



ISBN 978 3 902842 39 8

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

RECOMMENDATIONS ON MINIMUM LEVELS OF SOLAR UV EXPOSURE

CIE 201:2011

UDC: 612.014.481-06
535.31

Descriptor: Optical radiation effects on humans
Ultraviolet rays

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind :

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87 0, Fax: +43(1)714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2011 - All rights reserved



ISBN 978 3 902842 39 8

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

RECOMMENDATIONS ON MINIMUM LEVELS OF SOLAR UV EXPOSURE

CIE 201:2011

UDC: 612.014.481-06
535.31

Descriptor: Optical radiation effects on humans
Ultraviolet rays

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 6-58 of Division 6 "Photobiology and Photochemistry" and has been approved by the Board of Administration of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 6-58 de la Division 6 "Photobiologie et Photochimie" et a été approuvé par le Bureau de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et emploi. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 6-58. der Division 6 "Photobiologie und Photochemie" ausgearbeitet und vom Vorstand der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, besteht die Möglichkeit, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 6-58 "A Recommendation on Lower Limits for UV Exposure" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 6 "Photobiology and Photochemistry".

Berwick, M.	United States of America
Brand, A.	Netherlands (Secretary)
Engelsen, O.	Norway
de Gruijl, F.R.	Netherlands
Halliday, G.	Australia
Mason, R.S.	Australia
Meffert, H.	Germany
Moan, J.	Norway
Passchier, W.F.	Netherlands (Chair)
Sayre, R.M.	United States of America
Strange, R.C.	United Kingdom
Webb, A.	United Kingdom

CONTENTS

Summary	VI
Résumé	VI
Zusammenfassung	VII
Part I: Guidelines	1
I-1 Introduction	1
I-1.1 Background	1
I-1.2 Terms of Reference	1
I-1.3 Report	1
I-2 Conclusions and Guidance	2
I-2.1 Objective	2
I-2.2 Beneficial Health Impacts	2
I-2.3 Findings	2
I-2.3.1 Evidence Levels	2
I-2.3.2 Evidence for Health Effects Mediated by Vitamin D	3
I-2.3.3 Evidence for Health Effects not Unequivocally Related to Vitamin D Status	3
I-2.3.4 Basis	4
I-2.3.5 Relevant Solar (UV) Exposure	4
I-2.3.6 Balancing Beneficial and Damaging Health Effects of UV Exposure	5
Annex I-A Recommendations from Others	7
Annex I-B IARC Recommendations	8
References (Part I)	10
Part II: Reviews of Scientific Data that Underpin the Guidance in Part I	12
II-1 Overview of Vitamin D Photochemistry	12
II-1.1 Literature	12
II-1.2 Overview	12
II-1.3 Action Spectrum	13
II-1.4 Relationship between UV Exposure and Vitamin D Activity	15
II-1.5 Comparative Effect of Diet and UV Exposure on Serum Calcidiol Levels	16
II-1.6 Seasonal and Latitudinal Effects on Vitamin D Synthesis – the Vitamin D Winter	18
II-1.7 Online Facilities	19
II-2 Vitamin D and Bone	19
II-2.1 Overview	19
II-2.2 Evidence Characterization	20
II-2.3 Nature of the Relationship	21
II-3 Vitamin D and Cancer	22
II-3.1 Colon Cancer	23
II-3.2 Breast Cancer	25
II-3.3 Prostate Cancer	26
II-3.4 Other Cancers	28
II-3.4.1 Lymphomas	28
II-3.4.2 Lung Cancer	29

II-3.4.3	Cutaneous Malignant Melanoma (CMM)	29
II-3.4.4	Head and Neck Cancer	29
II-4	Vitamin D Status and Type 2 Diabetes	29
II-4.1	Overview	29
II-4.2	Summary of Papers and Bibliography	30
II-4.2.1	Human Studies	30
II-4.2.2	Cellular and Animal Studies	35
II-5	Vitamin D and the Neural System	37
II-5.1	Overview	37
II-5.2	Studies on the Relationship between Vitamin D and the Neural System	38
II-5.3	Evidence for a Role of Vitamin D in Brain Development	42
II-5.4	Behavioural Studies Inferring a Role for Vitamin D in the Brain	43
II-5.5	Human Observational Studies Concerning Vitamin D Status or Supplement Use and Schizophrenia	45
II-5.6	Epilepsy	45
II-6	UV, Vitamin D and 'Other Diseases'	46
II-6.1	Hypertension (Peripheral Arterial Blood Pressure)	46
II-6.1.1	Overview	46
II-6.1.2	Evidence	47
II-6.2	Chronic Musculoskeletal Pain	47
II-6.2.1	Overview	47
II-6.2.2	Evidence	47
II-6.3	Wellbeing, Fitness	48
II-6.3.1	Overview	48
II-6.3.2	Evidence	48
II-7	Investigating a Relationship between Vitamin D and Infection	48
II-7.1	Literature Retrieval	48
II-7.2	Research Reports Retrieved	49
II-7.3	Conclusion	53
II-8	Survey of Beneficial Effects of Natural Solar Radiation on Immunity and Autoimmunity	54
II-8.1	Immunity	54
II-8.1.1	Contact Sensitivity	54
II-8.1.2	Delayed Type Hypersensitivity	54
II-8.1.3	Tumour Immunity	55
II-8.1.4	Infectious Agents	55
II-8.2	Autoimmunity	57
II-8.2.1	Systemic Lupus Erythematosus	57
II-8.2.2	Polymorphus Light Eruption (PLE)	57
II-8.2.3	Actinic Prurigo	58
II-8.2.4	Dermatomyositis	58
II-8.2.5	Multiple Sclerosis	58
II-8.2.6	Insulin-dependent Diabetes Mellitus	58
II-8.2.7	Rheumatoid Arthritis	58
II-8.3	Conclusions	58
References (Part II)		61

RECOMMENDATIONS ON MINIMUM LEVELS OF SOLAR UV EXPOSURE

Summary

This Technical Report addresses the issue of sensible exposure to solar ultraviolet (UV) radiation. The scientific evidence of beneficial effects of solar exposure has been reviewed, in particular on the incidence and mortality to cancers other than skin cancer. Although the evidence is not unequivocal, the committee has found considerable evidence to deem it plausible that solar exposure may reduce the incidence and mortality of colorectal cancer. The evidence for similar effects on breast and prostate cancer and on melanoma is less, but such effects are considered as plausible, too. Possibly the production of vitamin D plays a role in this respect.

Based on a review of the evidence of both the beneficial and the harmful effects of solar exposures it is concluded that people should not shun the sun, even not at noon. However, levels well below sunburn thresholds are generally sufficient to profit from the beneficial effects of solar exposure. Public health guidance should be developed on the basis of this evidence, but account should also be taken of prevailing solar UV levels that depend on latitude and time of the year and day. Special guidance may be necessary for dark skinned people that live at moderate latitudes and people that cover most of their bodies for cultural or religious reasons. The same holds for people who stay most of the time indoors.

The amount of solar exposure commensurate with good health depends on individual and population characteristics, as indicated above. To facilitate public health guidance it is recommended to extend the concept of the UV index promulgated by the World Health Organization to include the beneficial effects of solar exposure.

The report is split into two parts: The first part (Part I) gives guidance for a sensible exposure regime to profit from beneficial health impacts from moderate solar (UV) exposure, the second part (Part II) is a review of scientific data that underpin the guidance in Part I.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES NIVEAUX MINIMUMS D'EXPOSITION AUX RADIATIONS SOLAIRES UV

Résumé

Ce rapport technique concerne la problématique de l'exposition raisonnable aux radiations solaires ultraviolettes (UV). Les preuves scientifiques d'effets bénéfiques de l'exposition solaire ont été examinées, en particulier sur l'incidence et la mortalité des cancers autres que les cancers cutanés. Bien que les preuves ne soient pas sans équivoque, le comité a estimé les preuves suffisamment importantes pour considérer comme vraisemblable que l'exposition solaire puisse réduire l'incidence et la mortalité du cancer colorectal. Les preuves d'effets similaires sur les cancers du sein, de la prostate et le mélanome sont faibles mais néanmoins de tels effets sont considérés comme plausibles. Il est possible que la production de vitamine D joue un rôle à cet égard.

Basé sur l'examen de preuves que les effets, bénéfiques et dangereux des expositions solaires, il a été conclu que la population ne doit pas fuir le soleil, même lorsqu'il est à son zénith. Cependant, des niveaux d'exposition bien au-dessous du seuil du coup de soleil sont généralement suffisants pour tirer profit des effets bénéfiques de l'exposition solaire. Un guide de santé publique devrait être créé sur la base de ces preuves mais il devrait également tenir compte des niveaux d'UV solaire dominants qui dépendent de la latitude, du moment de l'année et du jour. Des conseils spécifiques peuvent être nécessaires pour les populations à peau sombre qui vivent sous des latitudes moyennes et pour des populations qui recouvrent une grande partie de leur corps pour des raisons culturelles ou religieuses. La même remarque s'applique aux populations qui vivent la plupart du temps en intérieurs.

La quantité d'exposition solaire proportionnée à un bon état sanitaire dépend des caractéristiques individuelles et de la population comme indiqué ci-dessus. Pour faciliter les conseils de santé publique, il est recommandé d'étendre le concept d'index-UV répandu par l'Organisation Mondiale de la Santé en incluant les effets bénéfiques des expositions solaires.

Le rapport est présenté en deux parties. La première partie (partie I) fournit des recommandations pour un programme d'exposition raisonnable pour tirer bénéfice des impacts bénéfiques d'une exposition solaire modérée, la seconde partie (partie II) est une revue des données scientifiques qui étayent les recommandations de la partie I.

EMPFEHLUNGEN ZU MINIMALLEVELS DER SOLAREN UV-EXPOSITION

Zusammenfassung

Dieser Technische Bericht befasst sich mit der Frage der vernünftigen Exposition gegenüber solarer ultravioletter (UV-)Strahlung. Der wissenschaftliche Nachweis förderlicher Effekte solarer Exposition wurde überprüft, insbesondere hinsichtlich Auftretens und Sterblichkeit bei anderen als Hautkrebsarten. Obwohl der Nachweis nicht eindeutig ist, hat das Komitee deutliche Hinweise gefunden, die es als plausibel erscheinen lassen, dass solare Exposition das Auftreten und die Sterblichkeit durch kolorektalen Krebs mindern kann. Der Nachweis für ähnliche Effekte hinsichtlich Brust- und Prostatakrebs sowie Melanom ist geringer, aber entsprechende Effekte werden ebenfalls für plausibel gehalten. Möglicherweise spielt die Produktion von Vitamin D in dieser Hinsicht eine Rolle.

Basierend auf einer Überprüfung sowohl der förderlichen als auch der schädigenden Effekte solarer Expositionen wird der Schluss gezogen, dass man die Sonne nicht meiden sollte, selbst nicht zur Mittagszeit. Indes sind Niveaus beträchtlich unterhalb der Schwelle zum Sonnenbrand im Allgemeinen ausreichend, um von den förderlichen Effekten solarer Exposition zu profitieren. Eine Anleitung für die öffentliche Gesundheit sollte auf Basis dieses Nachweises entwickelt werden, aber es sollten ebenso allgemein geltende solare UV-Niveaus berücksichtigt werden, die vom Breitengrad sowie von Jahres- und Tageszeit abhängen. Spezielle Anleitung kann für dunkelhäutige Menschen erforderlich sein, die in gemäßigten Breitengraden leben und für Menschen, die den größten Teil ihres Körpers aus kulturellen oder religiösen Gründen bedecken. Dies gilt auch für Menschen, die sich meistens im Hause aufhalten.

Der Umfang solarer Exposition, der mit guter Gesundheit einhergeht, hängt, wie bereits erwähnt, von individuellen und Bevölkerungseigenschaften ab. Um eine Anleitung für die öffentliche Gesundheit bereitzustellen, wird empfohlen, das Konzept des UV-Index, welches von der Weltgesundheitsorganisation verbreitet wurde, um die förderlichen Effekte solarer Exposition zu erweitern.

Der Bericht ist in zwei Teile aufgeteilt. Der erste Teil (Part I) liefert eine Anleitung für ein vernünftiges Expositionsverhalten, um von förderlichen Gesundheitsauswirkungen durch moderate solare (UV-)Exposition zu profitieren, der zweite Teil (Part II) beinhaltet eine Übersicht wissenschaftlicher Daten, die die Anleitung in Teil I untermauern.

Part I: Guidelines

I-1 Introduction

I-1.1 Background

Popular attitudes towards sun light exposure have been ambivalent. Ancient men worshipped the sun as the source of life (Randle 1997). In the beginning of the 20th century Finsen was rewarded with a Nobel prize for his work on (sun)light (Randle 1997). Lack of sunshine was found to be a factor in the occurrence of rickets. In the second half of the 20th century a sun tan became a sign of good health but the attention of the medical and public health community focussed on the negative side of sun exposure, more specifically on skin cancer and on keratitis and cataract (Albert and Ostheimer 2002, 2003a,b).

For both the positive and negative (physical) effects of solar exposure the ultraviolet (UV) component of sunlight is commonly seen as the causal factor (Gezondheidsraad: Commissie UV-straling 1986, Advisory Group on Non-ionising Radiation 2002). Although the positive effects of UV exposure were acknowledged, especially with respect to vitamin D synthesis in the skin and the prevention of bone disease, public health guidance stressed the carcinogenic effects of excessive UV exposure and advised avoiding exposing bare skin to sunlight (WHO 1994, 2002). In recent decades data have become available that might lead to a reconsideration of the emphasis on the harmful effects of UV exposure in general and solar exposure in particular (Lucas et al. 2006b, Grant 2007, Lucas 2007). Technical Committee 6-58 of the CIE has further studied this issue.

I-1.2 Terms of Reference

The terms of reference of Technical Committee (TC) 6-58 (hereafter denoted as 'the committee') that compiled the present report were specified by the *International Commission on Illumination* (CIE) as

The fact that man cannot do entirely without UV is accepted by most scientists active in this field, but is not as well known as the widely accepted view that UV exposure should be limited to a sensible level thus avoiding or minimizing risks. The TC will formulate recommendations for a lower limit of UV exposure commensurate with good health.

The committee soon realized that defining a minimum exposure limit of a similar status as UV exposure limits for protection of workers and the general public (International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association 1989, 1996, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 2004) would probably not be feasible. As will be further detailed below this is due to the dependence of the (beneficial) effects of UV exposure on constitution, nutrition, behaviour and location. The committee therefore focussed on compiling input for scientifically underpinned public health guidance for solar exposure.

This report considers only exposure to solar UV radiation, the single UV source to which we are naturally exposed. The radiation from artificial sources varies greatly between sources, but is always different to the spectrum of sunlight. Thus the effects, and balance of positive and negative effects, will be different for artificial sources than they are for solar radiation.

I-1.3 Report

The present report was developed in three meetings of the committee in 2005, 2006 and 2007. Furthermore the committee members prepared reviews of the literature that are reproduced in the second part of this report (the reviews cover the literature until 2006-2007). The guidance in Part I is based on an assessment by the committee of the scientific evidence for the various effects of solar (UV) exposure. In Annex A to Part I recommendations of other