

International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-901906-96-1

DOI: 10.25039/TR.227.2017

TECHNICAL REPORT

Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings

CIE 227:2017

UDC: 612.843.35
612.843.355
612.843.632
612.845.5

Descriptor: Colour contrast. Luminance contrast
Contrast. sensitivity
Visual acuity
Defects of colour vision

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organization 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 organizations concerned with matters related to the science, technology, standardization and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried out by Technical Committees, organized in seven Divisions. 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 reported and reviewed, and plans are made for the future. The CIE is recognized as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organizations.

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 Comités Techniques, organisés en sept Divisions. 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 internationales Forum 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.

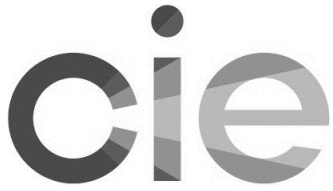
Die Arbeit der CIE wird durch Technische Komitees geleistet, die in sieben Divisionen organisiert sind. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtenwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen berichtet und überprüft werden, sowie 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
Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87
e-mail: ciecb@cie.co.at
www.cie.co.at

© CIE 2017 - All rights reserved



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-901906-96-1

DOI: 10.25039/TR.227.2017

TECHNICAL REPORT

Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings

CIE 227:2017

UDC: 612.843.35
612.843.355
612.843.632
612.845.5

Descriptor: Colour contrast. Luminance contrast
Contrast. sensitivity
Visual acuity
Defects of colour vision

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 3-44 of Division 3 "Interior Environment and Lighting Design" and has been approved by the Board of Administration as well as by Division 3 of the Commission Internationale de l'Eclairage. 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 3-44 de la Division 3 "Environnement intérieur et étude de l'éclairage" et a été approuvé par le Bureau et Division 3 de la Commission Internationale de l'Eclairage. 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 3-44 der Division 3 "Innenraum und Beleuchtungsentwurf" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 3 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 organizations 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 3-44 “Lighting for older people and people with visual impairment in buildings“ took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 3 “Interior Environment and Lighting Design”.

Authors:

Akashi, Y. (Chair)	Japan
Akizuki, Y.	Japan
Cobham, M.	Netherlands
Itoh, N.	Japan
Miller, N.J.	USA
Schlangen, L.J.M.	Netherlands
van den Broek Cools, J.H.F.	Netherlands

Advisors:

Chen, C.-Y.	Chinese Taipei
Góven, T.	Sweden
Kitamura, S.	Japan
Sagawa, K.	Japan

CONTENTS

Summary	vi
Résumé	vi
Zusammenfassung	vi
1 Introduction	1
1.1 Growing ageing society	1
1.2 Prevalence of low vision	2
1.3 Relevant CIE publications	2
1.4 Goal and outline of the present report	3
2 Research update of low vision and visual changes with age	3
2.1 Ageing eyes	3
2.1.1 Reduced accommodation	4
2.1.2 Increased intraocular light scatter	4
2.1.3 Reduced spatial contrast sensitivity	5
2.1.4 Decreased retinal illuminance	5
2.1.5 Slower dark adaptation	6
2.2 Change of colour vision with age	6
2.2.1 Outline of how human colour vision works	6
2.2.2 How anatomical and physiological changes with age cause psychophysical changes at threshold	7
2.2.3 Colour discrimination	8
2.2.4 Colour appearance at suprathreshold levels	8
2.2.5 Renormalization of chromatic mechanisms	9
2.2.6 How findings on change in colour vision with age can be applied for interior lighting	9
2.3 Low vision	10
3 Lighting requirements for visual tasks defined by visual models	11
3.1 Approaches to illuminance requirements for older people and people with low vision	11
3.2 Age-related changes in spectral transmittance of the human crystalline lens and pupil area	11
3.2.1 Age-related changes in spectral transmittance of the crystalline lens	11
3.2.2 Age-related pupil reduction	12
3.2.3 Age-related reduction in retinal illuminance	13
3.3 Visual performance models including ageing factors	14
3.3.1 Visual acuity model	15
3.3.2 RVP model	23
3.4 Contrast sensitivity	24
3.4.1 Contrast sensitivity of older adults with normal vision	25
3.4.2 Contrast sensitivity of people with low vision: Effects of mean luminance	25
3.5 Illuminance preference for older adults with normal vision to perform visual tasks	26
3.6 Illuminance effects on people with low vision	28
3.6.1 Illuminance requirements for people with low vision	28
3.6.2 Effect of correlated colour temperature of a lamp on visual performance of people with low vision	28
3.6.3 Colour similarity recognized by people with low vision: Effects of illuminance	29
4 Lighting requirements for older people to move through escape routes	29

4.1	Travel speed when walking considering luminance condition and visual acuity	30
4.2	Subjective assessments of satisfaction with lighting on escape routes	32
5	The impact of disability and discomfort glare	34
5.1	Disability glare	34
5.2	Discomfort glare	35
5.3	Visual mechanisms of discomfort sensitivity	36
5.4	Measures to reduce glare	37
6	Non-visual effect of light on older people and people with low vision	37
6.1	Sleep efficiency	38
6.2	Spectral power distributions useful for older adults	39
6.3	Light useful for people with visual impairments to improve sleep efficiency	39
7	Recommendations for practical lighting solutions for older people and people with low vision	40
7.1	Light for the visual task	40
7.1.1	Illuminance level	40
7.1.2	Contrast	40
7.1.3	Visual task with colour	41
7.2	Recommendations	41
7.2.1	Illuminance levels	42
7.2.2	Illuminance requirements for young and older people	42
7.2.3	Implementations of illuminance recommendations	44
7.3	Colour temperature	44
7.4	Discomfort glare	45
7.5	Task and ambient lighting	46
8	Design guides for lighting practitioners to improve their design skills	48
8.1	Increase the luminance contrast of the hazards	48
8.1.1	Increase the contrast of stair nose to the background	48
8.1.2	Maintain appropriate luminance contrasts of tactile tiles and the background floor	50
8.1.3	Maintain an appropriate contrast between tactile tiles and the floor	50
8.2	Apply the model of colour similarity for low vision to practical design	51
8.3	Help recognize the depth of a space easily	52
8.3.1	Do not use the same colour for ceiling, walls, and floor	52
8.3.2	Do not use decorative band patterns that may induce visual illusions in which the band patterns appear to be steps	52
8.3.3	Provide visual information effective to recognize the depth of a space	54
8.3.4	Draw stripes to make people become aware of the depth of a space	54
8.3.5	Install indirect lighting luminaires in the baseboard along a corridor and in the borderlines between the ceiling and the walls	54
8.3.6	Draw a line on the floor to guide pedestrians	55
8.3.7	Increase local illuminance at hazardous areas	55
8.3.8	Use larger font sizes for signs located at high places	55
8.3.9	Use night lighting to control posture and avoid falls	56
Annex A Definitions of contrasts		57
A.1	Weber contrast	57
A.2	Michelson contrast	57
Annex B Demonstrations of how to apply the Visual Acuity Model (Inoue and Akizuki, 1998)		58
References		60

LIGHTING FOR OLDER PEOPLE AND PEOPLE WITH LOW VISION

Summary

This report summarizes lighting recommendations on lighting and visual environment in interior spaces such as offices, public spaces, and residences for healthy older people (defined as people aged 50 years and older) with normal vision, and people with low vision, and implements guidelines described in CIE 196:2011 into practical solutions.

The report provides (1) illuminance recommendations, derived from simulations with existing visual models for older people, (2) state of art of studies on how light helps people with low vision see objects by reviewing recent literature, and (3) design guidelines for lighting practitioners how to design appropriate visual environments for people with low vision.

ECLAIRAGE POUR PERSONNES ÂGÉES ET DES PERSONNES À VISION RÉDUITE DANS BATIMENTS

Résumé

Ce rapport résume les recommandations d'éclairage pour l'éclairage et l'environnement visuel dans les espaces intérieurs tels que bureaux, espaces publics et domicile, pour les personnes âgées en bonne santé ayant une vision normale. Les personnes âgées en bonne santé sont définies comme personnes de 50 ans et plus. Ce rapport vaut également pour les personnes ayant une vision réduite. Il met également en œuvre des lignes directrices décrites dans CIE 196:2011 en proposant des solutions pratiques.

Ce rapport fournit (1) des recommandations d'éclairage, qui sont issues de simulations avec des modèles visuels existants pour les personnes âgées. Il fournit (2) l'état de l'art actuel, rapporté dans la littérature, des études réalisées sur la façon dont la lumière aide les personnes ayant une vision réduite, sur la façon dont ils voient les objets. Il fournit (3) des guides de conception pour les praticiens de l'éclairage afin de concevoir un environnement visuel approprié pour les personnes à vision réduite.

BELEUCHTUNG FÜR ÄLTERE PERSONEN UND MENSCHEN MIT SEHSCHWÄCHE IN GEBÄUDEN

Zusammenfassung

Dieser Bericht fasst Beleuchtungsempfehlungen in Bezug auf Beleuchtung und die visuelle Umgebung in Innenräumen zusammen. Anwendungsgebiete sind Räume wie Büros, öffentliche Räume und Wohnräume für gesunde, ältere Personen (hier definiert als Personen ab dem 50. Lebensjahr) mit normalem Sehvermögen, sowie für Personen mit schwachem Sehvermögen. Darüber hinaus gibt der Bericht Vorschläge, wie die in CIE 196:2011 beschriebenen Richtlinien praktisch anwendbar sind.

Der Bericht umfasst (1) Beleuchtungsstärkeempfehlungen, basierend auf Simulationen mit bestehenden visuellen Modellen für ältere Personen, (2) den aktuellen Forschungsstand anhand der neuesten Literatur zum Effekt von Licht auf die Objektwahrnehmung durch Personen mit Sehschwäche, sowie (3) Leitfäden für Lichtanwender zur Gestaltung einer auf die Bedürfnisse von Personen mit Sehschwäche angepassten visuellen Umgebung.

1 Introduction

Recently, energy conservation has become a global concern. Lighting is often the first thing to be turned off when electrical energy has to be conserved. For instance, after the Great East Japan Earthquake hit Tohoku Japan on March 11 in 2011, not only the quake-hit area but also the capital area, which used a large amount of electric energy, were demanded to reduce energy use. Turning off lighting and removing lamps are the most convenient measure for local municipalities and public transportation to demonstrate electric energy savings. Even without such an emergency situation, recent international, national and regional energy conservation codes have strictly regulated the maximum acceptable energy usage within a given unit of floor area and/or time. It may be easy to say that unnecessary lighting should be turned off or dimmed.

While lamps emitting too much light for people with normal vision are removed or dimmed, illuminance levels required for older people and people with low vision have been neglected. These people often encounter difficulties in seeing obstacles and edges of steps in public and commercial buildings under lighting conditions dimmer than a few years ago.

Current lighting requirements were established based on results of experiments that employed young subjects. In addition, a recent growing interest in global warming and a sustainable society has resulted in reduced illuminance requirements for the same visual tasks in global regulations and codes. Thus, it is important to summarize recommendations for lighting and visual components so that people with visual disadvantages will not have difficulties and problems when performing visual tasks in interior applications.

1.1 Growing ageing society

As Figure 1 depicts, ageing population has dramatically increased in many countries. E.g. in Japan one quarter of the population is already 65 years and over, and this ageing population will reach 40 % in 2050. Japan is the worst case, but Korea and other countries will catch up with Japan in the near future.

After typically the age of 45 years, people need significant additional amounts of light to be able to perform the same visual tasks comfortably (Sagawa et al., 2003).

The 2010 World Population Data Sheet by the Population Reference Bureau reported that there were nine working-age people for every older person in the world. There are fewer than five working-age people for every older person in many European and Asian countries. The ratio is lowest in Japan, Italy, and Germany—at three to one.

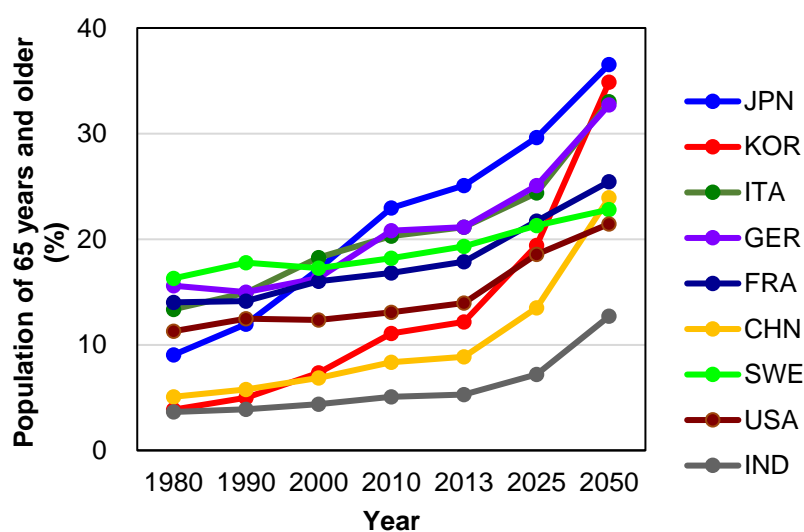


Figure 1 – Ageing population of 65 years and over by country (UN (2013.6) World Population Prospects: 2012 Revision)