



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

ISBN 978-3-902842-56-5

DOI: 10.25039/TR.140.2019

TECHNICAL REPORT

Road Lighting Calculations, 2nd Edition

CIE 140:2019

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 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 six 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, 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 six 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 den 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 sechs 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



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

ISBN 978-3-902842-56-5

DOI: 10.25039/TR.140.2019

TECHNICAL REPORT

Road Lighting Calculations, 2nd Edition

CIE 140:2019

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 "Transportation and Exterior Applications" and has been approved by the Board of Administration and by Division 4 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 4-15 de la Division 4 "Transport et autres applications" et a été approuvé par le Bureau et Division 4 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 4-15 der Division 4 "Transport- und Außenanwendungen" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 4 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 leur 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 4-15 "Road Lighting Calculations" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 4 "Lighting and Signalling for Transport".

Authors:

Onaygil, S. (Chair)	Turkey
Gašparovský, D. (Secretary)	Slovakia
Janiga, P.	Slovakia
Korobko, A.	Russia
Lecocq, J.	France
Rocca, C.	Italy
Saito, T.	Japan
Stockmar, A.	Germany
van den Brink, T.	Netherlands
van den Broek, A.	Netherlands

Advisors:

Gibbons, R.	USA
Hautala, P.	Finland
Rossi, G.	Italy
Schwarcz, P.	Hungary
Stark, R.E. (†)	USA

CONTENTS

Summary	VI
Résumé	VI
Zusammenfassung	VI
1 Introduction	1
2 Terms and definitions	1
3 List of symbols and abbreviations	2
4 Mathematical conventions and procedures	4
5 Requirements for photometric data	4
5.1 Luminous intensity data for luminaires	4
5.2 Interpolation of luminous intensity data	5
5.3 Road surface reflection data	7
5.4 Interpolation of reduced luminance coefficient data	8
6 Calculation of the luminous intensity	9
6.1 Mathematical conventions for distances measured on the road	9
6.2 Mathematical conventions for luminaire axes	10
6.3 Calculation of the photometric azimuth: luminaire not turned about photometric axes	11
6.4 Calculation of the vertical photometric angle: luminaire not turned about photometric axes	11
6.5 Calculation of the photometric azimuth and the vertical photometric angle: luminaire turned about photometric axes	12
7 Calculation of photometric quantities	13
7.1 Luminance	13
7.1.1 Luminance at a point on a road surface	13
7.1.2 Field of calculation for luminance	14
7.1.3 Position of calculation points	14
7.1.4 Position of observer	15
7.1.5 Number of luminaires included in calculation	16
7.2 Illuminance	17
7.2.1 Horizontal illuminance	17
7.2.2 Semi-cylindrical illuminance	18
7.2.3 Carriageway	18
7.2.4 Footways and cycle paths	20
7.2.5 Areas of irregular shape	20
8 Calculation of quality characteristics	20
8.1 Average luminance of the road surface	21
8.2 Overall uniformity of road surface luminance	21
8.3 Longitudinal uniformity of road surface luminance	21
8.4 Threshold increment (TI)	21
8.5 Edge illuminance ratio (EIR)	23
8.6 Average illuminance on the carriageway	24
8.7 Minimum illuminance on the carriageway	24
8.8 Average illuminance on the footway or cycle path	24
8.9 Minimum illuminance on the footway or cycle path	24
8.10 Uniformity of illuminance	24

9	Test data	24
10	Ancillary data	24
Annex A Derivation of equations for turning the luminaire about the three axes of the co-ordinate system		26
A.1	Method	26
A.2	General matrix for turning movements about the axes of the co-ordinate system	26
A.3	Turning movement about the Z axis	26
A.4	Turning movement about the X axis	26
A.5	Turning movement about the Y axis	27
A.6	Sequence of turning movements	27
A.7	Composition of turning movements	27
A.8	Initial attitude of a luminaire	28
Annex B Test data for assessment of the accuracy of road lighting computer programs		29
B.1	Test data sets	29
B.2	Benchmark values of test results	31
References		33
Further reading		33

ROAD LIGHTING CALCULATIONS, 2ND EDITION

Summary

This report is a revision and update of CIE Publication 140-2000 *Road Lighting Calculations*. It replaces CIE 140-2000. In comparison to the previous edition, clauses in this report are corrected and improved where necessary, taking into account recent CIE publications. Values of luminous intensity are generally not per kilolumen, taking into account LED luminaires. The calculation of the threshold increment (TI) is improved and the previous calculation formula is corrected. The edge illuminance ratio (EIR) is introduced, replacing the surround ratio (SR), previously used. The linear interpolation method is accepted as satisfactory for application both in I-tables as well as r-tables. A new Test Data clause is prepared to provide a standard set of input data for testing purposes together with benchmark results of the calculated lighting quality criteria of road lighting installations.

CALCULS D'ÉCLAIRAGE PUBLIC, 2^{ÈME} ÉDITION

Résumé

Ce rapport est une révision et une actualisation de la publication CIE 140-2000 *Calculs d'éclairage public* (en anglais). Il remplace CIE 140-2000. Par comparaison à la précédente édition, les clauses de ce rapport ont été corrigées et améliorées, lorsque nécessaire, des publications récentes de la CIE ont été considérées. Les valeurs d'intensité lumineuse ne sont généralement pas exprimées par kilolumen. L'incrément au seuil de visibilité TI est publié en l'état de l'art, la formule de calcul de l'édition précédente a été corrigée. Le rapport EIR, edge illuminance ratio : rapport d'éclairements en bordure de voirie est introduit en lieu et place du SR surround ratio (rapport de contiguïté). La méthode d'interpolation linéaire est considérée comme satisfaisante pour des applications tant dans les tableaux d'intensités lumineuses (I-tables) que dans les tableaux de coefficients de lumiance réduits (r-tables). Un nouveau chapitre de données pour test est en préparation pour fournir un ensemble de données d'entrée standard pour fin de tests ainsi que de comparaison des résultats des critères qualité de l'éclairage calculés sur des installations d'éclairage public.

BERECHNUNGSMETHODEN FÜR STRASSENBELEUCHTUNG, 2. EDITION

Zusammenfassung

Dieser Bericht ist eine überarbeitete und ergänzte Ausgabe der CIE Publikation 140-2000 *Road Lighting Calculations*. Er ersetzt CIE 140-2000. Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe sind an einigen Kapiteln fallweise Korrekturen und Verbesserungen vorgenommen worden, unter Berücksichtigung jüngerer CIE-Publikationen. Lichtstärkewerte werden generell nicht als auf 1 000 lm bezogen verwendet, um LED-Leuchten zu berücksichtigen. Die Berechnung der Schwellenwertänderung (TI) ist verbessert worden und die vorherige Berechnungsformel ist korrigiert worden. Das bisher verwendete Umgebungsbeleuchtungsstärke-Verhältnis (SR) ist durch das Randbeleuchtungsstärke-Verhältnis (EIR) ersetzt worden. Lineare Interpolation in den Tabellen der Lichtstärkeverteilungen und in den r-Tabellen wird nun als ausreichend genau angesehen. In einem neuen Kapitel sind Daten von Standardanordnungen zusammengestellt worden, die in Verbindung mit den ebenfalls angegebenen Berechnungsergebnissen dazu dienen können, Verfahren zur Berechnung der lichttechnischen Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen zu überprüfen.