



ISBN 978 3 901906 54 1

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

TECHNICAL REPORT

ROAD LIGHTING CALCULATIONS

CIE 140-2000

UDC: 628.931
628.971
628.971.6

Descriptor: Artificial lighting: Design and calculation
Exterior lighting
Street lighting

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 37 countries and one geographical area and of 8 associate members.

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 37 pays plus un territoire géographique, et de 8 membres associés.

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 37 Ländern und einem geographischen Gebiet und aus 8 assoziierten Mitgliedern.

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 von der ganzen Welt anerkannt.

Tagungen werden alle vier Jahre abgehalten, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft und 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(01)714 31 87 0, Fax: +43(01)714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2000



ISBN 978 3 901906 54 1

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

TECHNICAL REPORT

ROAD LIGHTING CALCULATIONS

CIE 140-2000

Rev. No.	Date	Revision Notes
1	July 2006	Page 19. Fig. 13. Dual carriageway. Upper shaded area, as a calculation area in the opposite driving direction, where in the lanes no observers are positioned, has been removed.
2	December 2006	ISBN Number on the cover pages has been corrected.

UDC: 628.931
628.971
628.971.6

Descriptor: Artificial lighting: Design and calculation
Exterior lighting
Street lighting

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 4-15 of Division 4 "Lighting and Signalling for Transport" 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. The latest CIE proceedings or CIE NEWS should be consulted regarding possible subsequent amendments.

Ce rapport technique a été préparé par le Comité Technique CIE 4-15 de la Division 4 "Eclairage et signalisation pour les transports" et a été approuvé par le Bureau d'Administration de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et application. Le document traite des connaissances courantes et de l'expérience dans le domaine spécifique indiqué de la lumière et de l'éclairage, et il est établi pour l'usage des membres de la CIE et autres groupements intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire. Pour connaître d'éventuels amendements, consulter les plus récents comptes rendus de la CIE ou le CIE NEWS.

Dieser Technische Bericht ist vom CIE Technischen Komitee 4-15 der Division 4 "Beleuchtung und Signale für den Verkehr" 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. Die neuesten CIE-Tagungsberichte oder das CIE NEWS sollten im Hinblick auf mögliche spätere Änderungen zu Rate gezogen werden.

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, ist es möglich, daß diese nicht vollständig sind.

The following members of CIE TC 4-15 "Road Lighting Calculations" took part in the preparation of this report. The committee comes under CIE Division 4, "Lighting and Signalling for Transport".

MEMBERS:

W. Adrian	Canada
S. Almási	Hungary
J. B. Arens	United States of America
A. Augdal	Norway
G. Birnbaum	Israel
J.-M. Dijon	Belgium
P. V. Hautala	Finland
J. Koster	Netherlands
J. Lecocq	France
K. Narisada	Japan
S. Onaygil	Turkey
W. Riemenschneider	Switzerland
G. Rossi	Italy
A. J. V. Serós	Spain
R. H. Simons (Chairman)	United Kingdom
E. Širola	Croatia
K. Sørensen	Denmark
R. E. Stark	United States of America
A. Stockmar	Germany
R. Yates	South Africa
A. de Visser	Netherlands

ADVISERS

P. Blaser	Switzerland
P. Gandon-Léger	France
N. Pollard	United Kingdom

Contents

SUMMARY	V
RESUME	V
ZUSAMMENFASSUNG	V
1. INTRODUCTION	1
2. DEFINITIONS, SYMBOLS AND ABBREVIATIONS	1
3. LIST OF SYMBOLS AND ABBREVIATIONS	2
4. MATHEMATICAL CONVENTIONS AND PROCEDURES	4
5. REQUIREMENTS FOR PHOTOMETRIC DATA	5
5.1 Luminous intensity data for luminaires	5
5.2 Interpolation of luminous intensity data	6
5.2.1 Linear interpolation	6
5.2.2 Quadratic interpolation	8
5.2.3 Quadratic interpolation in the region of $C=0^\circ$, or $\gamma=0^\circ$ or 180°	9
5.3 Road surface reflection data	9
5.3.1 Interpolation in the r-table	11
6. CALCULATION OF $I(C,\gamma)$	12
6.1 Mathematical conventions for distances measured on the road	13

6.2 Mathematical conventions for luminaire axes	13
6.3 Calculation of C : luminaire not turned about photometric axes	14
6.4 Calculation of γ : luminaire not turned about photometric axes	15
6.5 Calculation of C and γ : luminaire turned about photometric axes	15
7. CALCULATION OF PHOTOMETRIC QUANTITIES	16
7.1 Luminance	16
7.1.1 Luminance at a point	16
7.1.2 Field of calculation for luminance	16
7.1.3 Position of calculation points	17
7.1.4 Position of observer	18
7.1.5 Number of luminaires included in calculation	19
7.2 Illuminance	20
7.2.1 Horizontal illuminance	20
7.2.2 Semicylindrical illuminance	20
7.2.3 Carriageway	22
7.2.4 Footways and cyclepaths	23
7.2.5 Areas of irregular shape	23
8. CALCULATION OF QUALITY CHARACTERISTICS	23
8.1 Average luminance L_{av}	24
8.2 Overall uniformity U_0	24
8.3 Longitudinal uniformity U_L	24
8.4 Threshold increment TI	24
8.5 Surround ratio SR	24
8.6 Average illuminance of the carriageway (E_{av})	25
8.7 Minimum illuminance on the carriageway	25
8.8 Average illuminance of the footpath	25
8.9 Minimum illuminance on the footpath	25
8.10 Uniformity of illuminance	25
9. ANCILLARY DATA	25
10. REFERENCES	25
APPENDIX A: DERIVATION OF EQUATIONS FOR TURNING THE LUMINAIRE ABOUT THE THREE AXES OF THE COORDINATE SYSTEM	26
A.1. Method	26
A.2. General matrix for turning movements about the axes of the coordinate system	26
A.3. Turning movement about the Z axes	26
A.4. Turning movement about the X axes	26
A.5. Turning movement about the Y axes	27
A.6. Sequence of turning movements	27
A.7. Composition of turning movements	27
A.8. Initial attitude of luminaire	28
BIBLIOGRAPHY	28

ROAD LIGHTING CALCULATIONS

SUMMARY

The purpose of this report is to update and to replace CIE 30.2-1982, *Calculation and measurement of illuminance and luminance in road lighting*. It gives the methods which CIE 115-1995 and CIE 136-2000 require for their recommendations.

It includes the calculation of luminance, illuminance, and their associated measures of uniformity, as well as disability glare. The conventions adopted for luminance and illuminance grids are also included.

METHODES DE CALCUL POUR L'ECLAIRAGE ROUTIER

RESUME

Ce rapport est destiné à mettre à jour et à remplacer la publication CIE 30.2-1982, *Calcul et mesure d'éclairage et de luminance en éclairage routier* (en anglais). Il fournit les méthodes requises par les publications CIE 115-1995 et CIE 136-2000 et dans leurs recommandations.

Il comporte le calcul de luminance et d'éclairage et leurs critères d'uniformité associés ainsi que le calcul d'éblouissement d'incapacité. Il comporte également les conventions retenues pour les maillages de luminance et d'éclairage.

BERECHNUNGSMETHODEN FÜR STRASSENBELEUCHTUNG

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht ersetzt CIE-Publikation 30.2-1982 "Calculation and measurement of illuminance and luminance in road lighting". Es werden die Methoden beschrieben, die für die in CIE 115-1995 und CIE 136-2000 gegebenen Empfehlungen benötigt werden.

Im vorliegenden Bericht werden Verfahren angegeben sowohl zur Berechnung von Leuchtdichten, Beleuchtungsstärken und den daraus abgeleiteten Gleichmäßigkeiten als auch zur Ermittlung der Kennzahlen der physiologischen Blendung. Darüber hinaus werden die Festlegungen für die Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkeraster beschrieben.

1. INTRODUCTION

This report is a revision of CIE 30.2-1982 *Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting*. It gives the methods of calculating the lighting quantities, which CIE 115 -1995 and CIE 136-2000 require for their recommendations.

It includes the calculation of luminance and illuminance, and introduces the up-to-date conventions for the location of calculation grid points and observer position. A listing of the computer program for carrying out the calculations, which appeared in previous editions of the report, is not given as it has proven impossible to provide a service for the maintenance of such a program. Instead test data will be given in a separately issued part of the report to enable programs to be verified.

The calculation of illuminance is described in greater detail than in the previous reports, as illuminance, in its many forms, is now a requirement for pedestrian lighting.

The laboratory measurement of the reflection properties of the road surfaces, which was fully dealt with in previous editions of the report, has been omitted as it will be the subject of a separate report, as will be field measurements.

2. DEFINITIONS, SYMBOLS AND ABBREVIATIONS

first axis (of a luminaire when measured in the (C, γ) coordinate system): The vertical axis through the photometric centre of a luminaire when it is at its tilt during measurement.

NOTE 1: The poles of the (C, γ) coordinate system lie in this axis. See Fig. 1.

NOTE 2: This axis is tilted when the luminaire is tilted from its tilt during measurement.

NOTE 3: See CIE 121 - 1996 for more information on the first axis of a luminaire.

vertical photometric angle (of a light path): The angle between the light path and the first axis of the luminaire. Unit: degrees of arc. Symbol: γ . (See Figs. 1. and 6.)

photometric azimuth (of a light path): The angle between the vertical half-plane passing through the light path and the zero reference half-plane through the first axis of a luminaire, when the luminaire is at its tilt during measurement. Unit: degrees of arc. Symbol: C. (See Fig. 1.)

angle of deviation (with respect to luminance coefficient): The complementary angle between the vertical plane through the luminaire and point of observation and the vertical plane through the observer and the point of observation. Unit: degrees of arc. Symbol: β . (See Fig. 6.)

angle of incidence: The angle that a light path makes with the normal to the plane of incidence. Unit: degrees of arc. Symbol: ε . (See Fig. 6.)

angle of observation: The angle that the viewing direction makes with the horizontal. Unit: degrees of arc. Symbol: α . (See Fig. 6.)

luminance coefficient (at a surface element, in a given direction, under specified conditions of illumination): Quotient of the luminance of the surface element in the given direction by the illuminance on the medium. Unit: sr^{-1} . Symbol: q .

NOTE:

$$q = \frac{L}{E}$$

where:

q is the luminance coefficient in reciprocal steradians;
 L is the luminance in candelas per square metre;
 E is the illuminance in lux.

reduced luminance coefficient (for a point on a surface): The reduced luminance coefficient is the luminance coefficient multiplied by the cube of the cosine of the angle of incidence of the light on the point. Unit: sr^{-1} . Symbol: r