterk beïnvloeden, net als de uitstoot van (fijn)stof door verkeer en industrie, en ozonsmog.

Enige UV-blootstelling is van belang voor de aanmaak van vitamine D in de huid. Vitamine D is essentieel voor een goede bot- en spierstofwisseling en er zijn aanwijzingen dat het ook gunstig kan zijn voor verschillende chronische ziekten en voor het voorkomen van darmkanker. De huidige Nederlandse norm voor de minimale vitamine D status is door de Gezondheidsraad opgesteld, en is internationaal gezien aan de lage kant. Mocht de vitamine D norm in de toekomst naar boven worden bijgesteld dan is het de vraag of tekorten het best met voedingssupplementen kunnen worden ingevuld dan wel via UV-blootstelling.

## **3.2 Stellingen over UV-stralingsbescherming en kennisinfrastructuur**

### **3.2.1 *Stelling 1 De hoge en toenemende incidentie van huidkanker rechtvaardigt overheidsinspanning***

Toelichting: de incidentie van huidkanker in Nederland behoort tot de hoogste in Europa en neemt sterk toe, sterker dan voor elke andere kankersoort. UV-blootstelling van de huid is de belangrijkste oorzaak. Dit rechtvaardigt meer aandacht bij de overheid voor de UV-stralingsbescherming. Omdat de relatie tussen UV-blootstelling en huidkanker overtuigend is aangetoond valt er grote gezondheidswinst te behalen door verbetering van de bescherming tegen UV-straling. UV-stralingsbescherming blijkt momenteel nergens binnen de overheid belegd, met uitzondering van enige regelgeving op het gebied van kunstmatige UV-bronnen.

### **3.2.2 *Stelling 2 UV-stralingsniveaus zijn van belang voor volksgezondheid en mondiale milieuproblemen***

Toelichting: het door de overheid ondersteunen van een kennisbasis over UV-stralingsniveaus in het milieu, UV blootstelling en UV-stralingsrisico's en effecten is van belang uit het oogpunt van volksgezondheid, en heeft een relatie met mondiale milieuproblemen als klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag.

3.2.3 *Stelling 3 Een UV-meetpunt is nodig voor trend-analyses, publieksvoorlichting en validatiestudies*

Toelichting: omdat de zon de belangrijkste bron is voor UV-blootstelling van de bevolking is het onderhouden van ten minste één kwalitatief hoogwaardig spectraal UV-meetpunt voor milieumonitoring in Nederland nodig en van belang voor:

- a) Het volgen van de invloed van klimaatverandering op de UV-stralingsniveaus in Nederland
- b) Het voortzetten van een voor Nederland unieke, en ook Europees gezien lange UV meetreeks van meer dan 23 jaar (1994-heden)
- c) Het ondersteunen van publieksvoorlichting ten aanzien van de preventie van huidkanker (bijvoorbeeld de preventiecampagnes van KWF/Kankerbestrijding), middels rechtstreekse weergave van de zonkracht (=maat voor UV-intensiteit).
- d) Validatie van satelliet gebaseerde modelmatige analyses van de regionale UV stralingsbelasting op grondniveau
- e) Het volgen van effecten van ozonaantasting, en mogelijk ozonherstel en de mogelijke klimaat-ozoninteracties

3.2.4 *Stelling 4 Spectrale metingen zijn nodig*

Toelichting: spectrale monitoring is nodig zodat ook bij toekomstig wijzigende inzichten over de biologische effectiviteit van verschillende UV-golflengten een her-analyse kan plaatsvinden met nieuwe spectrale weegfactoren (actiespectra; zie ook 7.3 voor technisch inhoudelijke achtergrond). Ook kunnen op basis van spectrale metingen evaluaties plaatsvinden voor verschillende effecten: zonverbranding, huidkanker, vitamine-D aanmaak.

3.2.5 *Stelling 5 De unieke modelinfrastructuur voor effectevaluaties moet behouden worden voor (inter)nationale assessments*

Toelichting: het RIVM heeft een aantal modellen ontwikkeld voor blootstellings-, effect- en risicoschattingen. Naast de evaluatie van huidkanker en staarvorming is het mogelijk om vitamine D aanmaak te modelleren. Dit biedt mogelijkheden om toekomst-scenario-analyses uit te voeren. Ook de gecombineerde invloed van klimaat- en gedragsverandering kan zo worden gesimuleerd.

Aanbevolen wordt de, ook internationaal gezien, unieke integratieve modellering te behouden. Deze kennisbasis draagt bij aan nationale en internationale assessments en rapportages (zie stelling 6).

3.2.6 *Stelling 6 RIVM-kennis en metingen dragen bij aan de onderbouwing van preventiecampagnes van KWF/Kankerbestrijding en aan nationale commissierapporten*

Toelichting: de RIVM metingen en analyses van de UV-stralingsniveaus in het milieu en inschatting van de blootstelling en effecten daarvan zijn in de afgelopen jaren gebruikt voor de berekening van vitamine D productie in de huid. Deze informatie is gebruikt in een rapportage van de Gezondheidsraad over vitamine-D en het rapport van de signaleringscommissie kanker van KWF/Kankerbestrijding over "Vitamine D, zon-blootstelling en kanker". Daarnaast heeft RIVM met die kennis bijgedragen aan meerdere KWF voorlichtingscampagnes.

De RIVM kennis op dit gebied is complementair aan kennis van LUMC op het gebied van preventief effectonderzoek, Erasmus MC ten aanzien van epidemiologisch huidkankeronderzoek, KNMI ten aanzien van grond- en satelliet metingen van de ozonkolom, en NVWA met kennis over kunstmatige UV-bronnen in zonnestudio's. Ipv deze kennis-basis te verstevigen om de toename in huidkanker effectief het hoofd te bieden, is deze hoe langer hoe meer onderdruk komen te staan, met o.a. het opheffen van het effectonderzoek aan het LUMC.

Behoud van deze kennisbasis is nuttig en nodig bij het geven van voorlichting over gezond blootstellingsgedrag, zodat het publiek op basis van de juiste informatie de individuele gedragskeuzen kan maken.

**3.2.7** *Stelling 7 De kennis in Nederland over persoonsblootstelling is te beperkt*

Toelichting: er is in Nederland nog (te) beperkte kennis over de mate waarin huid en ogen van leden van de bevolking worden blootgesteld aan UV-straling van de zon en kunstmatige UV-bronnen.

**3.2.8** *Stelling 8 RIVM heeft unieke relevante kennisbasis over UV-stralingsniveaus en gezondheid tav huidkanker en vitamine D*

Toelichting: omdat UV-blootstelling enerzijds leidt tot huidkanker en anderzijds goed is voor de aanmaak van vitamine D, is een afweging noodzakelijk.

De RIVM-kennisbasis op het gebied van UV-straling, UV blootstelling en UV-gezondheidseffecten kan samen met de kennis over inname van vitamine D middels voeding en supplementen toekomstige VWS-kennisvragen op dit gebied ondersteunen.

**3.3** **Visie op de stellingen door andere stakeholders**

Bovenstaande feiten en stellingen zijn voorgelegd aan KWF/Kankerbestrijding, de Nederlandse vereniging voor Dermatologie en Veneerologie (NVDV), het KNMI, de NVWA, en dr FR de Gruijl van LUMC. Ook is gesproken met SZW en I&M en de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is gevraagd naar haar rol mbt UV-stralingsbescherming. De ANVS geeft daarbij aan geen taak te hebben ten aanzien van UV-stralingsbescherming: zij hebben uitsluitend een mandaat op het gebied van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming voor ioniserende straling.

**3.3.1** *KWF/Kankerbestrijding*

KWF/Kankerbestrijding heeft matiging van de UV-blootstelling benoemd tot één van haar twee preventiespeerpunten, omdat de door UV veroorzaakte huidkankerincidentie zo sterk toeneemt en er een duidelijke gezondheidswinst is te behalen door verstandiger om te gaan met UV-blootstelling.

*Stelling 1*

KWF/Kankerbestrijding onderschrijft stelling 1 volledig en benadrukt dat er duidelijke gezondheidswinst is te behalen door de eenduidige relatie tussen UV-blootstelling en het ontstaan van huidkanker.

### Stellingen 2 en 3

Ook stellingen 2 en 3 worden volledig onderschreven, met als extra opmerking dat het voor KWF met name relevant is uit het oogpunt van voorlichting, waarbij het niet alleen gaat om het vermijden van de hoogste stralingsniveaus, maar juist ook om het matigen van langdurige blootstelling onder alledaagse condities.

Stelling 4 is technisch inhoudelijk en niet het expertise gebied van KWF/Kankerbestrijding. Met een toelichting van RIVM-zijde wordt de motivatie helder.

Stelling 5: de beschikbaarheid van methoden om scenario analyses uit te voeren die een afweging kunnen maken tussen huidkanker risico's en bijvoorbeeld ook de gewenste huidproductie van vitamine D is voor KWF/Kankerbestrijding zeer relevant.

Stelling 6: het belang van de RIVM kennis en bijdragen tbv adviesrapporten voor Gezondheidsraad en KWF/Kankerbestrijding wordt geheel onderschreven. Voor KWF/Kankerbestrijding is dit een belangrijk punt als kennisbasis ten behoeve van de onderbouwing van haar voorlichtingscampagnes.

Stelling 7: KWF/Kankerbestrijding onderschrijft het gebrek aan kennis over de huidige blootstellingsniveaus, en geeft aan dat deze kennis voor haar interessant is ter ondersteuning van de publiekscommunicatie.

Stelling 8: KWF onderschrijft ook deze stelling en geeft aan dat er bij groepen zorg is over de (on)voldoende aanmaak van vitamine D. Dit wordt in de visie van KWF vaak als excuus aangegrepen om langer dan verantwoord in de zon te zitten of gebruik te maken van de zonnebank, met alle bijbehorende risico's voor het krijgen van huidkanker op latere leeftijd.

### 3.3.2

#### *Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie (NVDV)*

De stellingen zijn voorgelegd aan het bestuur van de vereniging van dermatologen, en namens het bestuur heeft de directeur, dr Jannes van Everdingen, aangegeven RIVM te steunen met betrekking tot het onderhouden van de kennisbasis ten behoeve van de preventie van huidkanker. De NVDV is zelf actief op het gebied van de oncologie van de huid en er is in aanvulling op dit bestuursstandpunt gesproken met de voorzitter van de Domeingroep Oncologie van de NVDV, mr dr Ellen de Haas (Erasmus MC). Zij gaf aan dat er grote zorgen zijn over de sterke toename van het aantal gevallen van huidkanker in Nederland. Bovendien behoort de Nederlandse incidentie van de gevaarlijkste vorm van huidkanker, het melanoom, tot de hoogste van Europa. Dit rechtvaardigt meer aandacht en kennisonderhoud voor het onderwerp van huidkankerpreventie. De NVDV is zelf actief middels het organiseren van een jaarlijkse huidkankerdag, met afgelopen jaar 7000 deelnemers.

Stellingen 1, 2 en 3 worden onderschreven gelet op het belang van zonblootstelling.

Stelling 4 ligt buiten de competentie van de NVDV.

Ook het belang van een zorgvuldige afweging van risico's en voordelen van (beperkte) UV-blootstelling wordt door NVDV onderschreven (stellingen 5-8).

### 3.3.3

#### *Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, KNMI*

KNMI adviseert en waarschuwt de samenleving over risico's op het gebied van weer, klimaat en seismologie. KNMI ontwikkelt daartoe

onder meer hoogwaardige kennis en modellen, en verricht waarnemingen. KNMI is inhoudelijk actief ten aanzien van mondiale milieuproblemen waaronder klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag. De inspanningen van KNMI op dit gebied zijn complementair aan de kennis en werkzaamheden van RIVM. KNMI meet onder meer de dikte van de ozonlaag in Nederland en analyseert de ozonverdeling met behulp van satellietwaarnemingen en ozonsonderingen. RIVM beheert het enige meetpunt in Nederland van voor gezondheidseffecten relevante UV-straling.

KNMI onderschrijft het blijvend belang en de risico's van UV straling voor de volksgezondheid, en ziet op dit punt een taak voor RIVM bij de UV-stralingsbescherming van de bevolking en het milieu (stelling 1).

Stelling 2: KNMI onderschrijft een natuurlijke rol van RIVM ten aanzien van het onderhouden van de kennisbasis in Nederland op het gebied van UV in relatie tot de volksgezondheid.

Stelling 3: KNMI onderschrijft dat er in Nederland ten minste één kwalitatief hoogwaardig spectraal UV-meetpunt nodig is, met als belangrijkste argumenten: het voortzetten van de unieke langjarige meetreeks (3b) en de beschikbaarheid voor validatie van satelliet gebaseerde analyses van regionale UV-stralingsniveaus (3d). KNMI doet de suggestie om uit het oogpunt van interpretatie, bijvoorbeeld de invloed van wolken en aerosolen, de langdurige metingen van spectraal UV naar de Nederlandse referentiesite in Cabauw te verplaatsen.

Stelling 4, 5, 6 en 8: KNMI onderschrijft deze stellingen en geeft aan zelf kennis te kunnen bijdragen over de invloed van veranderingen in de ozonlaag en klimaatverandering in de toekomst (waaronder scenario's).

#### 3.3.4 *Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA)*

De NVWA heeft een toezichthoudende taak met betrekking tot bestaande regelgeving op het gebied van blootstelling aan kunstmatige UV-bronnen in commerciële zonnepunten. Onderzoek in opdracht van de NVWA heeft aangetoond dat er in Nederland veel commerciële zonnepunten zijn, waarbij de leeftijdslimiet voor blootstelling van 18 jaar niet wordt nageleefd. In 2016 vindt een onderzoek plaats naar de naleving van de stralingslimiet voor UV-apparatuur.

Vanuit de NVWA wordt erkend dat voor het goed inschatten van de huidkankerrisico's van kunstmatige UV-bronnen ook inzicht nodig is in de UV-blootstelling door zonnestraling.

#### 3.3.5 *Leids Universitair Medisch Centrum, dr F.R. de Gruijl*

Dr de Gruijl is Universitair Hoofd Docent bij het LUMC met jarenlange ervaring in het onderzoek naar gezondheidseffecten van UV-straling op de huid. Hij nam/neemt deel in tal van (inter)nationale commissies, waaronder the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, (ICNIRP, 1997-2008), de Gezondheidsraad, het ozone layer science panel van de United Nations Environment Programm, en was voorzitter van een werkgroep van de Signaleringscommissie Kanker van KWF/Kankerbestrijding over "de relatie tussen kanker, zonnestraling en vitamine D".

Hij onderschrijft de stellingen die het RIVM formuleerde geheel en ondersteunt de stelling dat UV-stralingsmetingen en kennisinfrastructuur overeind moeten blijven. Hij geeft erbij aan dat ook het wetenschappelijk medisch biologisch onderzoek ten behoeve van UV-

stralingsbescherming en preventie versterking behoeft, omdat dit in Nederland door bezuinigingen geheel dreigt te verdwijnen.

### **3.4 Samenvattende visie op basis van de inbreng van de stakeholders**

Dat de incidentie van huidkanker sterk is toegenomen, en samenhangt met de UV-blootstelling van de huid is onomstreden. Matiging van de UV-blootstelling van de huid kan dan ook leiden tot forse gezondheidswinst met betrekking tot huidkanker, en verminderde blootstelling van het oog waarschijnlijk ook tot minder staar. Daarom zetten KWF/Kankerbestrijding en NVDV in op huidkanker preventie. Voor KWF is dat naast roken haar tweede preventiespeerpunt. Feitelijk onderschrijven alle geraadpleegde stakeholders de stellingen, voor zover aansluitend bij hun competenties. KWF en NVDV onderstrepen het nut van de kennis over UV-stralingsniveaus, maar ook van kennis over de met UV-blootstelling samenhangende overige gezondheidseffecten. Naast huidkanker en staarvorming is vooral de aanmaak van vitamine D van belang. UV-blootstelling is doorgaans de belangrijkste bron van vitamine D en zoals in hoofdstuk 2 (en hoofdstuk 5 annex A) is aangegeven, zijn er nationaal en internationaal wetenschappelijke en publieke discussies over gewenste vitamine D niveaus. KWF geeft aan dat de indruk bestaat dat onvoldoende aanmaak van vitamine D door groepen als excuus wordt gebruikt voor langer dan verantwoord in de zon zitten of gebruik van zonnebanken. Naast de UV-monitoring is het van belang meer kennis op te bouwen over de daadwerkelijke blootstelling in Nederland en over de kennis over blootstellings-effectrelaties die nodig is om preventieprogramma's te onderbouwen. Een zorgwekkende ontwikkeling is dat de universitaire medische biologische kennisontwikkeling ter ondersteuning van de UV-stralingsbescherming vrijwel is weggefallen.





## 4 Gewenste UV-kennisbasis en UV-meetinfrastructuur

Gelet op de vele ontwikkelingen in het internationale onderzoeksveld is het gewenst om naast de UV-metingen ook de beantwoording van de vraag "wat is verstandig zongedrag?" voortdurend te herijken op basis van de nieuwste wetenschappelijke inzichten. Het belang van UV-stralingskennis voor gedegen publieksvoorlichting en beleidsontwikkeling is ook onderschreven door andere stakeholders en deskundigen (zie 3.3).

Op basis van de bevindingen in dit onderzoek stelt RIVM voor om:

- de huidige UV-monitoring, web-weergave en analyse van de UV-stralingsniveaus en trends in relatie tot de ozon- en klimaatproblematiek voort te zetten, en breder beschikbaar te maken voor validatiestudies en effectonderzoek (publiek beschikbare database).
- de inhoudelijke informatie over UV-straling en de ermee samenhangende gezondheidseffecten en risico's op de webpagina uit te breiden en in een meer publieksvriendelijke vorm aan te bieden.
- het Assessment Model for Ultraviolet Radiation and Risks (AMOUR) te onderhouden en verbeteren zodat naast milieuaspecten ook gedragsfactoren kunnen worden meegenomen in een inschatting van toekomstige gezondheidseffecten en risico's.
- in kaart te brengen wat de werkelijke blootstelling aan UV van Nederlanders is, rekening houdend met diversiteit.
- Generatie/leeftijdspecifieke trends in Nederland in de huidkankerepidemiologie te volgen en de ontwikkelingen te duiden zodat deze benut kunnen worden bij het maken van scenario-berekeningen. Kruisbestuiving met de modellering van de effecten van ioniserende straling kan hierbij helpen.
- de modellering van de vitamine D status in relatie tot vitamine D productie in de huid door UV-blootstelling en de inname van vitamine D te integreren in de AMOUR-modellsystematiek, onder meer om ook hier scenario-analyses voor toekomstige ontwikkelingen te kunnen uitvoeren
- een kennisbasis over gezondheidseffecten van vitamine D te onderhouden, voor het afwegen van de positieve en negatieve gezondheidseffecten van UV-blootstelling
- bij te dragen aan de onderbouwing van voorlichting- en preventiecampagnes, alsmede de eventuele beleidsontwikkeling (zie Geller et al, 2010)

Daarnaast is het te overwegen een of enkele UV-meetpunten met eenvoudiger meetapparatuur in te richten op andere locaties in het land. Vervolgonderzoek zou zich verder kunnen richten op een analyse van de persoonsblootstelling in Nederland, zodat het relatieve belang van specifiek blootstellingsgedrag beter bepaald kan worden, als mede het relatieve belang van zonblootstelling en het gebruik van kunstmatige UV-bronnen.

Bovenstaande activiteiten kunnen een zeer kosten-effectieve bijdrage leveren aan het beperken van de incidentie van huidkanker. Met de inzet van rond 1 promille van de jaarlijkse aan UV-blootstelling gerelateerde zorgkosten is een kennisbasis met voldoende kritische massa te onderhouden, die direct bijdraagt aan:

- de wetenschappelijke onderbouwing van preventieprogramma's en gedegen inhoudelijke voorlichting,
- de evaluatie van gezondheidseffecten van mondiale milieuproblemen, en
- de afweging van negatieve en positieve gezondheidseffecten van UV-blootstelling.

Een fors aantal gezonde levensjaren is te winnen door "verstandiger UV-blootstellingsgedrag", waarbij de voorlichting moet worden afgestemd op de doelgroep, omdat er naast grote groepen met een onverstandig hoog UV-blootstellingsniveau er ook mensen zijn met een te geringe blootstelling. De effecten van klimaatverandering en ozonaantasting kunnen daarbij de gedragseffecten versterken.

## 5 ANNEX A UV-straling en gezondheid in Nederland

### 5.1 Overzicht gezondheidseffecten UV-blootstelling

UV-blootstelling van huid en/of oog kan leiden tot een breed scala aan gezondheidseffecten. Sommige effecten treden kort na de blootstelling op, bij andere is de blootstelling in een periode van dagen tot weken van belang en bij huidveroudering, huidkanker en staarvorming gaat het om de blootstelling gedurende vele jaren. We vatten hier kort de belangrijkste aspecten samen, met focus op de lange termijn gezondheidsschade. In 5.2 geven we een aantal basisbegrippen die van belang zijn bij de evaluatie van gezondheidseffecten. We onderscheiden UVA, UVB en UVC, en geven aan hoe de biologische effectieve UV-bestralsingssterkte en zonkracht worden berekend. Vervolgens gaan we in op de gezondheidseffecten van UV-blootstelling (zie tabel 5.1): effecten op de korte en middellange termijn in 5.3, op de aanmaak van vitamine D in 5.4, op de relatie met verschillende vormen van huidkanker in 5.5 en op staarvorming in 5.6. In 5.5 geven we ook trends en mogelijke ontwikkelingen in de incidentie van huidkanker aan, alsmede de met behandeling van (maligne en premaligne) huidkanker samenhangende zorgkosten. In 5.7 vatten we de incidenties en ziektelast en de belangrijkste trends samen.

Tabel 5.1 overzicht gezondheidseffecten van UV-blootstelling

Effect	Termijn van optreden	Rol UV-blootstelling*	Behandeld in paragraaf
Zonverbranding (erytheem)	Uren/dagen	+++	5.3
Sneeuwblindheid/lasogen (fotokeratitis)	Uren/dag	+++	5.3
Vitamine D productie**	Uren-weken	+++	5.4
Bruining (pigmentatie)	Dagen/weken	+++	5.3
Huidverdickking	Dagen-weken	+++	5.3
Onderdrukking immuunsysteem (lokaal, systemisch); koortslip	Dagen/weken	++	5.3
Huidveroudering	Na vele Jaren	+++	
Huidkanker	Na vele jaren	+++	5.5
Staar	Na vele jaren	+	5.6

\*Indicatie van belang van UV-blootstelling:

met +++ >60%; ++ >30 - 60%; + 5 - 30%;

\*\*vitamine D is het enige positieve gezondheidseffect: van belang voor bot- en spiergezondheid, en mogelijk voor gedeeltelijke bescherming tegen een aantal chronische ziekten

### 5.2 UV-straling, enkele basisbegrippen

#### 5.2.1 Effectieve bestralingssterkte, effectieve dosis en zonkracht

UV-straling behoort net als bijvoorbeeld licht en Röntgen- of gamma-straling tot het elektromagnetische stralingspectrum. Wit licht is opgebouwd uit straling met verschillende golflengten, waarmee verschillende kleuren corresponderen. Voor UV-straling geldt ook dat het is opgebouwd uit verschillende golflengten, en de mate waarin UV-

straling biologische effecten veroorzaakt blijkt sterk afhankelijk van de golflengte. We kunnen UV-straling niet direct zien of voelen.

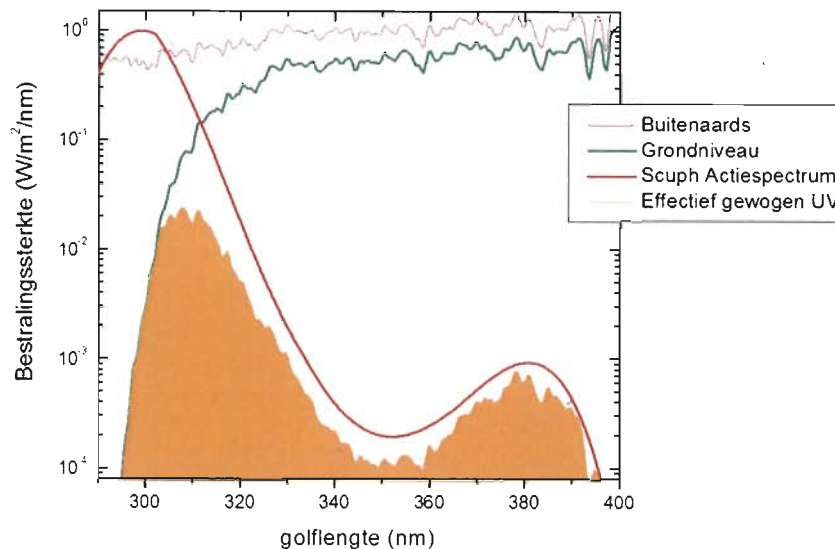
UV-straling omvat het golflengtegebied tussen 100 en 400 nanometer (nm), en wordt veelal opgedeeld in drie gebieden: het langgolvlige UVA tussen 315 en 400 nm, het kortgolvlige UVB tussen 280 en 315 nm en het nog kortgolvlige UVC tussen 100 en 280 nm. Blootstelling aan UV-straling uit alle drie deze golflengtegebieden kan leiden tot schadelijke effecten op huid en oog, maar de hoeveelheid stralingsenergie per eenheid van oppervlak die nodig is voor het veroorzaken ervan is sterk verschillend voor verschillende golflengten. Met die verschillen in effectiviteit bij verschillende golflengten wordt rekening gehouden door de fysische stralingsenergie per golflengte te vermenigvuldigen met een weefactorafhankelijke biologische weefactor. De biologische weefactoren zijn specifiek voor het te beschouwen effect en worden in de fotobiologie actiespectra genoemd (rode curve in figuur 5.1 geeft een voorbeeld actiespectrum; zie 7.3.1 voor enkele andere voorbeelden). De effectieve dosis is in de fotobiologie gedefinieerd als de totale effectgewogen hoeveelheid stralingsenergie die per oppervlakte eenheid op huid of oog valt.

Of en in welke mate een effect, als bijvoorbeeld zonverbranding, optreedt hangt af van de totale effectieve dosis die door huid of oog wordt opgelopen.

De effectieve dosis die per tijdseenheid huid of oog treft is de effectieve bestralingssterkte. De zonkracht is evenredig met de effectieve bestralingssterkte voor zonverbranding en zegt iets over de snelheid waarmee de huid een effectieve dosis oploopt waarbij zonverbranding kan optreden (zie 7.3.1 voor details van de berekeningswijze).

In figuur 5.1 geeft de groene curve een op leefniveau gemeten zonnenspectrum en de rode curve de set van biologische weefactoren, in de fotobiologie ook wel aangeduid als actiespectrum. Vermenigvuldiging van beide geeft de oranje curve en het (oranje) oppervlak geeft de effectieve bestralingssterkte.

De spectrale bestralingssterkte van de zon op leefniveau in het UVB (280-315 nm) neemt sterk toe met toenemende golflengte (groene curve in figuur 5.1). De biologische effectiviteit (het actiespectrum) neemt juist sterk af (rode curve in figuur 5.1). Zo is straling boven 330 nm zeker 1000 maal minder effectief dan straling rond 300 nm. Dit geldt voor het huidkanker actiespectrum getoond in figuur 5.1, maar ook voor het actiespectrum voor erythemvorming (zonverbranding; zie figuur 7.2).



Figuur 5.1 Vergelijking van het buitenaards zonnenspectrum met een meting van het zonnenspectrum op grondniveau (groene curve; meting RIVM), en de biologische effectiviteit van UV-straling, hier geïllustreerd voor de inductie van huidkanker (de rode curve). In de fotobiologie wordt die curve aangeduid als actiespectrum (hier getoond: actiespectrum SCUP-h voor huidkanker (de Gruijl en van der Leun, 1994)). Vermenigvuldiging van het actiespectrum met het spectrum op grondniveau en sommatie over alle UV-golflengten geeft de voor huidkanker relevante bestralingssterkte: het oranje oppervlak in de figuur. Merk op dat de Y-as logaritmisch is, en dat de spectrale bestralingssterkte op grondniveau van 315 nm naar 295 nm meer dan een factor 1000 vermindert.

De effectieve bestralingssterkte (oranje oppervlak in figuur 5.1) wordt voor veel biologische effecten gedomineerd door het UVB (< 315 nm). Dat geldt niet alleen voor weging van de spectrale bestralingssterkte met het actiespectrum voor de vorming van huidkanker, maar ook bij weging met het actiespectrum voor UV-verbranding (roodheid, erytheem) van de huid.

### 5.2.2 Gezondheidseffecten van UV: oorsprong in huid en oog

Het doordringend vermogen van UV-straling is beperkt, doordat de UV-straling sterk wordt geabsorbeerd in biologisch weefsel. Daardoor leidt UV-blootstelling primair tot effecten in de huid en het oog. De gezondheidseffecten blijven echter niet beperkt tot de direct blootgestelde huidgedeelten. De absorptie van UV-straling leidt in de huid tot een scala aan fotochemische reacties in DNA en eiwitten, en tot de vorming van previtamine-D uit provitamine-D.

De mate waarin effecten optreden hangt samen met de in huid of oog geabsorbeerde hoeveelheid UV-straling, de spectrale samenstelling ervan, en de historie van voorgaande blootstellingen. Daarbij spelen ook de verschillen in individuele UV-gevoeligheid van verschillende huidtypen een rol en de relaties tussen blootstelling, tijd en effect. In dit hoofdstuk volgt een beschrijving van de belangrijkste effecten van UV-blootstelling.

### 5.3 Korte en middellange termijn effecten van UV-blootstelling

Onze zintuigen kunnen een hoge UV-stralingssterkte niet direct waarnemen, en er is, anders dan bij hitte, geen natuurlijke pijnsensatie op het moment van de UV-blootstelling. UV-blootstelling van de huid aan een voldoende hoge (erytheem) effectieve UV-dosis leidt tot verbranding van de huid. De huid kleurt pas enkele uren na de blootstelling rood (erytheem), en vervolgens kan de huid ook zeer pijnlijk worden. Afhankelijk van de ernst van de verbranding kan dit een dag tot vele dagen aanhouden en bij zeer ernstige verbranding gepaard gaan met blaarvorming. Ook kan de huid daarna vervellen. In het alledaagse spraakgebruik wordt dit effect aangeduid als zonverbranding. Bij UV-blootstelling van het oog kan eveneens enkele uren na blootstelling fotokeratitis optreden, een effect dat doorgaans wordt aangeduid met sneeuwblindheid dan wel lasogen. Fotokeratitis leidt tot zeer pijnlijke en tranende ogen en geeft het gevoel alsof er scherp zand in de ogen is terechtgekomen. Beschermende brillen die het kortgolvig UV niet doorlaten kunnen dit effect doorgaans voorkomen. Hoewel het effect vergelijkbaar is met de zonverbranding komt het in het dagelijks leven minder snel voor dan zonverbranding doordat de ogen beter worden afgeschermd in de oogkas en doorgaans ook afgewend zijn van de zon. Bij sneeuw zorgt reflectie van de UV-straling aan de sneeuw voor een hogere blootstelling van de ogen (en de huid) dan onder sneeuwvrije condities, en dat kan leiden tot sneeuwblindheid. Zowel de zonverbranding (erytheem) als de sneeuwblindheid (fotokeratitis) treden op na overschrijding van een drempeldosis. Ook beneden die drempeldosis zijn er al cellulaire en moleculaire effecten van geringe UV-blootstelling die niet direct tot (klinisch) waarneembare effecten leiden. Beschadigingen aan het DNA van huidcellen zullen over het algemeen door DNA-herstelmechanismen worden hersteld, maar leiden ook tot mutaties in het DNA van die huidcellen (zie bijvoorbeeld Martincorena, 2015). Bepaalde mutaties kunnen op termijn bijdragen aan het ontstaan van huidkanker. Om zich te beschermen tegen verdere blootstelling zal de huid zich na enkele dagen gaan verdikken. Extra celdelingen leiden dan tot een dikkere buitenste huidlaag (epidermis), die deels als beschermlaag werkt tegen vervolgblootstellingen. De huidverdikking zorgt voor enige gewenning van de huid. Het maakt dat de huid beter beschermd is tegen de schade van vervolgblootstellingen, en dat de UV-dosis die nodig is om zonverbranding te veroorzaken toeneemt. Zo zal de huid na een winter zonder noemenswaardige UV-blootstelling gevoeliger zijn voor zonverbranding dan de huid aan het einde van de zomerperiode. De huidverdikking treedt op na enkele dagen tot weken. Naast de verdikking zal doorgaans ook de pigmentering, bruining, van de huid toenemen als reactie op de UV-blootstelling. Ook dit kan in geringe mate bijdragen aan een verminderde gevoeligheid van de huid. Men spreekt ook wel van gewenning van de huid. Naast genoemde effecten heeft de UV-blootstelling van de huid ook effecten op het immuunsysteem. Na UV-blootstelling treedt enige onderdrukking van bepaalde lokale en systemische adaptieve immuunreacties op (zie bijv. Schartz (2010)). Contactallergische reacties in de huid blijken onderdrukt na UV-blootstelling, ook op huidgedeelten die niet zijn bestraald. Uit proefdieronderzoek blijkt verder dat ook de immunologische afweer tegen huidkankercellen

onderdrukt kan worden. De door UV-blootstelling veroorzaakte onderdrukking van de adaptieve immuunrespons draagt ook bij aan terugkeer van een koortslip na een eerdere besmetting met het herpes simplex virus (WHO (2006)). Opmerkelijk genoeg lijken ernstige bacteriële infecties niet op te treden bij de door UV geïnduceerde onderdrukking van het immuunsysteem (Schwarz, 2010). Schwarz beredeneert dat de aanmaak van vitamine D daarbij een rol kan spelen doordat naast de onderdrukking van de adaptieve immuunrespons het aangemaakte vitamine D zorgt voor een stimulant van de aangeboren immuunrespons.

#### 5.4 UV-blootstelling en vitamine D

De blootstelling van de huid heeft één belangrijk voordelig effect: de aanmaak van vitamine D. Vitamine D is essentieel voor een gezonde botstofwisseling, en er zijn veel aanwijzingen dat vitamine D ook een gunstige invloed op de gezondheid heeft bij andere aandoeningen, waaronder darmkanker (SCK\_KWF/Kankerbestrijding, 2010). Tekorten aan vitamine D kunnen leiden tot rachitis bij kinderen en osteoporose (botontkalking) bij vrouwen.

In Nederland is volgens huidige inzichten de aanmaak in de huid de belangrijkste bron voor vitamine D, belangrijker dan inname met de voeding en supplementen.

Er is internationaal wetenschappelijk en publiek de laatste jaren veel discussie over vitamine D en de uit gezondheidsoogpunt wenselijke vitamine D status. Als maat voor de vitamine D status gebruikt men de concentratie in het bloed van de metaboliet 25(OH)D.

Nederland hanteert op dit moment internationaal gezien lage waarden voor de minimaal noodzakelijk geachte vitamine D status: een concentratie van 30 nmol/L van de metaboliet 25(OH)D (Gezondheidsraad, 2012). In bijvoorbeeld Duitsland en de Verenigde Staten gaat men uit van 50 nmol/L en net als in Nederland wordt daarbij nog uitsluitend gekeken naar de wenselijke niveaus uit het oogpunt van een gezonde botstofwisseling (zie bijvoorbeeld IOM, 2010 voor de onderbouwing). Er zijn ook over de door de VS en Duitsland gehanteerde hogere waarden nog volop discussies om ze verder naar boven bij te stellen. Holick (2012) heeft er bijvoorbeeld op gewezen dat correctie van de onderbouwing door IOM van de in de VS gehanteerde grenswaarde van 50 nmol/l voor een fout in de gebruikte statistiek, bij her-analyse van dezelfde datasets, leidt tot een hogere grenswaarde van 75 nmol/l.

Een werkgroep van de signaleringscommissie kanker van KWF/Kankerbestrijding concludeerde dat er niet alleen een correlatie bestaat tussen een toename in zonblootstelling en een verlaagd risico op: non-Hodgkin-lymfoom, en colon-, borst- en prostaatkanker, maar dat er ook aanwijzingen zijn voor een oorzakelijke samenhang (SCK\_KWF/Kankerbestrijding, 2010). Voor andere kankervormen is daarvoor onvoldoende bewijs is een verdere conclusie in dat rapport. Het is plausibel dat vitamine D aanmaak door UV-blootstelling een rol speelt, en in het geval van colonkanker geeft de werkgroep bovendien aan dat er "voldoende" bewijs is dat voldoende voorziening van vitamine D het risico vermindert. Voor borstkanker zijn er aanwijzingen voor een

dergelijke relatie. De werkgroep spreekt van voldoende bewijs als er een wetenschappelijk plausibel mechanisme is, en als die relatie ook in epidemiologisch onderzoek is waargenomen. Bij aanwijzingen voor een relatie is sprake van plausibiliteit, maar zijn de onderzoeksgegevens beperkt dan wel niet eenduidig, of is de redenering indirect. Plausibiliteit is dus nog geen absolute zekerheid. In grote lijnen stemmen deze conclusies overeen met die van Feldman en collega's (Feldman, 2014).

Ook internationaal is er volop discussie over de uit het oogpunt van gezondheid optimale niveaus, die nog wel eens beduidend hoger zouden kunnen liggen dan de huidige normen.

Een verhoging van de minimale vitamine D status in Nederland naar bijvoorbeeld 50 nmol/L betekent dat aan het einde van de winterperiode een fors deel van de bevolking met een tekort te maken heeft. Dit komt doordat de UV-blootstelling in de winterperiode nauwelijks zorgt voor vitamine D aanmaak in de huid. Naast de mensen die niet of nauwelijks aan UV worden blootgesteld zijn mensen met een donkere huid, en mensen die zich grotendeels bedekken risicogroepen voor tekorten van vitamine D (Verkaik-Kloosterman, 2011).

Over de relatie tussen UV-blootstelling, vitamine D aanmaak en vitamine D status zijn nog wel onzekerheden, al zijn er door RIVM wel enkele vuistregels ontwikkeld die in lijn zijn met de huidige wetenschappelijke inzichten (ondermeer toegepast tbv SCK KWF/Kankerbestrijding 2010 en Gezondheidsraad 2012). In de wetenschappelijke literatuur is echter wel gesignaleerd dat een meer geavanceerde aanpak nodig is, waarbij de veelheid aan fotochemische reacties en terugreacties in de huid die een rol spelen bij de aanmaak van vitamine D moeten worden meegenomen. In het kader van een strategisch onderzoek van het RIVM is een model hiertoe ontwikkeld, dat ook de vitamine D status in relatie tot de bijdragen van voeding en huidproductie meeneemt. Met de analyse zijn al nieuwe inzichten verkregen over de golflengteafhankelijkheid van de productie van vitamine D (zie ook van Dijk 2016), maar verdere toetsing aan waarnemingen is nog nodig voor het valideren van de modellering. Wel is duidelijk dat een optimale aanmaak van vitamine D in de huid niet betekent een zo groot mogelijke blootstelling: er zijn namelijk natuurlijke terugkoppelingen in de reacties die ervoor zorgen dat de huidproductie beperkt wordt bij hoge blootstellingen (van Dijk, 2016), terwijl de schade door diezelfde blootstelling wel oploopt. Verdere kennis hierover kan belangrijke consequenties krijgen voor praktische adviezen over optimale blootstelling.

## **5.5 UV-blootstelling en huidkanker**

UV-straling is door IARC aangemerkt als klasse 1 carcinogeen ("kankerverwekkend bij de mens", een onomstotelijk bewezen carcinogeen) en is de belangrijkste oorzaak van huidkanker. De incidentie van huidkanker is de afgelopen decennia sterker toegenomen dan voor andere vormen van kanker. Sinds 1990 is het aantal nieuwe gevallen per jaar in Nederland bijna verviervoudigd. In deze sectie geven we de aantallen en incidentie van de drie hoofdvormen van huidkanker weer. Verder vatten we de kennis over de relatie tussen UV-blootstelling en huidkanker risico's kort samen en staan we vervolgens



stil bij de trends in de afgelopen decennia, en de mogelijke ontwikkelingen in de komende jaren.

#### 5.5.1 *Verschillende vormen van huidkanker, incidentie en sterfte*

Er zijn drie hoofdtypen van huidkanker met grote verschillen in aantallen gevallen en mortaliteit: het basaalcelcarcinoom, het plaveiselcelcarcinoom, en het melanoom. Alleen het plaveiselcelcarcinoom en melanoom zijn opgenomen in de landelijke kankerregistratie (Nederlandse kankerregistratie 2016).

De meest voorkomende, maar gelukkig minst gevaarlijke vorm van huidkanker is het basaalcelcarcinoom, met jaarlijks naar schatting tussen 35 000 en 40 000 nieuwe gevallen in heel Nederland. Dit aantal is geschat op basis van de gegevens van IKNL regio Eindhoven die als enige regio in Nederland gegevens over basaalcelcarcinomen registreert (zie tabel 5.2).

Het daarna meest voorkomende type huidkanker is het plaveiselcelcarcinoom, waarvan de afgelopen jaren bijna 9200 nieuwe gevallen per jaar zijn geregistreerd, ofwel 15-20% van de totale incidentie voor huidkanker. Aan dit type overlijden jaarlijks ruim 100 Nederlanders.

Het derde en meest gevaarlijke type huidkanker is het melanoom dat ontstaat in de pigmentcellen van de huid. Het aantal nieuwe gevallen per jaar bedraagt de afgelopen jaren 5500, en jaarlijks overlijden er ruim 800 Nederlanders aan een melanoom (zie tabel 5.2).

*Tabel 5.2 Jaarlijks aantal nieuwe gevallen van en sterfte door huidkanker in Nederland in de periode 2012-2014.*

*Gegevens van IKNL (<http://www.cijfersoverkanker.nl>)*

Type	Aantal	Percentage	Sterfte (5 jaar overleving)	Samenhang met UV-blootstelling
Basaalcelcarcinoom	36600*	70-75%	0? (??)	Zonverbranding in jeugd; cumulatieve blootstelling in badkledij
Plaveiselcelcarcinoom	9196	15-20%	105 (95%)	Levenslang, chronisch
Melanoom	5495	10%	813 (89%)	Zonverbranding en chronisch
Totaal	51300	100%	918	

\*Berekend op basis van incidentie in IKNL regio Eindhoven in periode 2012-2014; gemiddeld: 5229 nieuwe gevallen per jaar; geschaald met leeftijdsverdeling en grootte van de bevolking (16,86 versus 2,359 miljoen).

De incidentie van melanomen in Nederland behoort tot de hoogste in Europa: op basis van een analyse van de International Agency for Research on Cancer (IARC) is de melanoom-incidentie in Nederland na Zwitserland de hoogste in Europa (tabel 5.3), vlak voor Denemarken, Noorwegen en Zweden. De incidentie in Nederland is met 19,4 per 100.000 ruim 30 tot 70% hoger dan die in het Verenigd Koninkrijk, België en Duitsland (zie tabel 5.3).

Tabel 5.3 Europese landen met de hoogste melanoom-incidentie

rang	Land	Melanoom-incidentie per 100.000 per jaar Rangschikking op basis van wereldstandaard leeftijdsopbouw; het ruwe incidentiecijfer "crude ratio" is gebaseerd op de leeftijdsverdeling van elk land.	
		Wereld standaard*	Ruwe incidentie*
1	Zwitserland	20,3	32,1
2	Nederland	19,4 (19,85)**	28,7 (31,7)**
3	Denemarken	19,2	28,5
4	Noorwegen	18,8	30,4
5	Zweden	18,0	30,7
7	Verenigd Koninkrijk	14,6	23,0
11/12	België	12,1	18,0
13/15	Duitsland	11,4	20,6

\*gegevens van de International Agency for Research on Cancer (IARC), op basis van data uit 2012: <http://globocan.iarc.fr/Pages/online.aspx>

Verskil tussen wereld standaard en ruwe incidentie cijfers komt vooral door de mate van vergrijzing.

\*\* cijfers tussen haken afkomstig uit Nederlandse kankerregistratie  
[http://www.cijfersoverkanker.nl/selecties/incidentie\\_huid](http://www.cijfersoverkanker.nl/selecties/incidentie_huid) (jaar 2012)

In tabel 5.2 zijn de belangrijkste gegevens over de huidige incidentie van huidkanker samengevat. Voor alle drie de typen is UV-blootstelling waarschijnlijk de belangrijkste risicofactor, maar er zijn waarschijnlijk wel verschillen in de blootstellings-tijd-effect relaties.

Zo lijkt voor het plaveiselcarcinoom de totale over het leven opgelopen UV-dosis de belangrijkste risicofactor, terwijl voor het melanoom vooral episoden met zonverbranding lijken bij te dragen, en ligt er nadruk op blootstelling in de jeugdperiode. Er zijn in recent proefdieronderzoek echter aanwijzingen te vinden dat ook voor melanomen de chronische blootstelling bijdraagt aan het risico, met name als de huidcellen al een specifieke mutatie hebben ondergaan (Viros et al, Nature 2014). Voor basaalcelcarcinomen lijkt ook de blootstelling in de jeugd de belangrijkste risicofactor, en wellicht ook episoden met zonverbranding.

Een veel gebruikte maat voor de ziektelast is de DALY, de Disability Adjusted Life Years. Bij de berekening van de DALY wordt naast sterfte ook de zwaarte en lengte van een ziekteperiode meegewogen. We gebruiken hier de gegevens voor huidkanker zoals berekend op de site van volksgezondheidszorg.nl met een jaarlijkse DALY-last van 21.500 (<https://www.volksgezondheidszorg.info/ranglijst/ranglijst-ziekten-op-basis-van-ziektelast-dalys> (RIVM, 2016)). Deze DALY-last heeft uitsluitend betrekking op de ziektelast door melanomen en plaveiselcelcarcinomen. Er is geen ziektelastberekening voor basaalcelcarcinomen beschikbaar, maar de totale DALY-last wordt gedomineerd door melanomen en in mindere mate plaveiselcelcarcinomen.

### 5.5.2 Relatie tussen UV en huidkanker

De eerste suggesties dat veelvuldige blootstelling aan zonnestraling huidkanker kan veroorzaken dateren van het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw. Ze

kwamen voort uit de observatie dat vooral mensen met buitenberoepen, zoals scheepslieden en landarbeiders, huidkanker kregen en dat huidkanker vooral op veelvuldig blootgestelde huidgedeelten voorkwam. Dat zonnestraling, en met name de UV-component in de zonnestraling in staat blijkt om huidkanker te veroorzaken werd vervolgens in proefdieronderzoek bij muizen en ratten bevestigd in de eerste helft van de 20<sup>e</sup> eeuw.

Sinds die tijd is aan deze aanwijzingen een schat aan informatie toegevoegd, afkomstig uit epidemiologie, proefdieronderzoek en moleculair biologisch onderzoek. We geven hier slechts een heel korte samenvatting.

Mensen met huidtypen die gemakkelijk in de zon verbranden lopen een hoger risico op huidkanker. Ook zijn er grote raciale verschillen in gevoeligheid. In de Verenigde Staten vindt men dat mensen met een blanke huid een 10-20 maal hoger risico lopen dan mensen met een zwart of Aziatisch huidtype, en vier tot vijf maal hoger dan mensen met een Latijns-Amerikaanse of Noord-Amerikaans indiaans huidtype. Bij bevolkingen met een vergelijkbaar huidtype is de incidentie hoger in gebieden waar de UV-stralingsniveaus hoger zijn. Doorgaans is dat het geval op lagere geografische breedten. In Europa gaat een dergelijke correlatie met de breedtegraad niet op voor bijvoorbeeld de melanoomincidentie (voor de niet-melanomen onder de huidkankers is een dergelijke analyse niet goed mogelijk omdat de registraties in veel landen verregaand onvolledig zijn). Dit komt doordat mensen uit noordwest Europa doorgaans een gevoeliger huidtype hebben dan die uit het Middellandse Zeegebied en wellicht ook door het onregelmatige blootstellingspatroon van veel Noord-West Europeanen, waarbij zonverbranding optreedt in de zomerperiode, bijvoorbeeld bij zonzakanties op een lagere breedtegraad.

Ook is waargenomen dat mensen die zich blootstellen aan kunstmatige UV-bronnen een hoger risico lopen dan mensen die dit niet doen. In Australisch onderzoek is bovendien gevonden dat mensen die zich systematisch met antizonnebrandmiddelen en kleding beschermen tegen de hoogstaande zon minder risico lopen dan vergelijkbare groepen die dat niet doen (Green, 2010).

Proefdieronderzoek heeft informatie opgeleverd over de relatie tussen de blootstelling en de tijd tot het ontstaan van huidkanker, en over de UV-golflengten die het meest bijdragen aan het ontstaan ervan. Uit het proefdieronderzoek blijkt onder meer dat bij haarloze muizen die spontaan vrijwel geen huidkanker krijgen, alle dieren huidkanker krijgen na chronische blootstelling aan UV-straling (ook zonder verbranding van de huid). Het aantal huidtumoren en de snelheid waarmee huidkanker wordt geïnduceerd neemt sterk toe met de blootgestelde (dagelijkse) UV-dosis. De relatie tussen blootstelling en het tijdstip en de hoeveelheid tumoren die ontstaan blijken heel goed met eenvoudige wiskundige relaties te beschrijven: het aantal huidkankers wordt in eerste aanleg bepaald door de totale UV-dosis tot een zekere macht te vermenigvuldigen met de tijd sinds het begin van de bestralingen tot een zekere macht. Het aantal tumoren ( $Y$ ) wordt in benadering gegeven door:  $Y = k \times (\text{totale effectieve UV-dosis})^c \times (\text{leeftijd})^{(d-c)}$ , met  $d > c$  constanten (Slaper, 1996). Met aangepaste parameters blijken deze bij proefdieren gevonden dosis-tijd-respons relaties ook goed bruikbaar om epidemiologische gegevens, bijvoorbeeld over huidkanker op verschillende breedtegraden goed te beschrijven.

Dergelijke methoden zijn door RIVM toegepast voor het inschatten van humane risico's door aantasting van de ozonlaag, en kunnen ook gebruikt worden voor het inschatten van effecten van scenario's over verschillen in blootstellingsgedrag. Het gebruik van machtsverbanden om de incidentie op verschillende breedtegraden adequaat te beschrijven is nog eens bevestigd in een recente publicatie (Moan, 2015). De voornaamste onzekerheid in dergelijke analyses is de inschatting van de blootstelling. Bij gebrek aan gegevens over individuele blootstelling is de aanname veelal dat mensen zich op populatieniveau op verschillende geografische breedten vergelijkbaar gedragen. De aanname is dan dat mensen op verschillende breedte een vaste, maar in grootte onbekende, fractie van de beschikbare UV-dosis ontvangen. Doordat de ontvangen fractie niet goed bekend is, is het niet eenvoudig de risico's van bijvoorbeeld het gebruik van blootstelling aan kunstmatige UV-bronnen goed in te schatten.

De vraag welke golflengten in de zonnestraling huidkanker veroorzaken is bestudeerd in proefdieronderzoek, omdat dergelijk onderzoek bij de mens natuurlijk ethisch niet mogelijk is. Zoals in paragraaf 5.2.1 is aangegeven wordt UV-straling doorgaans in ruwweg drie golflengtegebieden onderverdeeld: UVA, UVB en UVC. Van UV-straling uit alle drie de golflengtegebieden is vastgesteld dat ze plaveiselcelcarcinomen kunnen veroorzaken in muizen. Er zijn wel grote verschillen in de effectiviteit van de verschillende golflengtegebieden (zie figuur 5.1), waarbij UVB het meest effectief is (de Gruijl en van der Leun, 1994). Zoals aangegeven veroorzaakt UV-straling in muizen en ratten vooral plaveiselcelcarcinomen. Daarnaast is van UVB vastgesteld dat het melanomen kan veroorzaken in transgene muizen en in genetisch gemanipuleerde immuunincompetente muizen. Ook in een bepaalde vissoort en een opossum zijn melanomen met UV geïnduceerd.

Op cellulair niveau veroorzaakt UV-blootstelling schade aan het DNA, met name door de vorming van pyrimidine dimeren. Veel van die schade wordt door natuurlijke herstelmechanismen gerepareerd. Echter, er is een kleine kans dat de schade niet tijdig volledig wordt hersteld en dat mutaties optreden. Van een aantal specifiek door UV veroorzaakte mutaties is vastgesteld dat ze veelvuldig in huidkanker voorkomen. Dat het tijdig repareren van de door UV-straling aangerichte schade aan DNA essentieel is in de bescherming tegen huidkanker blijkt onder meer bij mensen met Xeroderma Pigmentosum (XP). XP-patiënten hebben een genetische afwijking waarbij de normale herstelmechanismen voor het verwijderen van de UV-schade aan DNA niet functioneren. Zij krijgen al op zeer jonge leeftijd huidkanker en een veelheid aan tumoren, met name plaveiselcelcarcinomen en de gevaarlijkste vorm van huidkanker, melanoom.

Op basis van een evaluatie van alle beschikbare wetenschappelijke kennis concludeert de International Agency for Research on Cancer (IARC) dat zonnestraling en UV-straling bij de mens huidkanker veroorzaken (IARC, 2012). Zowel zonblootstelling als UV-blootstelling zijn door IARC aangemerkt als zijnde aangetoond carcinogeen voor de mens (categorie 1, de hoogste door IARC gehanteerde categorie). Voor zonblootstelling, dat ook door IARC aangemerkt is als de belangrijkste bron van UV-blootstelling voor de mens, wordt aangegeven dat er

voldoende bewijs is voor het veroorzaken van alle drie de huidkankertypen.

### 5.5.3

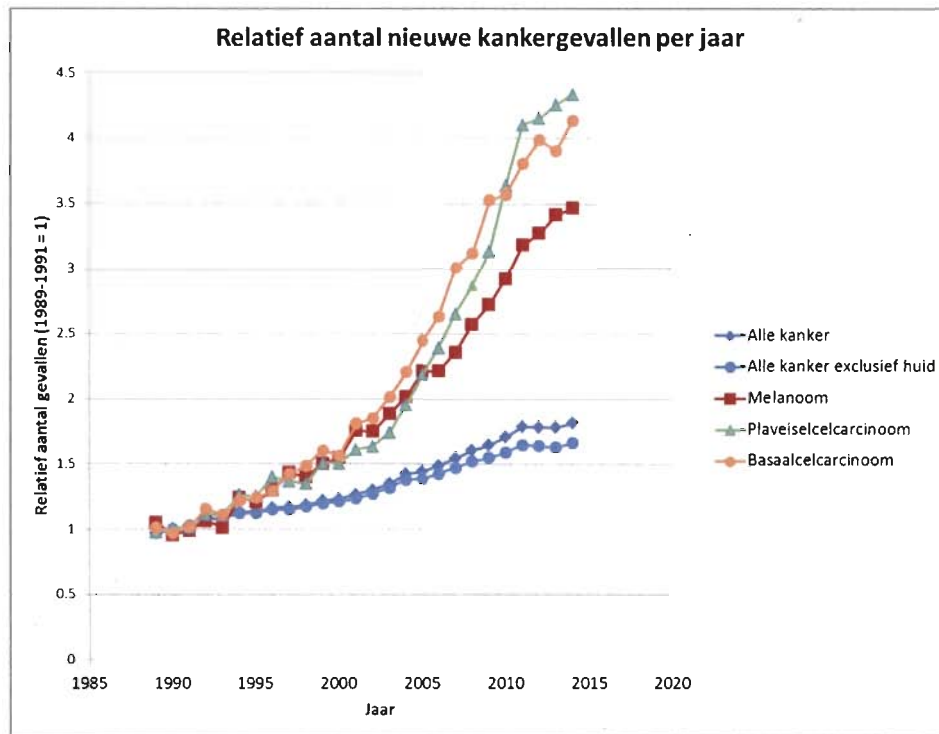
#### *Incidentie van huidkanker stijgt sneller dan voor andere kankertypen*

De incidentie van huidkanker is in de afgelopen decennia zeer sterk gestegen, veel sterker dan die voor andere vormen van kanker. Tussen 1990 en 2014 nam het jaarlijks aantal nieuwe gevallen toe met een factor 3,5 voor melanomen en met 4,3 voor plaveiselcelcarcinomen (bron: Nederlandse kankerregistratie, IKNL januari 2016). Voor de basaalcelcarcinomen is er geen landelijke registratie, maar wel zijn gegevens beschikbaar uit de regio Eindhoven. Ook daarvoor geldt dat de incidentie in de periode 1990 tot 2014 met meer dan een factor vier is toegenomen. Door vermenigvuldiging van de leeftijdspecifieke incidentie in die regio met de landelijke leeftijdsverdeling van de bevolking, is een schatting van het landelijk aantal nieuwe gevallen per jaar in Nederland: 36.600 (zie tabel 5.5).

Voor het totaal aantal geregistreerde nieuwe kankergevallen per jaar geldt een toename met een factor 1,8 tussen 1990 tot 2014. Zo'n 10% van die toename van het totaal aantal nieuwe gevallen voor alle kankervormen komt overigens voor rekening van de toename van de aantallen plaveiselcel carcinomen en melanomen.

Figuur 5.2 toont de sterke relatieve toename voor huidkanker in vergelijking met de toename voor alle vormen van kanker.

Van belang is om vast te stellen welke oorzaken een rol spelen bij de sterke toename. De invloed van de omvang van de bevolking op het aantal nieuwe gevallen kan worden ingeschat door de relatieve toename in het totaal aantal gevallen te vergelijken met de relatieve toename van het aantal gevallen per 100.000 inwoners, de ruwe incidentie (figuur 5.3A). Figuur 5.3A geeft de relatieve toename van de huidkankerincidentie zonder het effect van de bevolkingstoename. Een andere belangrijke factor is de vergrijzing van de bevolking. Het effect van vergrijzing kan worden ingeschat door de ruwe incidentie te vergelijken met een berekende incidentie op basis van een standaard leeftijdsverdeling figuur 5.3B. Ook de incidentiegegevens waaruit de grafieken 5.3A en B zijn berekend zijn afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL.



*Figuur 5.2 Relatieve toename van het aantal nieuwe gevallen per jaar voor de drie typen huidkanker en voor alle kankertypen. Toename is ten opzichte van 1989-1991. Gegevens afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL (januari 2016).*

Ten opzichte van 1990 kan de bevolkingstoename zo'n 11 (2010) tot 13% (2014) van de toename verklaren. De toename door vergrijzing van de bevolking bedraagt 26-50%, en is afhankelijk van het type kanker en de beschouwde periode (zie tabel 5.4 en figuren 5.3 en 5.4). Merk op dat de verschillende factoren elkaar multiplicatief versterken. We geven als voorbeeld de totale relatieve toename voor het aantal plaveiselcelcarcinomen tussen 1990 en 2014: factor 4,3 = 1,13 x 1,50 x 2,55 (tabel 5.4). Ofwel het totale aantal in 2014 is meer dan vier maal het aantal in 1990.

Voor alle geregistreerde kankervormen samen is het grootste deel van de toename vanaf 1990 verklaarbaar door vergrijzing en groei van de bevolking. Zoals in tabel 5.4 is te zien kan slechts ongeveer 20% niet op basis van die twee factoren worden begrepen. Als we de huidkankers uitsluiten van die analyse wordt zelfs slechts 10% van de toename van het totaal aantal kankergevallen niet begrepen op basis van vergrijzing en bevolkingsgroei.

Tabel 5.4 Relatieve toenamefactoren van de kankerincidentie door verschillende oorzaken; factoren ten opzichte van 1990 (percentages geven de relatieve toename)\*

		1990-2010	1990-2014
Bevolkingsgrootte	Alle kanker Inclusief huid	1,11 (+ 11%)	1,13 (+ 13%)
Vergrijzing	Alle kanker	1,26 (+ 26%)	1,34 (+ 34%)
	Alle kanker exclusief huid	1,26 (+ 26%)	1,34 (+ 34%)
	Melanoom	1,15 (+ 15%)	1,21 (+21%)
	Plaveiselcelcarcinoom	1,36 (+36%)	1,50 (+50%)
	Basaalcelcarcinoom**	1,37 (+37%)	1,47 (+47%)
Overige factoren: Gedrag/blootstelling	Alle kanker	1,22 (+22%)	1,19 (+19%)
	Alle kanker exclusief huid	1,14 (+14%)	1,10 (+10%)
	Melanoom	2,29 (+129%)	2,55 (+155%)
	Plaveiselcelcarcinoom	2,41 (+141%)	2,55 (+155%)
	Basaalcelcarcinoom**	2,35 (+135%)	2,49 (+149%)

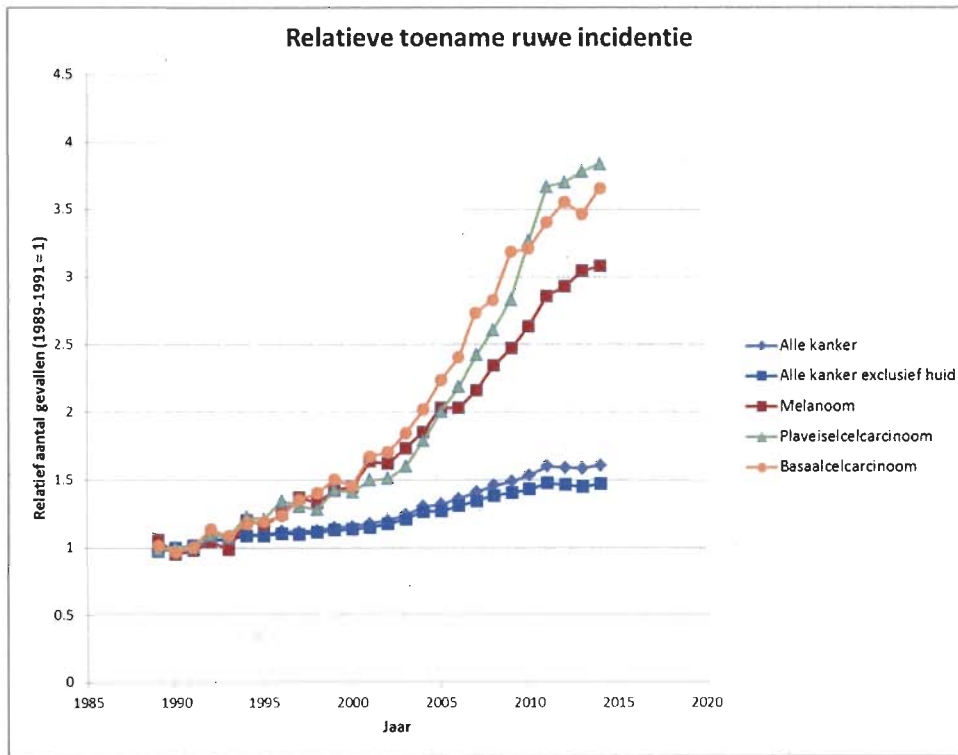
\*Bron: berekend uit incidentiegegevens (aantal, Crude Ratio, European Standardised Ratio's) afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL (januari 2016)

\*\* Gegevens van IKNL-regio Eindhoven

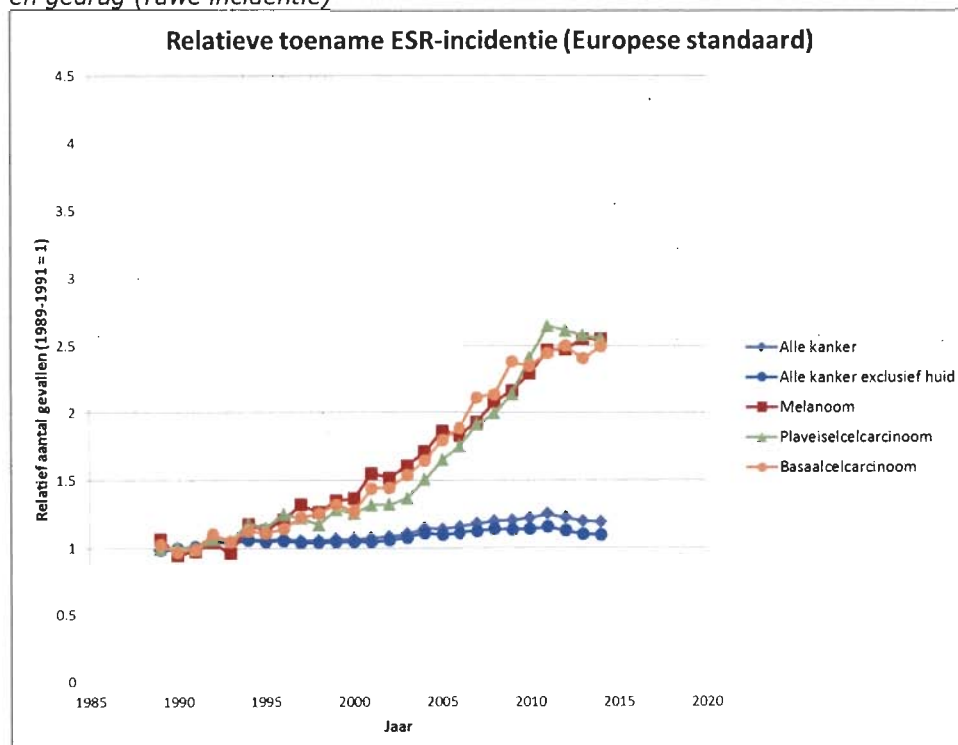
Voor alle drie de vormen van huidkanker geldt dat de geregistreerde toename slechts in beperkte mate verklaard kan worden door de vergrijzing en bevolkingsgrootte. Een groot deel van die toename moet verklaard worden uit andere factoren.

De meest waarschijnlijke oorzaak van de toename in de huidkanker incidentie is een toename van de UV-blootstelling. Er is weinig onderzoek gedaan naar de individuele blootstelling van de bevolking in Nederland: alleen midden jaren tachtig is in beperkte mate onderzoek gedaan naar de individuele blootstelling in Nederland. Ondanks het ontbreken van dergelijk onderzoek is het toch aannemelijk dat de UV-blootstelling van de bevolking fors is toegenomen. Maatschappelijke ontwikkelingen in de 20<sup>e</sup> eeuw die daarbij een rol spelen zijn:

- de toegenomen hoeveelheid vrije tijd door kortere werkweken en langere vakantieperiodes,
- de toegenomen welvaart met meer buitensport en zomervakanties aan het strand en in de natuur,
- het massatoerisme naar de zuidelijke streken van Europa, en
- de mode die het ontbloten van grotere huidgedeelten populair maakte (zie ook figuur 5.5).
- Ook de associatie van een gebruinde huid met een "gezonde" kleur is typisch voor de 20<sup>e</sup> eeuw.

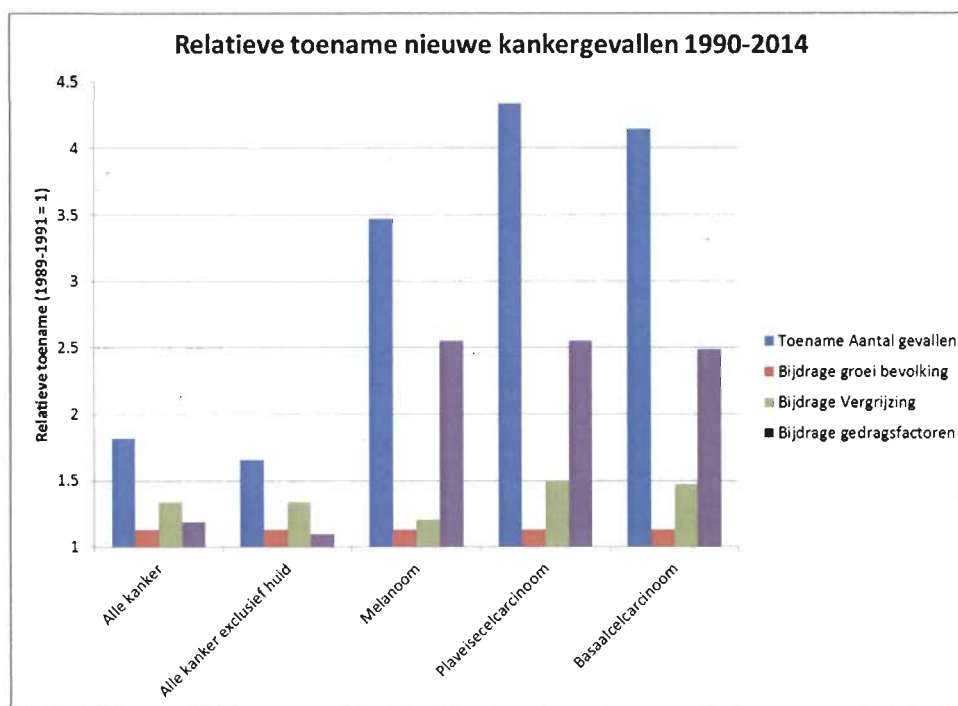


Figuur 5.3A Relatieve toename van de incidentie van huidkanker door vergrijzing en gedrag (ruwe incidentie)



Figuur 5.3B Relatieve toename van incidentie huidkanker door gedrag.





Figuur 5.4 Relatieve toenamefactoren van het aantal gevallen voor alle kankertypen en voor drie huidkankertypen (blauwe balken), en een uitsplitsing naar drie oorzaken. Grafische weergave van de gegevens uit tabel 5.4.

Ook aantasting van de ozonlaag heeft geleid tot een groter UV-stralingsbelasting in Nederland, met name in de jaren negentig van de vorige eeuw en het begin van deze eeuw. Echter, de gevolgen van aantasting van de ozonlaag zullen nog slechts beperkt zichtbaar zijn in de huidige incidentie van huidkanker, en kunnen de waargenomen trends niet verklaren. De gevolgen van ozonaantasting komen pas in de volgende decennia in de incidentie tot uitdrukking (zie volgende paragraaf).

Theoretisch kunnen ook andere factoren bijdragen aan de waargenomen toename, maar de rol van die factoren lijkt uiterst beperkt te zijn. Zo lijkt het niet aannemelijk dat alleen voor huidkanker een vollediger registratie plaatsvindt dan in het verleden, en ook een toename door eventuele vroegere diagnose en registratie kan bij lange na niet een dermate grote trend over meer dan twee decennia verklaren.

Veranderingen in de etnisch bepaalde UV-gevoeligheid van de huid<sup>4</sup> zullen geen grote rol kunnen spelen op de daarvoor te korte termijn van enkele decennia. Wel kan een verandering in het blootstellingsgedrag leiden tot epi-genetische veranderingen die bijdragen aan de fors hogere incidentie.

<sup>4</sup> Immigratie zou kunnen bijdragen aan veranderingen in de gevoeligheid van de bevolking, indien de immigranten een hoog risico hebben. Hoewel veel immigranten uit zonnrijke gebieden afkomstig zijn, zijn hun huidkanker risico's waarschijnlijk relatief laag, doordat ze veelal een donkere huid hebben en ook de kledinggewoonten dragen niet bij aan een verhoogd risico.



*Figuur 5.5 Strandblootstelling anno 1910 (links) en 2010 (rechts) ter illustratie van het verschil in blootstellingsgedrag. De parasol biedt in deze opstelling natuurlijk geen enkele bescherming.*

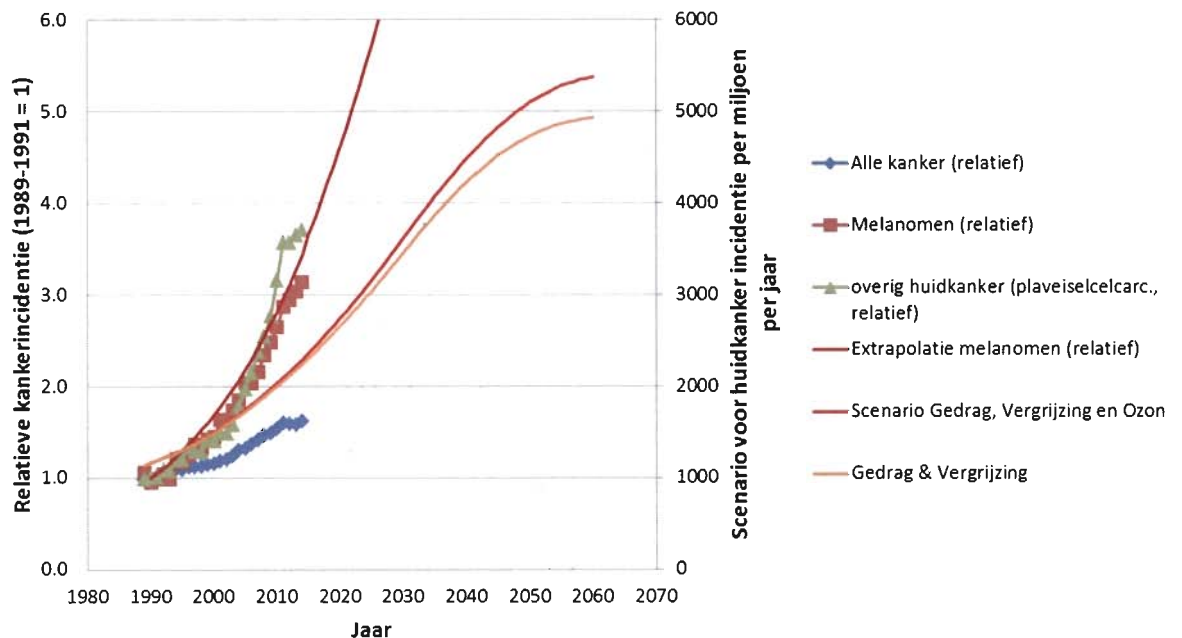
#### 5.5.4 Te verwachten ontwikkelingen in huidkanker

Het grootste deel van de toename van de huidkankerincidentie in de afgelopen 20-25 jaar hangt dus waarschijnlijk samen met gewijzigde UV-blootstelling van opeenvolgende leeftijdscohorten.

Vergrijzing en aantasting van de atmosferische ozonlaag vormen slechts een gedeeltelijke verklaring voor die toename. Het is aannemelijk dat onverstandig zongedrag hieraan mede ten grondslag ligt. Een scenario analyse van het RIVM laat zien dat een verdere sterke toename van de incidentie van huidkanker met nogmaals een factor 2 tot 5 aannemelijk is in de komende decennia (figuur 5.6). Alleen een flinke beperking van de blootstelling kan deze toename verminderen. Merk daarbij op dat de risico's niet lineair toenemen met de blootstelling, maar doorgaans sterker dan lineair en dat veranderingen in blootstellingsgedrag, de atmosferische samenstelling en vergrijzing elkaar multiplicatief versterken. Zo zal een effect van klimaat en ozonveranderingen dat nu tot 10% extra gevallen van huidkanker leidt, na verdrie- dan wel vervijfvoudiging van de incidentie door andere oorzaken, dan ineens een toename met 30-50% ten opzichte van de huidige incidentie betekenen.

Blootstelling aan UV-straling hangt in belangrijke mate samen met gedrag en het gebruik van beschermingsmiddelen (verblijftijd buiten, kleding, antizonnebrandmiddelen, afscherming van zonnestraling door parasols, bomen, gebouwen etc ).

De reden van de sterke toename van de incidentie van huidkanker is een combinatie van drie factoren: een veranderd blootstellingsgedrag (door toegenomen vrije tijd, vakanties in zonnige gebieden, minder bedekkende kleding), vergrijzing en aantasting van de ozonlaag. Gedrag is de belangrijkste factor (zie figuur 5.6).



Figuur 5.6 Relatieve toename van de kankerincidentie in Nederland tussen 1990 en 2013, voor twee typen huidkanker (melanoom en plaveiselcelcarcinoom) en voor alle vormen van kanker (boven). De huidkanker incidentie neemt veel sneller toe dan die voor alle andere vormen van kanker. Op basis van de risico's bij verschillende leeftijdscohorten is een inschatting gemaakt voor de toekomstige ontwikkeling voor melanomen (onder). Ook een scenarioberekening laat zien dat de huidkankerincidentie in de toekomst nog sterk door zal stijgen.

#### 5.5.5

##### Kosten van behandeling van huidkanker (en premaligne aandoeningen)

De zorgkosten die samenhangen met de UV-blootstelling van de huid zijn door ons indicatief geschat tussen 250 en 400 Miljoen Euro per jaar, met een beste schatting van 325 Miljoen Euro per jaar. Deze kosten zijn voor behandeling van huidkanker en premaligne aandoeningen. Bij deze schatting geldt een ruime onzekerheid omdat de totale zorgkosten voor huidkanker tot dusverre niet expliciet beschikbaar zijn in de Kosten van ziekten tool (<https://www.volksgezondheidszorg.info/kosten-van-ziekten>).

We hebben de schatting gemaakt door de wel voor huidkanker bekende kosten op basis van Diagnose Behandel Combinaties (DBC's) te schalen. Schaling vond plaats op basis van de relatieve verhouding tussen de totale zorgkosten en de DBC-gerelateerde kosten voor andere vormen van kanker.

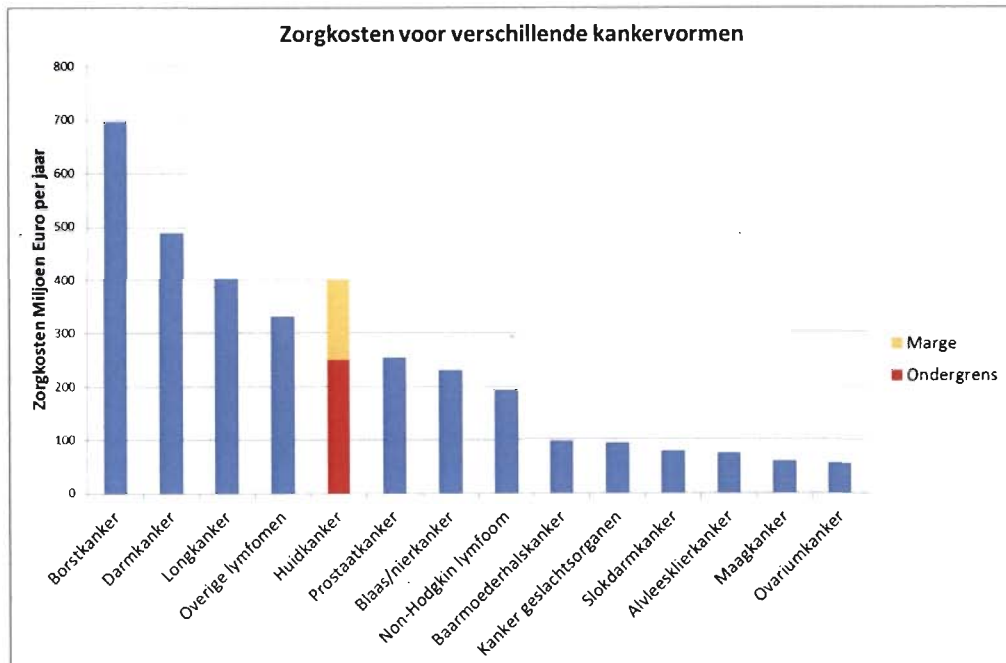
De op DBC-basis berekende kosten voor behandeling van maligne huidkanker en premaligne dermatosen bedragen in de periode 2012-2014 gemiddeld circa 165 Miljoen Euro per jaar (gegevens afkomstig van Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages afgelezen 26-04-2016 (RIVM)). Het is aannemelijk dat deze kosten voor het overgrote deel samenhangen met de UV-blootstelling van de huid. Daarnaast wordt circa 80 Miljoen Euro per jaar aan DBC-kosten besteed aan behandeling van benigne huidtumoren. Hiervan is minder makkelijk aan te geven welk percentage mogelijk met UV-blootstelling samenhangt.

De kosten voor behandeling van de benigne huidtumoren zijn daarom niet meegenomen in onze kostenschatting van UV-blootstelling. Wel zijn alle kosten van de maligne en premaligne aandoeningen meegenomen.

Recent is een specifiek budget toegekend voor dure medicijnen voor de behandeling van melanoompatiënten van 25 Miljoen Euro per jaar. Deze kosten zijn niet opgenomen in de DBC-kosten. Andere kosten die niet in de DBC/kosten verwerkt zijn: training en opleiding van personeel, aanleg en gebruik van en onderhoud aan de infrastructuur, huisartsenzorg, extramurale medicatie en thuiszorg. In de kosten van ziekten studie is voor een groot aantal ziekten een vollediger schatting van de ziektekosten opgenomen, maar een uitsplitsing voor huidkanker is nog niet beschikbaar

(<https://www.volksgezondheidszorg.info/kosten-van-ziekten> (situatie mei 2016)). Wel blijkt dat de totale zorgkosten voor behandeling van kanker 4771 Miljoen Euro bedragen in 2011 en dat is ruim tweemaal zo hoog als de DBC-gerelateerde kosten van 2123 Miljoen Euro voor 2012 (gegevens afkomstig van Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages afgelezen 26-04-2016). Voor de verschillende vormen van kanker varieert de verhouding tussen totale zorgkosten en DBC-gerelateerde kosten. We bekeken die variaties voor de, qua kosten zeven belangrijkste vormen van kanker en vonden een gemiddelde van 1,98 met een standaarddeviatie van 0,48. Voor de door UV-blootstelling van de huid veroorzaakte ziektekosten hanteren we een minimum van circa 250 Miljoen Euro per jaar en een maximum van 400 Miljoen Euro per jaar, met een beste schatting van circa 325 Miljoen per jaar. Omdat we in deze schatting de kosten voor behandeling van benigne huidtumoren niet hebben meegenomen en er specifieke dure medicijnen beschikbaar zijn voor behandeling van het melanoom, is het aannemelijk dat de werkelijk met UV-blootstelling samenhangende kosten beduidend hoger zijn dan de hier gegeven ondergrens van 250 Miljoen per jaar.

Ook met overige maatschappelijke en sociaal-psychologische kosten (verzuim, kosten per DALY etc) is geen rekening gehouden. Een groot deel van de kosten voor huidkanker en premaligne aandoeningen zullen leiden tot herstel van de patiënt, en niet tot sterfte. Dit betekent dat preventie leidt tot directe besparing van deze zorgkosten. In figuur 5.7 zijn de geschatte zorgkosten voor behandeling van door UV-blootstelling veroorzaakte huidkanker uitgezet tegen de zorgkosten voor andere kankersoorten. De huidige zorgkosten voor UV-gerelateerde huidkanker bevindt zich in de top vijf, mogelijk zelfs top drie van kankersoorten. De kosten zouden die van longkanker kunnen benaderen, maar zijn waarschijnlijk vergelijkbaar met de kosten voor overige lymfomen en zijn waarschijnlijk hoger dan die voor prostaatkanker, blaas/nierkanker en non-hodgkin lymfomen, en bijvoorbeeld ruim het dubbele van de kosten voor baarmoederhalskanker.



Figuur 5.7 Totale zorgkosten voor verschillende vormen van kanker in vergelijking met de door UV-blootstelling veroorzaakte kosten voor behandeling van huidkanker. De kosten voor alle kankertypen behalve huidkanker zijn voor 2011 en afkomstig uit de kosten van ziekten tool (<https://www.volksgezondheidszorg.info/kosten-van-ziekten>). Alleen voor huidkanker zijn de kosten geschat op basis van de DBC gerelateerde kosten (afkomstig van Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages afgelezen 26-04-2016 (RIVM)) en een schaling (zie tekst). De balk aangeduid met marge geeft de bandbreedte van de voorlopige schatting voor huidkankerkosten.

Gelet op de sterk oplopende trend in de incidentie van huidkanker mag een verdere sterke toename van de kosten in de komende decennia verwacht worden. Een factor drie tot vijf toename in de kosten is dan zeer wel mogelijk.

## 5.6 Staarvorming

Begin 2011 waren er in totaal bijna 195000 mensen met staar geregistreerd bij Nederlandse huisartsen. Het is zeer goed mogelijk dat dit een onderschatting is, want op basis van bevolkingsonderzoeken uit het buitenland en de leeftijdsverdeling van de Nederlandse bevolking is de inschatting dat meer dan 900.000 mensen van boven de 40 jaar staar hebben (bron Volksgezondheidszorg.info).

Wij zullen hier uitgaan van de geregistreerde gevallen, omdat dit waarschijnlijk de groep is met de ernstigste hinder van het gezichtsvermogen. De totale ziektelast voor staar, uitgedrukt in DALYS, komt uit op circa 26700 (berekend uit gegevens op Volksgezondheidszorg.info).

Voor staar zijn meerdere risicofactoren bekend, waaronder UV-blootstelling van het oog. Bij proefdieren kan staar geïnduceerd worden door chronische UV-blootstelling. Wij volgen een inschatting van de Gruij en van der Leun dat circa één derde van de staargevallen

veroorzaakt kan zijn door UV-blootstelling (de Gruijl en van der Leun, 2002). Eenzelfde inschatting is gehanteerd en gepubliceerd door Struis et al (Struis et al 2010). Op basis van deze gegevens komen we met de prevalentie van staar in 2011 op een DALY-last door UV-geïnduceerde staar van circa 8900.

Ook voor staarvorming geldt dat het aantal gevallen de afgelopen jaren sterk is toegenomen en slechts deels verklaard kan worden op basis van vergrijzing en groei van de bevolking. Voor staar geldt dat de onbegrepen toename van de prevalentie in de periode van 1992 tot 2010 vrijwel een factor 2 was voor de regio Limburg en een factor 2,4 voor de regio Nijmegen (op basis van een leeftijd gestandaardiseerde bevolking van 2010).

Ook hier zou een toename van de zonblootstelling een rol kunnen spelen, waarbij niet uitsluitend UV-blootstelling van belang is.

Los van een mogelijke verdere toename door gedragsveranderingen, mag verwacht worden dat vergrijzing van de bevolking de prevalentie van staar verder zal doen stijgen. Oriënterende berekeningen door RIVM van de effecten door vergrijzing wijzen op een verdere verdubbeling in de komende decennia.

Op basis van DBC-kosten komt er een schatting van 221 Miljoen Euro per jaar (maatwerkanalyse RIVM (Lany Slobbe) op basis van data uit DBC informatiesysteem (DIS)). Nemen we de DBC-gebaseerde kosten als basis dan komt een derde van die kosten uit op circa 75 Miljoen per jaar. Ook dit is vrijwel zeker een onderschatting van de totale zorgkosten door UV-blootstelling van het oog. Als indicatieve marge houden we hier 75 - 150 Miljoen Euro/jaar aan.

## 5.7 Samenvattend

UV-blootstelling van de huid veroorzaakt het overgrote deel van de gevallen van huidkanker in Nederland. De zon is de belangrijkste bron van UV-straling, maar bruiningsapparatuur kan voor veel-gebruikers significant bijdragen.

Jaarlijks komen in Nederland ongeveer 51.000 nieuwe gevallen van huidkanker voor. Onderverdeeld naar de drie typen huidkanker: bijna 37000 basaalcelcarcinomen, 9200 plaveiselcelcarcinomen en 5500 melanomen. Omdat alleen de plaveiselcelcarcinomen en melanomen in de landelijke registraties zijn opgenomen is de daar aangehouden jaarlijkse prevalentie 14700 (periode 2012-2014). Jaarlijks overlijden er bijna 920 personen aan huidkanker, waarvan 815 aan de meest gevaarlijke vorm van huidkanker, het melanoom. De ziektelast van door UV-straling veroorzaakte huidkanker wordt berekend op 21500 DALY per jaar (<https://www.volksgezondheidenzorg.info/ranglijst/ranglijst-ziekten-op-basis-van-ziektelast-dalys>).

Tussen 1990 en 2014 is de huidkankerincidentie met een ruime factor 4 toegenomen. Die toename is veel sterker dan voor alle andere vormen van kanker. Vergrijzing en toename van de bevolking verklaren slechts een ruime factor 1,5 van die toename. Voor alle drie de vormen van huidkanker geldt dat een factor 2,5 van de toename hoogstwaarschijnlijk samenhangt met een toename in de UV-blootstelling. Hoewel aantasting van de ozonlaag, en mogelijk ook

klimateverandering, hebben geleid tot enige toename in de UV-stralingsniveaus in Nederland, is die toename onvoldoende om de toename in de incidentie te verklaren. Waarschijnlijk is dan ook dat een wijziging in het zongedrag van de bevolking de belangrijkste oorzaak is van de sterke stijging van het aantal gevallen van huidkanker.

Omdat de jongere generaties steeds een hogere kans op huidkanker blijken te hebben dan elke eerdere generatie, mag verwacht worden dat de incidentie ook in de toekomst sterk blijft toenemen. Uit RIVM-berekeningen volgt dat dit kan leiden tot nogmaals drie tot vijf maal zoveel gevallen van huidkanker rond 2040.

Om die toename tot staan te brengen is het nodig verstandiger om te gaan met de blootstelling aan de zon. Volkomen mijden van de zon is overigens ook niet verstandig omdat de zomblootstelling (in de zomerperiode) een belangrijke bron is van vitamine D. Vitamine D is essentieel voor een goede bot- en spierstofwisseling en heeft mogelijk ook andere gunstige effecten op de gezondheid.

Zomblootstelling is ook een van de risicofactoren voor het ontstaan van staar. Naar schatting speelt UV-blootstelling een rol bij een derde van alle staargevallen. Dat komt neer op circa 23000 nieuwe geregistreerde gevallen per jaar, of 65000 in totaal geregistreerde gevallen van mensen met staar. De hieruit te berekenen ziektelast door UV-straling komt uit op 8900 DALY. Het aantal gevallen van staar is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Daarbij speelt vergrijzing een belangrijke rol, maar daar bovenop is sprake van een verdubbeling van de leeftijd gestandaardiseerde incidentie in de afgelopen 20 jaar. Hier kan een meer complete registratie een rol spelen meespelen. Niettemin lijkt er ook een reële toename, die wellicht (mede) te wijten is aan de toegenomen zomblootstelling in de afgelopen decennia. In de komende 20 jaar kan hier nog een verdubbeling bovenop komen.

De huidige totale ziektelast door UV-blootstelling komt hiermee op circa 30400 DALY per jaar. UV-straling kwalificeert zich daarmee ruim in de top drie van milieugebonden gezondheidsrisico's. Huidkanker bevindt zich al in de top vijf van alle kankervormen.

Op basis van de huidige waargenomen trends, is, bij vanaf nu gelijkblijvend blootstellingsgedrag, een doorgroei van de UV-gerelateerde ziektelast naar rond 100.000 DALY's (80.000 – 125.000) in de komende decennia aannemelijk. Dat is meer dan de huidige ziektelast voor darmkanker en borstkanker en raakt aan de huidige top tien voor alle ziekten. Ook de bijdrage van huidkanker alleen (65.000 – 110.000 DALY) kan zeer wel tot de top drie van alle kankervormen gaan reiken (nu staat huidkanker op plaats 5).

De ziektekosten die samenhangen met de UV-blootstelling zijn geschat op 325 (250-400) Miljoen Euro per jaar voor huidkanker en minimaal 75 miljoen Euro per jaar voor staar, ofwel totaal circa 400 Miljoen Euro per jaar. Let wel het gaat hier uitsluitend om de kosten van de medische behandeling. Deze schatting houdt geen rekening met andere maatschappelijke en sociaal-psychologische kosten (verzuim, kosten per DALY etc). Een groot deel van de kosten voor huidkanker en premaligne aandoeningen en alle kosten voor staar zullen leiden tot herstel van de

patiënt, en niet tot sterfte. Dit betekent dat succesvolle preventie leidt tot directe besparing van deze zorgkosten.

Tabel 5.5 Geschatte ziektelast, kosten en trends door UV-blootstelling

ziektelast		aantal	sterfte	Toename 1990-2014	Gedrag	Kosten M€/jr#
Huidkanker DALY 21500 (ex BCC)	Melanoom	5495*	813	3,5 x	2,55x	325  (250-400)
	Plaveiselcel Carcinoom PCC	9196*	105	4,3 x	2,55x	
	Basaalcel Carcinoom BCC	36600**	-	4,1 x	2,49x	
Staar DALY 8900		65000***	-		2 x	75-150
DALY totaal >30400		51300 + 65000	918			>400

\* incidentiegegevens afkomstig van de Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door IKNL (januari 2016);

\*\* Extrapolatie op basis van Gegevens van IKNL-regio Eindhoven

\*\*\* Gegevens Landelijk Informatienetwerk Huisartsenzorg (LINH)

# Kosten op basis van RIVM-analyse van gegevens uit Vektis, Zorgprisma, VWS-rapportages en de kosten van ziekten tool van volksgezondheidszorg.info.nl (zie 5.5.5 en 5.6)

Zonder een goed preventieprogramma zullen de kosten waarschijnlijk doorstijgen tot rond of boven het miljard Euro per jaar. Inzetten op preventie die leidt tot verstandig zongedrag kan een flink deel van de toekomstige ziektelast en kosten voorkomen. De kosten ten behoeve van preventie zullen slechts een fractie zijn van de te behalen winst in de zorgkosten.

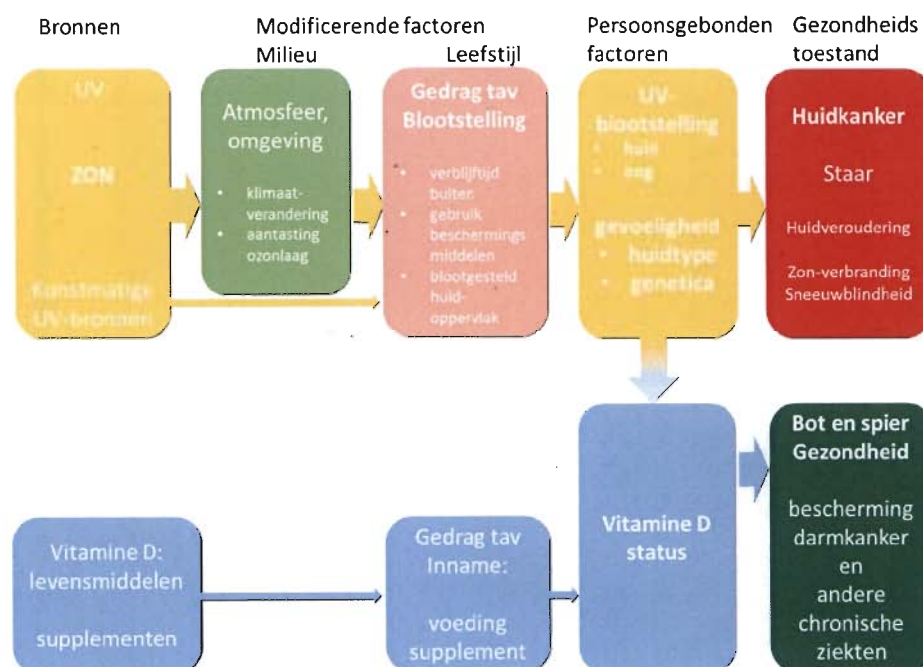
Ter ondersteuning van preventieprogramma's is een kennisbasis op dit gebied nodig, mede om tijdig in te kunnen spelen op nieuwe wetenschappelijke inzichten over de balans tussen risico's en voordelen van UV-blootstelling.



## 6 ANNEX B: UV-straling en gezondheid, kennisdomeinen

### 6.1 Overzicht kennisdomeinen UV-straling en gezondheid

Om voor goede voorlichting en preventiecampagnes de gezondheidstoestand in relatie tot UV-blootstelling in te schatten is kennis uit verschillende domeinen nodig (zie schema in figuur 6.1). In Nederland is op het gebied van preventie van huidkanker vooral KWF/Kankerbestrijding actief. KWF/Kankerbestrijding heeft UV-blootstelling naast roken benoemd tot een tweede speerpunt voor kankerpreventie. Gelet op de in het vorige hoofdstuk geschetste trends is daar alle reden toe, omdat verstandiger omgaan met UV-blootstelling een forse gezondheidswinst kan geven. Door het belang van UV-blootstelling voor de aanmaak van vitamine D is het nodig de zonadviezen voortdurend te toetsen aan nieuwe wetenschappelijke inzichten. Met de specifieke kennis op deelgebieden en de integrale analyse en modellering van de gezondheidseffecten van UV-straling kan daar een belangrijke rol zijn voor RIVM. Die rol is complementair aan die van andere kennispartners in dit veld.



Figuur 6.1 Schema voor verschillende kennisdomeinen die samenhangen met de gezondheidseffecten van UV-blootstelling.

UV-stralingsbescherming is momenteel niet helder beleidsmatig ingebed. In veel landen om ons heen valt UV-stralingsbescherming onder de instantie die zich ook bezig houdt met ioniserende stralingsbescherming. Dat geldt bijvoorbeeld voor de Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Duitsland, Public Health England (PHE) in Groot Brittannië, de Norwegian Radiological Protection Agency (NRPA) in Noorwegen, en de Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) in Finland. In Nederland geeft de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)

aan dat UV-straling niet tot haar werkterrein behoort. Een vergelijkbare situatie geldt in België waar het Federale Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) zich uitsluitend richt op de stralingsbescherming voor ioniserende straling.

Voor UV-stralingsbescherming zijn wel er raakvlakken met verschillende beleidsterreinen en departementen. Kunstmatige UV-bronnen voor medische en voor cosmetische toepassingen (bruining) vallen onder VWS, evenals preventiebeleid voor (huid)kanker en preventie ten aanzien van tekorten voor vitamine D. Kunstmatige UV-bronnen voor cosmetische toepassingen worden vooral toegepast ten behoeve van bruining. Voor commerciële toepassingen zijn Europese richtlijnen opgesteld die ervoor moeten zorgen dat de intensiteit van de UV-straling beperkt blijft, en er is een minimum leeftijd van 18 jaar gesteld voor gebruikers. De maximale toegestane intensiteit komt overeen met een zonkracht 12, een niveau dat in de zomer in streken nabij de evenaar wel wordt gehaald, maar nooit in Nederland (hier is de zonkracht maximaal 7-8). In een recent door NVWA geïnitieerd onderzoek bleek de leeftijdsgrens van 18 jaar slecht nageleefd te worden: in driekwart van alle geteste "zonnepunten" werden 16-jarigen zonder probleem toegelaten.

Kunstmatige UV-bronnen in de werkomgeving vallen onder SZW, en voor het gebruik en de bescherming gelden de algemene ARBO-regels dat er Risico inventarisaties en evaluaties moeten worden uitgevoerd.

Uit internationaal onderzoek over gebruik van dergelijke bronnen in ons omringende landen vindt men dat in het noorden en westen van Europa ruim 40% van de volwassenen aangeeft ooit gebruik gemaakt te hebben van kunstmatige UV-bronnen voor bruining. Een belangrijk deel stelt zich slechts een beperkte periode bloot, en gebruikers zijn vooral de jong volwassenen. Op de vraag of het afgelopen jaar gebruik is gemaakt van kunstmatige UV-bronnen antwoord zo'n 14-16% van de (jong) volwassenen positief. Ook voor die groep is overigens de inschatting dat de gemiddelde blootstelling per jaar duidelijk geringer is dan de UV-blootstelling in de zon. Onder de mensen die ooit gebruikmaakten van bruiningsapparatuur blijkt het huidkankerrisico circa 15% verhoogd ten opzichte van de groep die nooit gebruikmaakten van dergelijke bronnen (IARC 2012). In een recent rapport van the Scientific Committee on Helath, Environmental and Emerging Risks (SCHEER) is geschat dat voor Europa ruim 5 % van de huidkanker voor rekening komt van het gebruik van kunstmatige bronnen (SCHEER, 2016; SCENIHR (2015)). Omdat in het noorden en westen van Europa het gebruik hoger ligt dan in zuidelijker streken zou dit percentage daar wat hoger kunnen liggen: circa 6,3%.

Voor Nederland is er slechts zeer beperkte kennis over het gebruik van zonnebanken en de daarbij opgelopen blootstelling. Over zonblootstelling ontbreekt recent onderzoek in Nederland zelfs geheel. In het voorjaar van 2015 gaf circa 12% van de Nederlandse volwassenen aan dat ze in het afgelopen jaar gebruik hadden gemaakt van kunstmatige bruiningsapparatuur (gegevens afkomstig van KWF/Kankerbestrijding). Dat is een iets lager percentage dan de hiervoor aangegeven gebruikscijfers voor het noorden en westen van

Europa, maar is wel duidelijk hoger dan eind jaren tachtig (1987) toen zo'n 7 % van de bevolking aangaf zich bloot te stellen aan kunstmatige UV-bronnen. Voor Nederland kan de bijdrage van de blootstelling aan kunstmatige bronnen op de huidkankerincidentie geschat worden op 5-6%. Merk wel op dat de risico's door kunstmatige bronnen niet los zijn te zien van de zonblootstelling. De blootstellingseffect relaties zijn namelijk niet lineair, waardoor het risico van het gebruik van kunstmatige UV-bronnen beïnvloed wordt door de blootstelling aan de zon. Ook voor de meeste gebruikers van kunstmatige bronnen zal de zon nog altijd de overheersende bron voor de UV-blootstelling zijn.

De zon als bron is natuurlijk niet beïnvloedbaar door de mens. De intensiteit van de voor effecten van belang zijnde UV-straling op leefniveau wordt in belangrijke mate bepaald door de hoogte van de zonnestand, de dikte van de ozonlaag, de hoeveelheid bewolking, en smog en aerosolen. De atmosfeer is een belangrijke modifierende factor die de UV-stralingsniveaus op leefniveau mede bepaalt. Aantasting van de ozonlaag en klimaatverandering door menselijk handelen (met als gevolg een ander wolkenpatroon of buitentemperatuur) kunnen van grote invloed zijn op de UV-stralingsniveaus en de blootstelling, een raakvlak tussen milieu en gezondheid en met de beleidsterreinen van VWS en I&M. Voor buitenwerkenden gelden in Nederland geen specifieke regels voor blootstelling aan zonlicht.

Verschillende kennispartners dragen onderling complementaire kennis bij aan de onderbouwing en afstemming van de preventieboodschap. Hier gaan we kort in op de inbedding. RIVM heeft voor Nederland unieke kennis op een aantal deelterreinen en is internationaal erkend met betrekking tot integratie van die kennis over verschillende kennisdomeinen. We beperken ons hier tot de inhoudelijke kennis die nodig is uit het oogpunt van preventie. Op het gebied van preventie van huidkanker zijn primair KWF/Kankerbestrijding, de Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie, en patiënten verenigingen en stichtingen actief. Voor een zorgvuldige preventieboodschap is het nodig de inhoudelijke kennis te integreren en van daaruit bij te dragen aan de publieksvoorlichting.

Kijken we naar het totale inhoudelijke kennislandschap dan heeft RIVM unieke kennis van het voor effecten relevante UV-stralingsniveau in Nederland, en de relatie van die niveaus met de relevante atmosferische parameters (dikte ozonlaag, bewolking, aerosolen en smog). RIVM beheert het enige UV-stralingsmeetpunt in Nederland, en heeft inmiddels een unieke méér dan twintigjarige UV-meetreeks. Het KNMI heeft complementaire kennis mbt de meting van ozonlaagdikten, zowel op basis van grondwaarnemingen als op basis van satellietwaarnemingen. Ook stelt KNMI op basis van weersvoorspellingen een inschatting van de dagelijks te verwachten maximale zonkracht op. Naast kennis over de (op een horizontaal vlak) beschikbare UV-stralingsniveaus heeft RIVM in de afgelopen jaren kennis opgebouwd over gebruik en kalibratie van persoonsdosimeters voor UV-straling. Daarmee is het mogelijk onderzoek te doen naar de daadwerkelijk in het dagelijks leven in het buitenmilieu opgelopen UV-stralingsdosis.

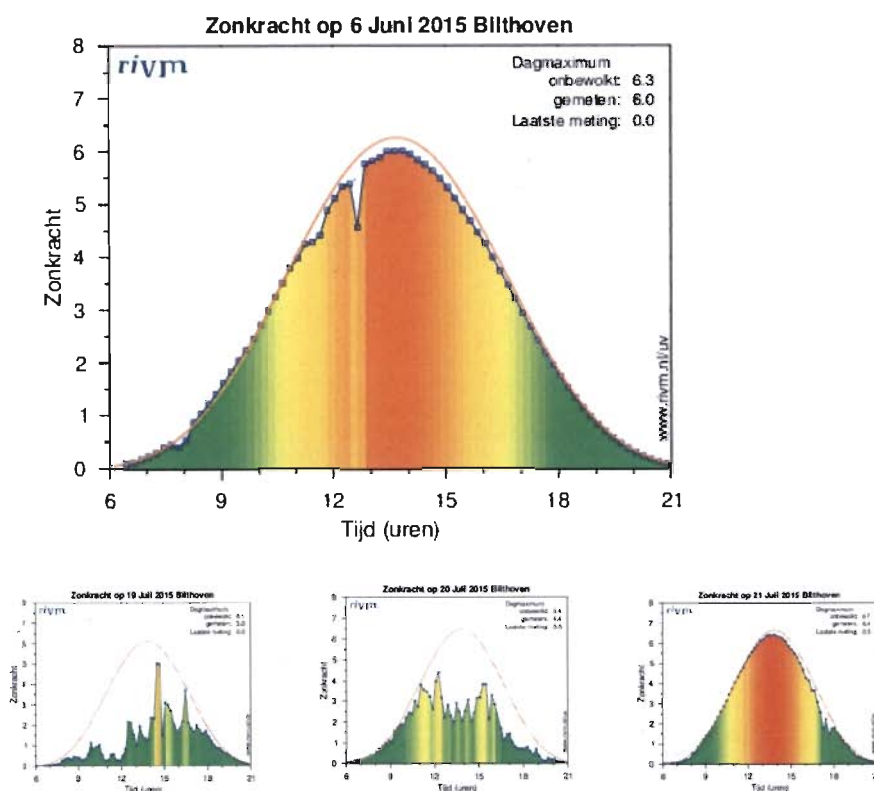
Dergelijke gegevens zijn van belang voor de onderbouwing van praktische adviezen ten aanzien van zonblootstelling, en voor de inschatting van de productie in de huid van vitamine D. Met de (toen beschikbare) kennis heeft RIVM bijgedragen aan rapportages van de signaleringscommissie kanker van KWF (SCK/KWF 2010) en de Gezondheidsraad (2012) over het belang van de vitamine D productie in de huid.

Ook beschikt RIVM over risicomodellen voor de berekening van huidkankerrisico's in relatie tot UV-blootstelling. Deze modellen zijn vooral toegepast voor de inschatting van toekomstige huidkankerrisico's door ozonaantasting en klimaatverandering en gebruikt in tal van wetenschappelijke publicaties en verschillende (inter)nationale assessments (van Dijk et al 2013; KNMI, RIVM, I&M 2013; UNEP 2014). Met deze modellering kunnen ook scenario analyses op basis van gedragsveranderingen worden uitgevoerd. Bovendien heeft recent strategische onderzoek van het RIVM de modellering van de vitamine D status in relatie tot UV-blootstelling en vitamine D inname (met voeding en/of supplementen) verbeterd (van Dijk et al 2016). De modellen laten zien dat er nog aanzienlijke onzekerheden zijn in de omvang van de huidproductie, en dat verder onderzoek nodig is om adviezen over gewenste blootstelling en inname te onderbouwen. Een bevinding van het onderzoek is verder dat de huidproductie bij lagere zonnestand minder effectief is dan eerder aangenomen.

## **6.2 Overzicht huidige activiteiten RIVM**

RIVM heeft kennis en expertise op een breed gebied van de in het schema van figuur 3.1 weergegeven kennisdomeinen. De zonkracht (en spectrale) metingen in Bilthoven zijn uniek voor Nederland en kennen inmiddels een ruim 22-jaar lange meetreeks. RIVM beschikt daarnaast over kennis van effecten en over unieke integratieve modellen waarmee gezondheidsrisico's kunnen worden ingeschat in relatie tot gedrag en milieufactoren.

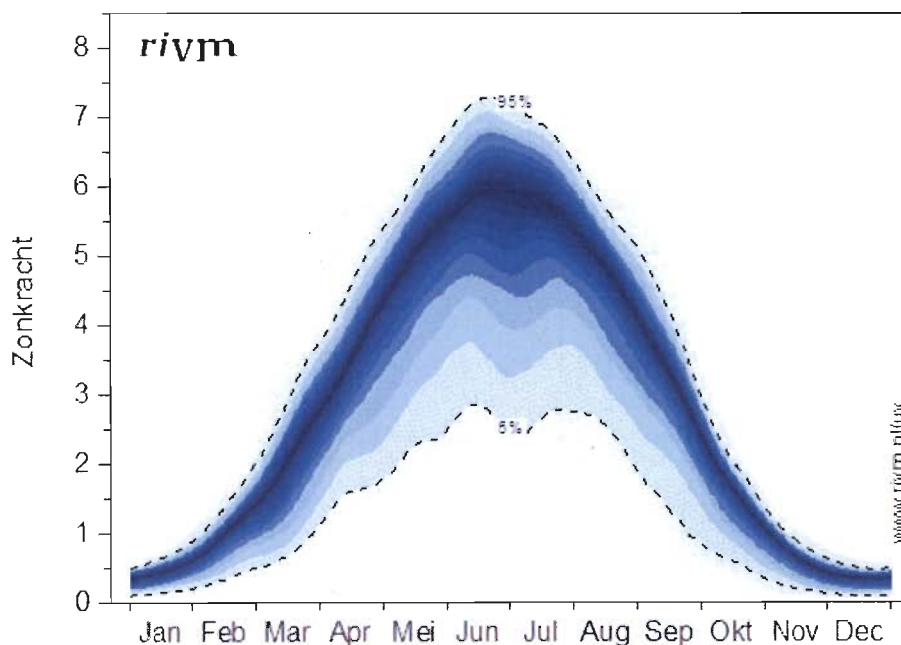
Figuur 6.2 toont een viertal voorbeelden van het dagverloop van de zonkracht. Dergelijke grafieken worden automatisch op de RIVM website geplaatst, waarbij elke 12 minuten een meetpunt aan de grafiek wordt toegevoegd. In lijn met internationale afspraken gebruikt RIVM voor de zonkrachtplaatjes een weging van het zonnenspectrum middels het CIE-erythem actiespectrum uit figuur 4.2. De webpagina met de daggrafiek behoort al jaren tot de meest bekeken milieupagina's. De RIVM-daggrafieken zijn ook door andere websites opgenomen (bijvoorbeeld buienradar.nl).



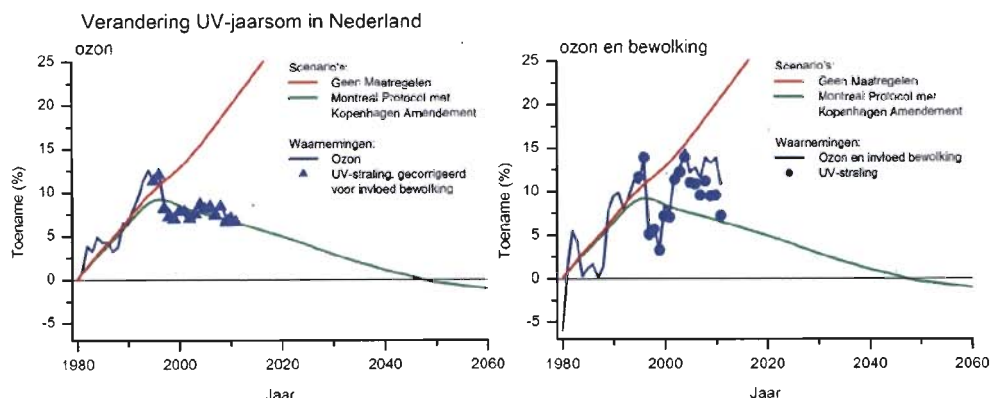
*Figuur 6.2 Voorbeelden van het dagverloop van de zonkracht, zoals gemeten met het spectrale meetsysteem van het RIVM in Bilthoven. De dagverlopen van 6 juni, en van 19, 20 en 21 juli 2015 zijn weergegeven. Deze grafieken zijn voorbeelden van de op de RIVM-webpagina dagelijks gepubliceerde dagverlopen ([www.rivm.nl/zonkracht](http://www.rivm.nl/zonkracht)). Elke 12 minuten wordt daarbij een meetpunt toegevoegd.*

Naast een sterk dagverloop in de zonkracht is er ook een duidelijk seizoensverloop dat direct samenhangt met de zonnehoogte, en daarnaast vooral met de dikte van ozonkolom in de atmosfeer en de bewolking. Figuur 6.3 toont het jaarverloop van de maximale zonkracht per dag in het jaar. Daarbij is te zien dat de zonkracht in december minder is dan 0,5, en in de zomer zijn de maximale waarden tot 7 met enkele uitschieters richting 8.

De UV-stralingsniveaus worden beïnvloed door de ozon- en klimaatproblematiek. Figuur 6.4 toont de trendmatige invloeden van de ozonvariaties (linkergrafiek) en van de combinatie van bewolking en ozon (rechtergrafiek). De mondiale maatregelen ter bescherming van de ozonlaag lijken het beoogde succes te hebben, omdat de gemeten data (blauwe lijn) de modelmatige groene curve volgt die is uitgerekend op basis van de mondiale afspraken over de bescherming van de ozonlaag.



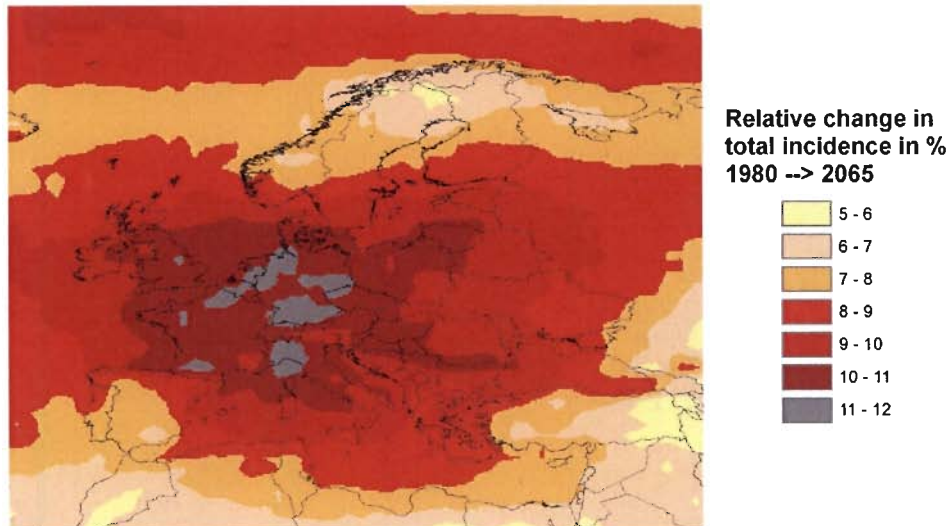
Figuur 6.3 De variatie van de maximale zonkracht per dag in het jaar. De donkerste tint geeft de (mediane) zonkrachtwaarde die in 50% van de gevallen wordt overschreden, de onderste onderbroken curve geeft de 5 percentiel waarde, de waarde die in 95% van de gevallen wordt overschreden, de bovenste onderbroken curve geeft de 95-percentiel waarde. Elke stap in de kleur geeft een gebied waarbinnen 5% van de dagmaxima liggen. Bron: RIVM ([http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV\\_ozonlaag\\_en\\_klimaat/Zonkracht/Seizoenvariatie](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV_ozonlaag_en_klimaat/Zonkracht/Seizoenvariatie)), gebaseerd op metingen van 1996-2006.



Figuur 6.4 Trends in de UV-instraling in Bilthoven. Linkergrafiek toont de effecten van ozonveranderingen (waarbij de metingen zijn gecorrigeerd voor de invloed van bewolking) en de rechtergrafiek toont de trend in de jaarlijkse UV-stralingsbelasting op grondniveau.

Inclusief bewolgingsveranderingen is het plaatje (fig 6.4 rechts) minder strak doordat bewolkingseffecten sterk van jaar tot jaar kunnen verschillen. De toename van de jaarlijks gesommeerde UV-stralingsniveaus sinds begin 1980 bedraagt 5-10%. Dit is onvoldoende om de nu waargenomen sterke toename in het aantal gevallen van

huidkanker te verklaren. Bovendien zal het effect van de ozonaantasting pas in de komende decennia in de incidentie gaan doorwerken.



*Figuur 6.5 Voorbeeld berekening waarin de effecten van ozonverandering op de toekomstige huidkankerincidentie zijn doorgerekend. Door de lange latentietijd zal de toename van de huidkanker incidentie tientallen jaren najlen. Duidelijk is te zien dat de invloeden regionale verschillen vertonen. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met de effecten van vergrijzing en veranderingen in gedrag.*

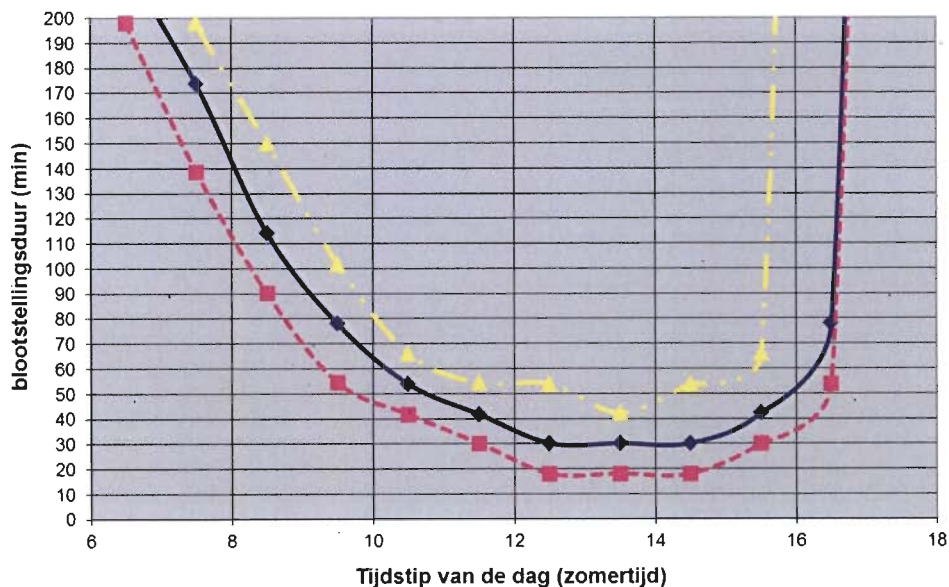
Figuur 6.5 geeft een inschatting van de relatieve toename in de incidentie van huidkanker tussen 1980 en 2065 ten gevolge van de aantasting van de ozonlaag. Bij deze berekening is aangenomen dat het blootstellingsgedrag niet wijzigt, dat de wereldwijde afspraken ter bescherming van de ozonlaag worden nageleefd, en dat zich geen nieuwe verrassende interacties tussen klimaat en ozon problematiek zullen voordoen. Nederland bevindt zich in een gebied in Europa waar de relatieve huidkankertoenamen tussen 10 en 12 % wordt geschat. In hoofdstuk 2 lieten we al zien dat de toename van huidkanker in Nederland door de UV-blootstelling sedert 1990 al 150% bedroeg, en dat een verder toename te verwachten is. Merk daarbij op dat de toename door aantasting van de ozonlaag relatief is ten opzichte van de risico's door het gedrag. Als de toekomstige risico's nog met een factor 2 tot 3 toenemen door gewijzigd blootstellingsgedrag en vergrijzing, dan zal de extra toename door de verdunning van de ozonlaag niet tussen de 10 en 12 % zijn, maar circa 20-35% van de huidige incidentie bedragen.

Hoewel al sinds eind jaren zestig van de vorige eeuw de eerste discussies over een mogelijke aantasting van de ozonlaag plaatsvonden, kwam de ontdekking van het ozongat aan de Zuidpool in 1985 als een verrassing. Ook bleek de globale aantasting van de ozonlaag vervolgens groter dan oorspronkelijk gedacht. Voor de toekomst is met name de interactie met de klimaatproblematiek, het broeikaseffect dat los van beschermende maatregelen voor de ozonlaag zich ontvouwt, een onzekere factor. Ook kan het zijn dat wereldwijd herstel gepaard gaat met regionale verschillen in de ontwikkeling van de ozonlaagdikten.

Voldoende reden om waakzaam te blijven. Klimaatverandering heeft, naast een mogelijke invloed op de ozonlaag, ook gevolgen voor bewolking en bewolkingsspatronen en ook dat kan een belangrijke invloed hebben op het UV-stralingsniveau op de leefniveau. Een extra reden om de UV-stralingsniveaus te blijven volgen en trends te blijven analyseren. Bovenop de directe invloeden van het klimaat op de UV-stralingsniveaus kan het ook op indirecte wijze bijdragen aan extra UV-blootstelling, namelijk doordat mensen in een gematigd klimaat als Nederland zich door hogere temperaturen wellicht meer zullen blootstellen.

Enige UV-blootstelling is wenselijk uit het oogpunt van vitamine D voorziening, en sommige groepen weinig blootgestelden kunnen baat hebben bij extra blootstelling. UV-stralingsmetingen zijn in het verleden ook gebruikt voor het inschatten van de blootstellingstijd die nodig is voor een bepaalde vitamine-D productie. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in figuur 6.6.

Blootstellingstijd versus tijdstip van de dag (mei-augustus)



Figuur 6.6 Inschatting van de blootstellingstijd die nodig is voor een huidproductie van 1000 International Units aan vitamine D door blootstelling van 10% van de huid (handen, onderarmen en hoofd) aan de zonkracht. Berekend door RIVM op basis van de metingen van de zomer van 2007. Gebruikt in SCK-KWF/Kankerbestrijding (2010).



## 7 ANNEX C: Voorstel voor UV-kennisbasis en meetinfrastructuur

### 7.1 **Historie en huidige RIVM-kennisbasis ten aanzien van UV-straling en gezondheidsrisico's**

RIVM heeft in de afgelopen decennia unieke kennis opgebouwd ten aanzien van de UV-stralingsniveaus in Nederland in relatie met ozon- en klimaatverandering, alsmede over de ermee samenhangende gezondheidsrisico's. De huidige RIVM-activiteiten op het gebied van UV-straling vinden hun oorsprong begin jaren negentig van de vorige eeuw. Het UV-onderzoek richtte zich op de diagnose en prognose van de UV-stralingsbelasting in relatie tot atmosferische veranderingen en de ermee samenhangende risico's van UV-blootstelling. Een drietal nauw samenhangende hoofdlijnen van onderzoek zijn in die periode gestart:

1. De ontwikkeling van een UV-monitoring systeem dat geschikt is voor de continue monitoring van de voor gezondheids- en milieu- effecten relevante UV-stralingsniveaus op leefniveau
2. De analyse van de huidige en vroegere UV-stralingsniveaus in relatie tot de relevante atmosferische parameters, met als belangrijkste de dikte van de ozonlaag en bewolking.
3. Analyse van de huidige en toekomstige gezondheidseffecten van UV-blootstelling in relatie tot ozon- en klimaatverandering en het (voor)genomen (milieu)beleid

Het "Assessmentmodel for Ultraviolet Radiation and Risks" (AMOUR) kan gebruikt worden voor mondiale en regionale evaluaties van de UV-stralingbelasting en de gevolgen in relatie tot atmosferische veranderingen in de ozonlaag. Dit model is gebruikt voor de scenario-analyse van de mogelijke effecten van aantasting van de ozonlaag op de (toekomstige) incidentie van drie verschillende typen huidkanker en staar.

De opbouw van het UV-monitoringsysteem is begin jaren negentig gestart met een uitgebreide definitiestudie om te komen tot een meetsysteem dat voldoet aan de eisen vanuit het perspectief van trend en effect analyses. RIVM is, na pilot metingen in 1993, in 1994 gestart met de monitoring van UV-straling met als voornaamste oogmerk het analyseren van lange termijn trends in de voor gezondheidseffecten relevante UV-stralingsbelasting mede in relatie tot veranderingen in de atmosferische ozonlaag en bewolking. Sedert 1996 is een voor Nederland unieke continue reeks opgebouwd van spectrale UV-metingen op grondniveau. Opdrachtgevers voor de ontwikkeling en opzet van het UV-meetsysteem waren het Nationaal Onderzoeksprogramma mondiale luchtverontreiniging, en de directie stralingsbescherming van VROM (1990-1994). De monitoring is tot circa 2002 uitgevoerd in opdracht van (en betaald door) VROM. Na de verzelfstandiging van het Milieu en Natuurplanbureau (MNP) is het budget en de opdracht voor UV-monitoring van VROM overgeheveld naar het MNP. Tot en met 2006 heeft RIVM de metingen uitgevoerd in opdracht van het MNP. Naast de financiering vanuit MNP was er additioneel financiering voor UV-

onderzoek vanuit: de interne, strategische onderzoeksruimte van het RIVM, diverse projecten uit het kaderprogramma van de EU, en voor de ontwikkeling en validatie van op remote sensing gebaseerde UV-kaarten en UV-risicokaarten met toepassingssubsidies vanuit de Beleidscommissie Remote Sensing.

In de aanloop naar de samenvoeging van het MNP met het Ruimtelijk Planbureau tot Planbureau van de Leefomgeving (PBL) is de UV-monitoring opdracht in 2007 niet verlengd. Sinds die tijd zijn de UV-metingen voortgezet in het kader van verschillende projecten van het interne, strategische onderzoek van het RIVM, en als onderdeel van een Europees project. De kwaliteit geborgde monitoring van de UV-stralingsniveaus in Nederland is gebruikt voor:

- dagelijkse UV-stralingsmetingen voor op de RIVM-website plus afgeleide sites.
- nationale en internationale trend-analyses en assessmentrapporten,
- de validatie van methoden om historische trends te schatten en
- de validatie van methoden om met behulp van satellietgegevens UV-stralingsniveaus op de grond in kaart te brengen.

Vanaf 2011 zijn de UV-metingen ingebed in een intern, strategisch onderzoeksproject bij het RIVM dat zich richt op een inschatting van de UV-blootstelling en een afweging van de negatieve en positieve gezondheidseffecten van UV-blootstelling. Het strategisch onderzoek van het RIVM heeft als doel om met een innovatieve stap de weg te bereiden voor nieuwe reguliere opdrachten. Monitoring dient gefinancierd te worden uit reguliere budgetten. In juni 2016 eindigt het lopende interne, strategische onderzoeksproject waarbinnen de UV-stralingsmetingen plaatsvinden. Zonder aanvullende financiering zullen dan deze metingen moeten worden stopgezet.

## **7.2 Waaron kennisbasis op UV-straling**

UV-blootstelling behoort tot de top drie van milieufactoren wat betreft gezondheidsschade voor de mens en die gezondheidsrisico's zijn de afgelopen jaren sterk toegenomen. Jaarlijks krijgen rond 52000 mensen in Nederland huidkanker, waarvan meer dan 5000 de meest gevaarlijke vorm: het melanoom, en er overlijden jaarlijks meer dan 900 Nederlanders aan huidkanker. Ook draagt UV-blootstelling bij aan staarvorming. De jaarlijkse DALY-last in Nederland bedraagt ten minste 30400, en zal naar verwachting nog aanzienlijk toenemen in de komende decennia.

Over de periode 2001-2011 is huidkanker bij de mannen de snelst groeiende doodsoorzaak en bij de vrouwen de vierde.

Door verstandig om te gaan met UV-blootstelling kunnen de toekomstige risico's aanzienlijk worden beperkt.

## **7.3 Specificatie en argumentatie spectrale metingen**

### **7.3.1 *UV-straling, spectrum en effectieve dosis***

UV-straling behoort net als bijvoorbeeld licht en Röntgenstraling tot het elektromagnetische stralingsspectrum. Wit licht is opgebouwd uit straling met verschillende golflengten, waarmee verschillende kleuren corresponderen. Voor UV-straling geldt ook dat het is opgebouwd uit

verschillende golflengten, en de mate waarin UV-straling biologische effecten veroorzaakt blijkt sterk afhankelijk van de golflengte. UV-straling omvat het golflengtegebied tussen 100 en 400 nanometer, en wordt veelal opgedeeld in drie gebieden: het langgolfige UVA tussen 315 en 400 nm, het kortgolfiger UVB tussen 280 en 315 nm en het nog kortgolfiger UVC tussen 100 en 280 nm. Alle drie de golflengtegebieden kunnen leiden tot schadelijke effecten op huid en oog, maar de hoeveelheid straling die nodig is voor het veroorzaken ervan is sterk verschillend voor verschillende golflengten.

De hoeveelheid energie die bij een bepaalde golflengte per seconde op een oppervlakte-eenheid valt wordt de spectrale bestralingssterkte ( $E(\lambda)$ ), of ook wel spectrale irradiantie genoemd, met als eenheid  $W/(m^2 \times nm)$ . Om uit deze fysische grootheid een voor een specifiek biologisch effect relevante effectieve bestralingssterkte ( $E_e$ ) af te leiden moet de spectrale bestralingssterkte per golflengte worden vermenigvuldigd met een weegfactor ( $A(\lambda)$ ) en dit product moet gesommeerd worden over het relevante UV-golflengtegebied:

$$E_e = \int E(\lambda) \times A(\lambda) d\lambda \quad (W/m^2 \text{ effectief gewogen})$$

De hierbij gehanteerde golflengteafhankelijke set van weegfactoren wordt in de fotobiologie ook wel actiespectrum ( $A(\lambda)$ ) genoemd. Of een biologisch effect zal optreden hangt dan af van de over een bepaald tijdinterval opgelopen effectieve dosis, het product van de effectieve bestralingssterkte en de blootstellingsduur:

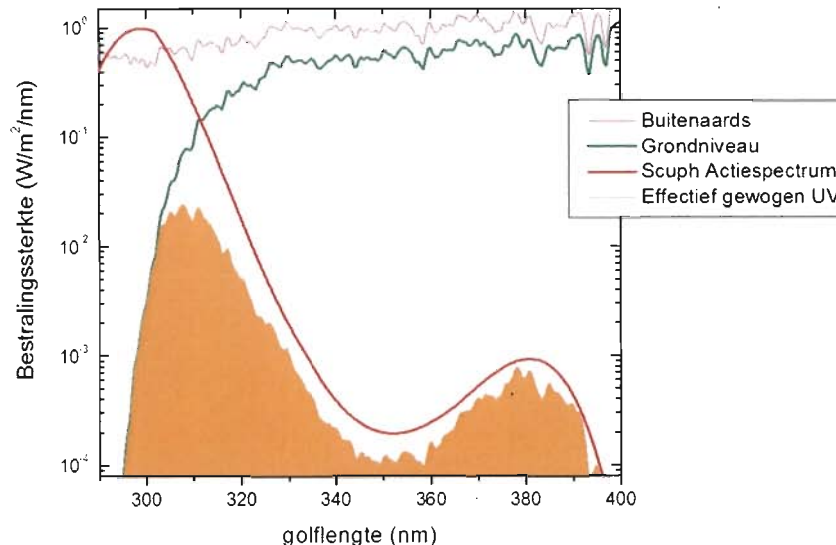
$$D_e = E_e \times \text{blootstellingstijd} \quad (J/m^2 \text{ effectief gewogen})$$

De belangrijkste UV-bron waaraan mens (en milieu) worden blootgesteld is de zon. De zonnestraling juist buiten onze atmosfeer omvat zowel UVC, UVB als UVA. De atmosfeer zorgt ervoor dat alle UVC wordt weggefilterd en een groot deel van het UVB alvorens het grond/leefniveau bereikt wordt. De wolkeloze atmosfeer laat wel UVA grotendeels door. Figuur 7.1 toont het zonnenspectrum buiten de atmosfeer en een voorbeeld van het spectrum op leefniveau. Duidelijk is te zien dat de spectrale bestralingssterkte van de zonnestraling op leefniveau in het UVB-gebied (280-315 nm) veel minder is dan in het buitenaardse zonnenspectrum. Die sterke afname komt vooral doordat de ozonlaag in onze atmosfeer het kortgolfige UVB sterk absorbeert. Doordat de weg van de straling door de atmosfeer langer wordt als de zon laag aan de hemel staat is de filterende werking van de atmosfeer sterk afhankelijk van de zonnestand: bij een lage zonnestand bereikt slechts een zeer gering deel van het UVB het grondniveau en bij een hoge zonnestand is dat naar verhouding meer. Bij lage zonnestand wordt bovendien de straling over een groter grondoppervlak uitgesmeerd, een effect dat ook geïllustreerd wordt door de lange schaduwen bij lage zonnestand. Dat laatste effect vermindert voor zowel UVA als UVB de bestralingssterkte.

In de praktijk van alle dag speelt UVC straling alleen bij enkele kunstmatige UV-lampen een rol in laboratoria en industriële omstandigheden, bijvoorbeeld bij sterilisatie lampen en bij laswerkzaamheden. Geringe hoeveelheden UVC kunnen bij blootstelling

van het oog leiden tot fotokeratitis (ook wel lasogen of sneeuwblindheid genoemd) en bij de huid tot roodheid (erytheem, ook wel aangeduid met "zon" verbranding). Fotokeratitis treedt enkele uren na de blootstelling op en geeft pijnlijke en tranende ogen.

Om gezondheidseffecten van UV-straling van de zon te kunnen inschatten is het vooral een uitdaging om het UVB op een goede wijze te meten. Dit komt doordat over een relatief klein golflengtegebied de intensiteit met een factor 1000 of meer afneemt (zie figuur 7.1) terwijl de biologische effectiviteit van die kortere golflengten juist relatief groot is. Zo is voor golflengten boven de 330 nm 1000 maal meer straling nodig om eenzelfde effect te veroorzaken als voor golflengten rond 300 nm. Dat geldt voor het getoonde actiespectrum voor huidkanker, maar ook voor andere effecten zijn er vergelijkbare verschillen.



*Figuur 7.1 Vergelijking van het buitenaards zonnenspectrum met een meting van het zonnenspectrum op grondniveau (groene curve), en de biologische effectiviteit van UV-straling, hier geïllustreerd voor de inductie van huidkanker (de rode curve). In de fotobiologie wordt die curve aangeduid als actiespectrum (hier getoond: actiespectrum SCUP-h voor huidkanker (de Gruijl en van der Leun, 1994)). Vermenigvuldiging van het actiespectrum met het spectrum op grondniveau en sommatie over alle UV-golflengten geeft de voor huidkanker relevante bestralingssterkte: het oranje oppervlak in de figuur. Merk op dat de Y-as logaritmisch is, en dat de bestralingssterkte op grondniveau van 315 nm naar 295 nm meer dan een factor 1000 vermindert.*

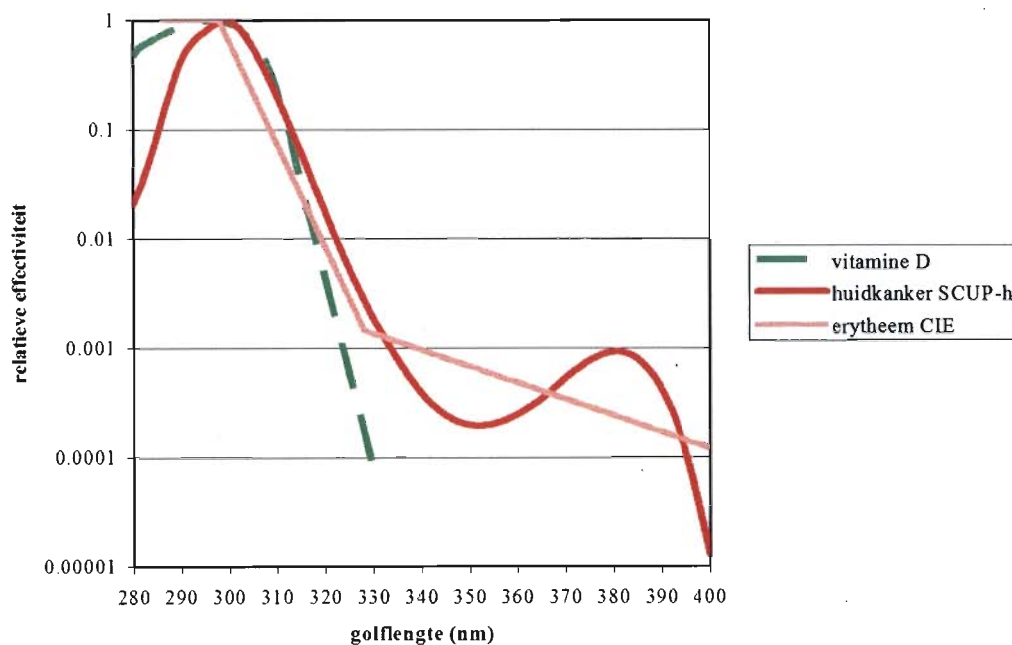
Figuur 7.2 geeft de veel gehanteerde actiespectra voor drie biologische effecten: de aanmaak van vitamine D in de huid, het ook in figuur 4.1 getoonde actiespectrum voor huidkankervorming en het actiespectrum voor de roodverkleuring van de huid (erytheemvorming). Dit laatste actiespectrum wordt gebruikt voor de berekening van de zonkracht:

$$\text{Zonkracht} = \text{UV-index} = 40 \times E_e \quad (\text{met } E_e \text{ in W/m}^2 \text{ erytheem gewogen}).$$

De factor 40 is een internationaal afgesproken vermenigvuldigingsfactor die ervoor zorgt dat de zonkracht in Nederland een getal oplevert tussen 0 en 8. In streken dichterbij de evenaar zijn ook zonkracht waarden tot 10 en hoger mogelijk. De internationaal aangegeven UV-index is identiek aan de zonkracht.

Voor berekeningen van huidkanker risico's wordt door RIVM het hier afgebeelde actiespectrum voor humane huidkanker gebruikt.

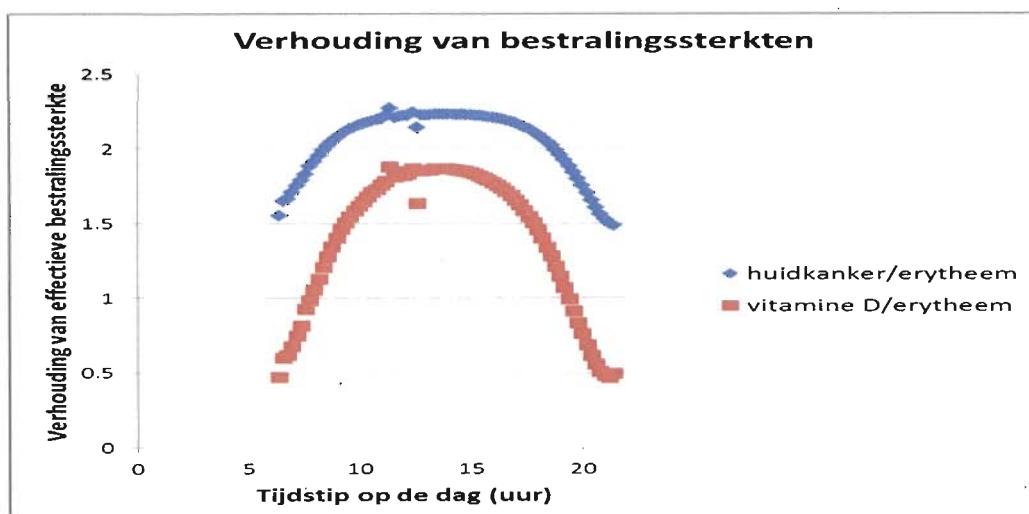
Actiespectra zijn deels nog onderwerp van onderzoek en derhalve kunnen in de toekomst inzichten over de juiste vorm ervan wijzigen. Zo is bijvoorbeeld het actiespectrum voor vitamine D aanmaak in de huid voorzien van kanttekeningen. RIVM onderzoek heeft aanwijzingen gegeven dat het nu gebruikte actiespectrum voor vitamine D vorming waarschijnlijk moet worden bijgesteld, waarbij nog meer nadruk komt te liggen op de kortere golflengten (Van Dijk et al, 2016). Ook bij het huidkanker actiespectrum is nog wetenschappelijke discussie, met name voor de inductie van melanomen.



*Figuur 7.2 Actiespectra, biologische wegingsfuncties, voor een drietal effecten: de aanmaak van vitamine D in de huid (groene curve, CIE vitamine D), huidkanker (rode curve), en UV-verbranding (erytheemvorming) van de huid (CIE-erytheemvorming). Dit laatste actiespectrum wordt gebruikt voor de berekening van de zonkracht, ook wel UV-index genoemd. De berekeningswijze van de zonkracht/UV-index is internationaal afgesproken.*

Ondanks het feit dat de actiespectra voor verschillende biologische effecten globaal op elkaar lijken (zie figuur 7.2) leiden de getoonde verschillen toch tot aanzienlijke verschillen in de voor de effecten relevante stralingsniveaus. In figuur 7.3 is dat geïllustreerd door de bestralingssterkten voor huidkankerweging en vitamine D vorming in de huid te delen door de erytheem gewogen bestralingssterkte. Daaruit is te zien dat de effectiviteit over de dag meer dan een factor 3 verschilt voor vitamine D vorming en een factor 1,5 voor huidkankervorming.

Dergelijke informatie draagt bij aan het formuleren van adviezen met betrekking tot verstandige zonblootstelling; voldoende aanmaak van vitamine D met zo min mogelijk bijdrage aan schadelijke blootstelling (vermijden zonverbranding en beperken huidkanker risico). Deze bevindingen hebben bijgedragen aan de aanbevelingen over zonblootstelling in het rapport van de signaleringscommissie Kanker van de KWF/Kankerbestrijding (SCK/KWF 2010) over de relatie tussen kanker, zonnestraling en vitamine D. Als beste optie wordt gegeven: "een kortdurende blootstelling van een zo groot mogelijk huidoppervlak bij hoogstaande zon, juist na het middaguur. In Nederland is dan voor mensen met een blanke, niet aan de zon gewende huid enkele minuten blootstelling van het hele lichaam al voldoende. .... bij blootstelling van hoofd, nek en handen ..... een kwartier bij onbewolkte condities tot 30 minuten onder gemiddelde omstandigheden." Dit advies laat zich bijvoorbeeld praktisch vertalen in een lunchwandeling van 15 tot 30 minuten in de zomerperiode.



*Figuur 7.3 Verhouding tussen de effectieve bestralingssterkten bij gebruik van verschillende actiespectra uit figuur 2.2 op verschillende tijdstippen op de dag (data van 6 juni 2015; metingen RIVM). Zowel de verhouding van gewogen bestralingssterkten tussen huidkanker gewogen UV en erytheemvorming, als eenzelfde verhouding voor vitamine D productie en erytheemvorming is hoger rond de hoogste zonnestand en beduidend lager bij lage zonnestand (in de ochtend en avonden). Een hoge verhouding betekent dat het makkelijker is voldoende vitamine D aan te maken in de huid zonder dat de huid al een zonverbranding oploopt. Maar helaas is ook de huidkanker dosis in die periode in verhouding tot het erytheem hoger. Toch geven de verschillen in verhoudingen een indicatie voor het theoretisch gezondste gedrag: een bepaalde aanmaak van vitamine D realiseren met naar verhouding de minste schadelijke blootstelling kan het best bij een kortdurende blootstelling bij hoge zonnestand.*

De huidige adviezen zijn gebaseerd op de nu beschikbare kennis. Het is echter nodig die kennis met regelmaat te toetsen aan nieuw verworven inzichten en nieuwe onderzoeksresultaten. Er zijn namelijk nog behoorlijke wetenschappelijke onzekerheden omtrent:

- de precieze vorm van de actiespectra,
- de daadwerkelijk in het alledaagse leven opgelopen UV-straling,
- de mechanismen van huidkankervorming

- de blootstellings-tijd-effect relaties voor vitamine D vorming en huidkankervorming
- de uit gezondheidsoogpunt optimale vitamine D niveaus.
- De variatie in gevoeligheden in de (veranderende) heterogene Nederlandse populatie voor het krijgen van huidkanker en het aanmaken van vitamine D.

Daarom is het van groot belang om de kennis die ten grondslag ligt aan de praktische advisering (van bijvoorbeeld KWF, NVDV en anderen) met enige regelmaat aan te vullen en waar nodig te herzien of te herbevestigen op basis van nieuw verworven inzichten.

### 7.3.2 *Meetinspanningen in omliggende landen*

Veel van de ons omringende landen hebben een UV-meetnet geïnstalleerd, waarbij doorgaans de dagelijkse gemeten zonkrachtwaarden (als UV-index) op het web worden weergegeven. Zonder volledig te zijn geven we een beperkte inventarisatie. In vrijwel alle gevallen is daarbij sprake van een of meerdere spectrale meetsystemen, al dan niet in combinatie met breedbandige UV-meetsystemen. Naast de hier genoemde meetnetten is veelal ook sprake van enkele aanvullende meetpunten die in beheer zijn bij universitaire- of andere onderzoeksinstellingen.

In alle gevallen is sprake van door de overheid gefinancierde meetnetten/meetpunten. De in tabel 7.1 aangegeven meetnetten worden vanuit verschillende overheidsdiensten gefinancierd: twee maal vanuit Volksgezondheid, tweemaal vanuit de autoriteit voor stralingsbescherming, tweemaal door meteorologische instituten, tweemaal door ministerie voor milieu en eenmaal vanuit onderzoeksbudget.

In Nederland beheert RIVM het enige UV-meetpunt, dat sedert 1994 operationeel is en een ook voor Europa lange meetreeks kent. De UV-stralingsniveaus kunnen van moment tot moment en tussen verschillende locaties in het land sterk verschillen, met name door variaties in bewolking. Daarnaast zijn er regionale verschillen in ozonlaagdikten en luchtvervuiling die van invloed zijn op de UV-stralingsniveaus. Ook zijn er systematische regionale verschillen te verwachten tussen bijvoorbeeld het kustgebied en het binnenland, alsmede een noord-zuid gradiënt over het land. RIVM geeft de in Bilthoven gemeten dagcurve van de zonkracht weer op haar website, met daarbij ook een verwachting voor de zonkracht bij wolkeloze condities.

De metingen zijn verder van belang voor het analyseren van lange termijn trends en de validatie van satellietgebaseerde analyses. Naast de directe meting van UV-straling op grondniveau, zijn er in Europa een groot aantal websites met berekende UV-stralingsniveaus over het Europese continent, of zelfs globaal. Veelal wordt daarbij gebruik gemaakt van satellietmetingen voor ozon en vervolgens wordt het UV-stralingsniveau berekend met een model voor het stralingstransport door de atmosfeer. Daarbij wordt in eerste instantie de zonkracht of UV-index bij onbewolkte condities en een standaard atmosfeer berekend. Het effect van bewolking wordt veelal niet in rekening gebracht of met een generieke schatting (ongeveer de helft van de straling). In werkelijkheid zal de bewolking sterk variabele

invloed hebben op het UV-stralingsniveau: in extreme gevallen kan het stralingsniveau een factor 10-20 reduceren, maar er zijn ook situaties dat de stralingsniveaus kortstondig hoger zijn dan de wolkeloze situatie. Dat laatste komt voor indien de zon tussen de wolken doorschijnt en er aan de zijkant van de wolken nog extra UV-reflecteert.

Er zijn ook methoden beschikbaar om met behulp van satellietwaarnemingen aan wolkreflecties de effecten van bewolking in te schatten, maar ook deze technieken vereisen een regelmatige validatie op basis van grondwaarnemingen. RIVM heeft met haar UV-metingen en data-analyses bijgedragen aan dergelijke validatiestudies (ondermeer samen met KNMI).

*Tabel 7.1 Meetnetten en aantal meetpunten in verschillende Europese landen (niet uitputtend overzicht)*

land	aantal	Opdrachtgever /instituut	Website
Nederland	1	RIVM	<a href="http://www.rivm.nl/zonkracht">www.rivm.nl/zonkracht</a>
Duitsland	10	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS); Umweltministerium	<a href="http://www.bfs.de/DE/the men/opt/uv/uv-index/aktuell/aktuell_node .htm">http://www.bfs.de/DE/the men/opt/uv/uv-index/aktuell/aktuell_node .htm</a>
Verenigd Koninkrijk	13	Public Health England (PHE)	<a href="http://uk-air.defra.gov.uk/data/uv-index-graphs">http://uk-air.defra.gov.uk/data/uv-index-graphs</a>
België/ Luxemburg	7 + 1	Belgian Science Policy Office; IASB/BIRA; + KMI, Uccle	<a href="http://uvindex.aeronomie.be/index.php?option=com_bisauv&amp;view=bisauv&amp;Itemid=114">http://uvindex.aeronomie.be/index.php?option=com_bisauv&amp;view=bisauv&amp;Itemid=114</a>
Noorwegen	9	Norwegian Radiation Protection Agency (NRPA)	<a href="http://www.nrpa.no/uvnet t/default en.aspx">http://www.nrpa.no/uvnet t/default en.aspx</a>
Oostenrijk	15	Ministerium für ein Lebenswertes Österreich	<a href="http://www.uv-index.at/">http://www.uv-index.at/</a>
Zwitserland	4	Bundesamt für Gesundheit (BAG)	<a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/atmosph aere/strahlungsmessnetz/uv-messungen.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/atmosph aere/strahlungsmessnetz/uv-messungen.html</a>
Finland	7	Finnish Meteorological Institute (FMI)	<a href="http://en.ilmatieteenlaitos.fi/uv-index">http://en.ilmatieteenlaitos.fi/uv-index</a>
Denemarken	1 +?	Danish Meteorological Institute (DMI)	<a href="http://www.dmi.dk/vejr/sundhedsvejr/uv-indeks/">http://www.dmi.dk/vejr/sundhedsvejr/uv-indeks/</a>

De metingen in Bilthoven laten zien dat bewolking het UV-stralingsniveau gemiddeld met circa 35% reduceert, maar de gemiddelde bewolkingsinvloed kan van jaar tot jaar behoorlijk variëren. Ook zal de reductie door bewolking systematisch kunnen verschillen tussen de kustregio en het binnenland.



## Dankwoord

Een vijftal maatschappelijke actoren op het gebied van UV-stralingsbescherming is gevraagd te reageren op door RIVM opgestelde stellingen. We danken de respondenten voor hun bijdragen: K. Kruijt namens KWF/Kankerbestrijding, dr J van Everdingen en mr dr E de Haas namens de Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie (NVDV), dr P van Velthoven en prof dr ir B Bregman namens KNMI, M Colijn namens de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA), en dr F.R. de Gruijl van het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC).



## Lijst begrippen en afkortingen

AMOUR – Assessment Model for Ultraviolet Radiation and Risks, RIVM-model voor scenario analyses van gezondheidseffecten van UV-straling

ANVS – Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming

BCC – basaalcelcarcinoom, meest voorkomende vorm van huidkanker die niet landelijk wordt geregistreerd; deze vorm is doorgaans goed behandelbaar

DALY – Disability Adjusted Life Years, maat voor de ziektelast

DBC – Diagnose Behandel Combinatie - de totale ziekenhuisbehandeling vanaf de diagnose door de specialist, de behandeling in het ziekenhuis tot en met de nacontroles.

IARC – International Agency for Research on Cancer

I&M – ministerie van Infrastructuur en Milieu

IKNL – Integraal Kankercentrum Nederland, beheerder van de Nederlandse Kanker Registratie

KNMI – Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

KWF/Kankerbestrijding – stichting die zich inzet voor minder kanker, meer genezing en betere kwaliteit van leven voor kankerpatiënten.

LINH – Landelijk Informatienetwerk Huisartsenzorg

LUMC – Leids Universitair Medisch Centrum

Melanoom – meest gevaarlijke vorm van huidkanker, waaraan jaarlijks meer dan 800 Nederlanders overlijden

NKR – Nederlandse Kanker Registratie, in beheer bij IKNL

NVDV – Nederlandse Vereniging voor Dermatologie en Veneerologie

NVWA – Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit

PCC – Plaveiselcelcarcinoom, vorm van huidkanker, een van de twee vormen die landelijk worden geregistreerd

RIVM – Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu

SCHEER – Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks

SZW – ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

UV – ultraviolette straling, deel van het elektromagnetisch stralings spectrum met golflengten tussen 100 en 400 nm.

UVA – ultraviolette straling tussen 315 en 400 nm.

UVB - ultraviolette straling tussen 280 en 315 nm.

UVC - ultraviolette straling tussen 100 en 280 nm.

UV-index – zie zonkracht

VWS – ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

WHO – World Health Organization

Zonkracht – ook wel UV-index genoemd, maat voor de snelheid waarmee een zonverbranding van de huid kan ontstaan door blootstelling aan de zon; een maat voor de hoeveelheid schadelijke UV-straling in de zonnestraling

## Referenties

van Dijk A et al. (2013) Skin Cancer Risks Avoided by the Montreal Protocol—Worldwide Modeling Integrating Coupled Climate-Chemistry Models with a Risk Model for UV, Photochemistry and Photobiology, 89: 234–246.

van Dijk A, den Outer P, van Kranen H, Slaper H (2016), The action spectrum for vitamin D<sub>3</sub>, initial skin reaction and prolonged exposure, Photochem. Photobiol. Sci. DOI:10.1039/C6PP00034G.

Feldman D et al. (2014), The role of vitamin D in reducing cancer risk and progression, Nature Reviews Cancer, 14, 342-357, doi:10.1038/nrc3691.

IARC (1992), IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Solar and Ultraviolet Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 55. Lyon (FRC): World Health Organisation.

IARC (2012), IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens. IARC Monographs – Radiation. Vol 100D. Lyon (FRC): World Health Organisation.

IARC (2016), International Agency for Research on Cancer (IARC), <http://www.iarc.fr>

Alan C. Geller, Rüdiger Greinert, Craig Sinclair, Martin A. Weinstock, Joanne Aitken, Mathieu Boniol, Marcus Capellaro, Jean-Francois Doré, Mark Elwood, Suzanne W. Fletcher, Richard Gallagher, Sara Gandini, Allan C. Halpern, Alexander Katalinic, Robin Lucas, Ashfaq A. Marghoob, Sandra Nolte, Joachim Schüz, Margaret A. Tucker, Beate Volkmer, Eckhard Breitbart, "A nationwide population-based skin cancer screening in Germany: Proceedings of the first meeting of the International Task Force on Skin Cancer Screening and Prevention (September 24 and 25, 2009)", Cancer Epidemiology, 34, (2010), 355–358.

Green AC (2010), Williams GM, Logan V, Stratton GM, Reduced melanoma after regular sunscreen use: randomized trial follow-up, J Clin Oncol 29: 257-263 (in print 2011).

de Gruijl FR en van der Leun JC (1994), Estimate of the wavelength dependency of ultraviolet carcinogenesis in humans and its relevance to risk assessment of a stratospheric ozone depletion, Health Phys. 67, 319-325.

de Gruijl FR en van der Leun JC (2002), Lens opacities and cataract, p57-66 in Kelfkens et al. Ozone layer-climate change interactions influence on UV levels and UV related effects, Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change report 410200112.

Gezondheidsraad (2012), Evaluatie van de voedingsnormen van vitamine D, Den Haag, Gezondheidsraad publ. Nr 2012/15.

Holick MF. Evidence-based D-bate on health benefits of vitamin D revisited. *Dermatoendocrinol*, 2012;4:183-90.

IOM (2010), Institute of Medicine, Dietary reference intakes for calcium and vitamin D, Washington DC, the National Academy Press.

KNMI, RIVM en I&M (2013) Bescherming ozonlaag, een gezonde ozonlaag lijkt dichterbij dan verstandig zongedrag, auteurs: van Velthoven P, Velders G, Stammes P, Slaper H, Alkemade G, Brochure voor Wereldozondag, 16 september 2013.

Knol AB en Staatsen BAM (2005), Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands 1980-2020, RIVM-report 500029001.

Martincorena et al. (2015) High burden and pervasive positive selection of somatic mutations in normal human skin, *Science*, vol 348, issue 6237, 880-886.

Moan JE et al. (2015), The relationship between UV exposure and incidence of skin cancer, *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine* 31(1): 26-35.

Nederlandse Kankerregistratie (2016), beheerd door IKNL; <http://www.cijfersoverkanker.nl>, raadpleging jan-april 2016.

Parkin DM et al. (2011) Cancers attributable to solar (ultraviolet) radiation exposure in the UK, *British Journal of Cancer*, 105, 566-569, doi:10.1038/bjc.2011.486

RIVM zonkracht (2016), <http://www.rivm.nl/zonkracht>, dagelijkse actuele zonkracht in Bilthoven.

RIVM seizoensvariatie (2016), [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV\\_ozonlaag\\_en\\_klimaat/Zonkracht/seizoensvariatie](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV_ozonlaag_en_klimaat/Zonkracht/seizoensvariatie) (geraadpleegd 9 juni 2016)

RIVM (2016), Website Volksgezondheid en zorg, pagina's over ranglijsten: <https://www.volksgezondheinzorg.info/>

RIVM, CBS, Erasmus MC (2016) Kosten van ziekten tool <https://kostenvanziektentool.volksgezondheinzorg.info/tool/nederlands/>

SCENIHR (2015), Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Preliminary opinion on Biological Effects of ultraviolet radiation relevant to health with particular reference to sunbeds for cosmetic purposes

SCHEER (2016) Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks, Opinion on Biological Effects of ultraviolet radiation

relevant to health with particular reference to sunbeds for cosmetic purposes, European Union, ISBN 978-92-79-ND

Schwarz T (2010), The dark and the sunny side of UVR-induced immunosuppression: photoimmunology revisited, *Journal of Investigative Dermatology*, 1130, 49-54; doi:10.1038/jid2009.217.

SCK KWF/Kankerbestrijding (2010) De relatie tussen kanker, zonnestraling en vitamine D, de Gruijl FR, Passchier WF, Lips PTAM, Slaper H, Van der Rhee HJ, Rapportage Signaleringscommissie Kanker van KWF Kankerbestrijding. Leusden ISBN 978-90-71229-21-3

Scotto J et al. (1983) Incidence of nonmelanoma skin cancer in the United States, US department of Health and Human Services, National Institute of Health, National Cancer Institute, NIH 83-2433

Slaper, H.; Velders, G.J.M.; Daniel, J.S.; de Gruijl, F.R.; van der Leun, J.C. (1996) Estimates of ozone depletion and skin cancer incidence to examine the Vienna Convention Achievements; *NATURE*, 384, 256-258.

Struijs J (2010), Van Dijk A, Slaper H, Van Wijnen HJ, Velders GJM, Chaplin G, Huijbregts MAJ, Spatial- and time-explicit human damage modelling of ozone depleting substances in Life Cycle Impact (2010), *Environ. Sci. Technol.* **2010**, 44, 204-209.

UNEP (2014), Ozon action factsheet, How the Montreal protocol Protects Health.

Verkaik-Kloosterman et al. (2011) Voedingsstatus van Hindoestaanse en Creoolse Surinamers en autochtone Nederlanders in Nederland: het SUNSET onderzoek, RIVM-rapport 350070003.

Viros et al. (2014) Ultraviolet radiation accelerates BRAF-driven melanomagenesis by targeting TP53, *Nature* 511, 478-482, doi:10.1038/nature13298.

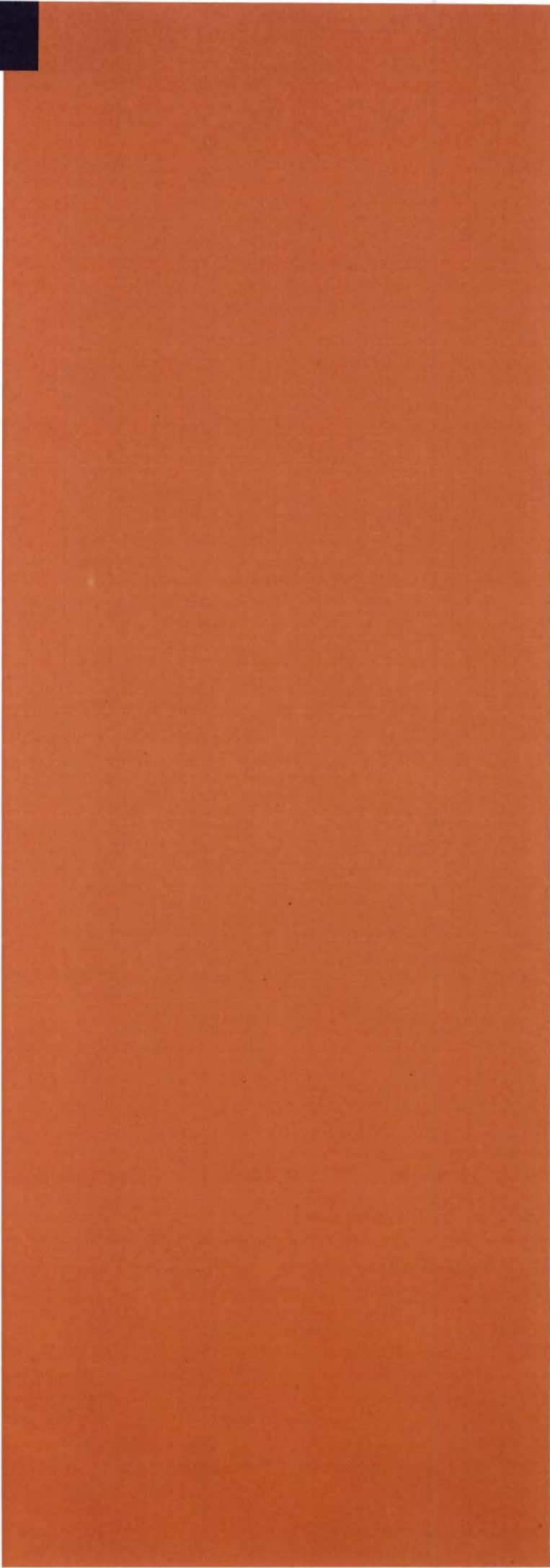
Webb AR, Slaper H, Koepke P, Schmalwieser A, (2011) Know your standard: clarifying the CIE erythema action spectrum, *Photchem&Photobiol*, 87: 483-486 2010

WHO, WMO, UNEP, ICNIRP (2002) Global solar UV-index, a practical guide (<http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>)

WHO/IARC (2006), Exposure to artificial UV radiation and skin cancer, IARC Working group reports Volume 1

WHO (2006), Lucas R, McMichael T, Smith W, Armstrong B, Solar ultraviolet radiation, global burden of disease from solar ultraviolet radiation, *Environmental Burden of Disease series no 13*

WHO (2010), Lucas R, Solar ultraviolet radiation, assessing the environmental burden of disease at national and local levels, *Environmental Burden of Disease series no 17*



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*