



Tempus-Phare
Compact Measure Grant
CME-03551+97



INGINERIA ILUMINATULUI

4

Editura MEDIAMIRA
Cluj-Napoca 2000

INGINERIA ILUMINATULUI

Program Tempus-Phare CME-03551-97

- | | | |
|------------|---|---|
| 3 | NETWORKING WITH EUROPEAN
green light promoters | <i>Vincent BERRUTTO, Flavio CONTI, Paolo BERTOLDI</i> |
| 19 | REDUCEREA NIVELULUI DE ILUMINARE NATURALĂ
din birouri datorită obstrucțiilor – factori de influență | <i>Dorin BEU, Florin POP</i> |
| 25 | HISTORY OF ROAD LIGHTING RESEARCH
as a guide for future research | <i>Wout van BOMMEL</i> |
| 35 | METODĂ DE ANALIZĂ ȘI ALEGERE A VARIANTEI
optime de proiect | <i>Viorel COSTEA, Augustin MUNTEANU</i> |
| 41 | CONSIDERAȚII ASUPRA CALCULULUI
factorilor de formă | <i>Cătălin – Daniel GĂLĂȚANU</i> |
| 47 | MAVILE – AN EUROPEAN AND AMERICAN NETWORK
on visual environment and efficient lighting | <i>Carlos KIRSCHBAUM</i> |
| 54 | ENERGY SAVINGS THROUGH DAYLIGHT | <i>Jorma LEHTOVAARA, Eino TETRI</i> |
| 59 | VISIBILITY MEASUREMENTS WITH CCD
in road lighting | <i>Eduardo R. MANZANO, Alberto J. CABELLO</i> |
| 70 | ILUMINATUL SENSURILOR GIRATORII | <i>Marilena MĂIEREAN</i> |
| 74 | LSD – LIGHTING SYSTEMS DESIGN
- un program pentru proiectarea sistemelor de iluminat | <i>Horia F. POP, Florin POP</i> |
| 80 | THE STUDENTS FORUM AT THE UPC | <i>Mireia DE LA RUBIA Garrido</i> |
| 83 | LA ILUMINACIÓN COMO FACTOR DEL CAMBIO SOCIAL | <i>Ramón SAN MARTIN PÁRAMO</i> |
| 87 | FOTOMETRIA – TRECUT ȘI PREZENT | <i>János SCHANDA</i> |
| 94 | THE USE OF DAYLIGHT AS A SUBSTITUTE
for electric lighting in desert regions | <i>Faisal M. AL-SHAREEF, David CARTER</i> |
| 110 | AUDITORIA ENERGÈTICA A L'ENLLUMENAT PÚBLIC | <i>Carles URETA</i> |



Tempus-Phare Compact Measures Grant CME-03551-97
LIGHTING ENGINEERING CENTER – LEC - an excellence center for consultancy and continuing education in the lighting field in direct link with the needs of the labour market

CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI – LEC – un centru de excelență pentru consultanță și formare continuă în iluminat pentru necesități ale pieței de muncă



**Universitatea Tehnică
din Cluj-Napoca**

Str. C. Daicoviciu Nr. 15
3400 Cluj-Napoca

Coordonator Dr. **Florin POP**, Profesor, UTCN, Cluj-Napoca, România
Contractor **Ramon SAN MARTIN**, Professor Titular, Dr., UPC, Barcelona, Spain

www: <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>

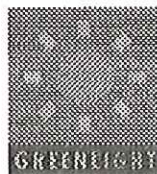
E-mail: lec@colective.utcluj.ro

Tehnoredactare și traducere: **Mihaela POP**
Viorel GLIGOR



EDITURA MEDIAMIRA
ISSN 1454-5837

LAUNCH OF THE GREENLIGHT PROGRAMME IN EUROPE



Vincent BERRUTTO ^(a), Flavio CONTI ^(a), Paolo BERTOLDI ^(b)

^(a) European Commission - Joint Research Centre
Environment Institute, T.P. 450, 21020 Ispra, Italy
Tel. +39.0332.78.9688 Fax +39.0332.78.9992
E-mail: vincent.berrutto@jrc.it

^(b) European Commission - DG Energy & Transport
Rue de la Loi 200, 1049 Brussels, Belgium
Tel. +32.2.295.2204 Fax +32.2.296.4254
E-mail: paolo.bertoldi@cec.be

Abstract

Lighting accounts for a substantial part of electricity use in non-residential buildings and despite a number of significant energy-efficient lighting initiatives from certain Member States and DG TREN¹, the most recent estimations tend to show that the potential for energy savings remains high in Europe. DG TREN decided to react by launching on 7 February 2000 a EU GreenLight Programme encouraging non-residential electricity consumers (public or private) to commit themselves to install energy-efficient lighting technologies in their facilities wherever (1) it is profitable, and (2) lighting quality is maintained or improved. Such a programme benefits from promising prospects and the active support from the European Energy Agencies.

Introduction

Lighting accounts for a significant part of the electricity consumption of commercial buildings. In offices and retail shops for instance, a SAVE² study estimated in 1994 that lighting represented more than 30% of the total electricity consumption (BRE 1994). This percentage,

which is generally considered to be still valid nowadays, is consistent with other numbers found in industrialised countries (EPRI 1992) (EDF 1996). In absolute value, for the whole service sector, E. Mills and N. Borg pre-estimated in a recent draft report for the International Energy Agency that lighting represented about 250 TWh³ in the Union. Though these authors recognise that this first estimate should be treated with a degree of caution due to the lack of previous work on the subject, it shows that lighting consumption in European non-residential buildings is considerable.

The present paper reviews the latest information about the potential for energy savings in the non-residential lighting sector. Then, it shows how the European Commission plans to complement and reinforce the ongoing energy-efficient lighting activities through a European pledge programme: GreenLight.

A high energy saving potential

Assessing the potential for energy savings in the field of non-domestic lighting is a difficult task. To start with, there is very little information on the characteristics of the

¹ DG TREN is the European Commission Directorate General for Energy and Transport. This new DG has been created, with effect from 1st January 2000, by merging the old directorates-general "Energy" and "Transport"

(http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_en.htm).

² SAVE is the non-technology energy efficiency programme of the European Union.

³ For the European Union including Norway. The estimate is based on existing national assessments. The service sector includes: offices, shops, education, hospitals, leisure and other buildings. Source: (Mills 1999)

lighting systems currently used in Europe. A recent SAVE study, led by the Netherlands Agency for Energy and the Environment, made an attempt at collecting such data for offices and educational buildings (NOVEM 1999). Information was gathered through the members of the European luminaire manufacturers association (CELMA) and complemented with interviews among knowledgeable persons in Europe, such as lighting designers, facility managers and large electrical contractors. The main data collected consisted of quantitative and qualitative descriptions of two types of existing installations and four types of new installations (two typical, and two representing the best practice). The survey also included data on commercial building stock (floor size), typical turnover rate for lighting installations, and cost data for each new type of installation.

Another SAVE project, scheduled to report in Spring 2000 and led by the Association of Danish Electric Utilities (DEFU), is complementing these data using lighting audits in approximately 100 buildings per country (DEFU 1999).

These SAVE projects provide sound evidence of a large energy-saving potential. For instance, they indicate that about a third of the lighting energy use could be saved if all existing lighting in offices in the EU was upgraded to typical current practice for new installations and over half if the upgrade was to best practice standards. Substantial savings could also be made in educational buildings, although they would be lower than for offices (NOVEM 1999).

Although these are theoretical estimates, they are consistent with current market data which show that the penetration of efficient lighting products is low despite the fact that they have been commercialised for several years now. Ballasts for instance, have been available since more than 10 years in the so-called electronic or high-frequency version (CADDET 1991). Compared to others, this version not only increases the lamp-ballast system efficacy up to 20% but also eliminates the risk to perceive flicker, can operate four lamps together, and be substantially lighter. The technology is considered mature and the experience has shown that it could be paid

back in less than 3 years (BRE 1998a) (BRE 1998b). However despite these advantages, electronic ballasts made up only about 5% of market sales in Europe in 1994 (BRE 1996) and approximately 15% nowadays⁴. The same observation has been made for other energy-efficient technologies, e.g. automatic lighting control systems (PROPLAN 1996).

These market data, together with the potential estimates reported above, are converging indicators that much saving can be achieved. Added to the other benefits of energy-efficient lighting upgrades, such as the improvement of user visual conditions and environmental consciousness, the economic benefits, the market opportunities, the stimulation of other DSM projects etc, they constitute robust arguments for deploying intensive energy conservation measures in the field of non-residential lighting.

The need to deploy new conservation efforts

The energy saving potential represented by lighting in the non-residential sector has been recognised and given high priority worldwide. In Europe, it has impulsed a number of conservation activities under the initiative of the European Commission and some Member States.

In 1993-94, the European Commission DG XVII (Energy)⁵ commissioned the UK Building Research Establishment (BRE) to conduct a comprehensive study on "Measures to Promote Energy Efficiency Lighting in the Commercial Sector in Europe" (BRE 1994). This study concluded that "mandatory minimum efficiency standards are likely to produce the largest energy savings" and that "the production of performance standards, particularly for fluorescent lamp ballasts, appears from this study to be one of the most effective actions which the EC could take to reduce energy consumption for lighting in commercial buildings and is thus worth further consideration and development". Consequently, DG XVII elaborated a proposal for a Directive on Energy Efficiency

⁴ R. Borsani, CELMA. Personal communication.

⁵ Now merged with DG Transport into the new Energy & Transport DG (DG TREN).

Requirements for Ballasts for Fluorescent Lighting (DGXVII 1999). Based on a comprehensive cost/benefit analysis (BRE 1996) and discussions with industry, DG XVII adopted three progressive levels of minimum efficiency requirements. A phased approach was foreseen, associated with long transition periods before the entry into force of each level. Assuming the Directive is adopted by 1.1.2001, it will come into force on 1.1.2002. It will then concern all newly produced ballasts placed on the Community market. In terms of electricity reduction, the Directive alone is estimated to reduce by about 10 % the electricity consumption of fluorescent lighting by the year 2020.

A recent survey commissioned by DG XVII has highlighted the fact that some Member States have also carried out outstanding energy-efficient lighting activities in commercial buildings (NOVEM 1999). Especially noteworthy in this respect are for instance the market transformation programme initiated in Sweden (including procurement, benchmarks, demonstration, etc.), the various programmes at both the government and utility level in the Netherlands (voluntary agreements, tax incentives, rebates, etc.), the light-switch programme initiated in 1998 and run by the UK Energy Saving Trust (including information, training and rebates), and other examples elsewhere.

However, as the survey concludes, "certain Member States have not yet undertaken significant initiatives", and, as said earlier, the saving potential in Europe remains high. Along the lines of Kyoto commitments⁶, there is a need to gather new efforts while complementing the ongoing national initiatives and increasing the impact of the ballast Directive.

To reach that goal, the Commission considered the suggestion made in the earlier SAVE study (BRE 1994) to establish a European pledge programme. The Commission has developed that idea in the form of a EU GreenLight

programme⁷, inspired from the US Green Lights programme⁸.

The GreenLight Programme

The GreenLight programme was officially launched on 7 February 2000. It is a voluntary pollution prevention programme that helps non-residential electricity consumers (public or private), referred to as Partners, save money and reduce pollution by increasing the energy efficiency of their lighting. The core of the programme is a Registration Form, signed by the Partner and the Commission, in which the Partner commits to:

For existing spaces: upgrade at least 50% of the spaces owned or on long term leases where the returns on investment exceed corporate return on capital (or 20% Internal Rate of Return) or alternatively reduce the total aggregate lighting electricity consumption by at least 30%.

For new spaces: choose new installations so that no alternative installation exists that would:

1. Maintain or improve the lighting quality provided by the chosen installation and
2. Consume less electricity and
3. Represent such a supplementary cost that the return on investment exceed the corporate return on capital.

In addition, the Partner shall⁹:

- Complete the upgrades within 5 years of joining the programme.
- Send a progress report every year.
- Appoint a Corporate Manager responsible for assuring the Programme execution.

⁷ <http://www.eu-greenlight.org>

⁸ Green Lights programme has run since 1991. In 1999, Green Lights marketing was incorporated into the Energy Star Buildings Programme.

⁹ For more details, see the Registration Form on the GreenLight web site.

⁶ Reduction of 8% of EU greenhouse gases emissions by 2008-2012 compared to 1990 levels.

While the Commission does not provide actual funds for the lighting upgrades (by definition, the savings pay the upgrades), it provides support to the Partners in the form of information resources and public recognition.

Encouraging prospects for GreenLight

In USA, the Green Lights Programme is often considered as the flagship of EPA's voluntary pollution-prevention initiatives. According to EPA, it has transformed the way organisations make decisions about efficient lighting investments. These decisions have traditionally been low priority, have not benefited from information and analysis, and have had low visibility within an organisation. A critical element of Green Lights success was to elevate decision-making about efficiency in buildings to senior corporate officials. Partners in Green Lights have learned to make profitable lighting upgrades a priority, have been able to make decisions based on up-to-date information and proper analysis, and have advertised their accomplishment both within and outside their organisation.

In terms of results, EPA claims that Green Lights in US had generated 7 TWh electricity savings by 1997 (EPA 1998). According to Hoffman et al (1998) more than 158 million square meters were upgraded and reported by Green Lights partners in 1996. DeCanio (1998) conducted a statistical analysis on the database of all lighting upgrades performed within the framework of Green Lights between January 1991 and January 1995. He found that "excluding outliers and internally inconsistent observations, the average payback of 3673 Green Lights projects reported to EPA as of the beginning of 1995 was 3.3 yr (...) The IRR of 3394 projects (excluding outliers) during the same period had a mean of 44.7% with a standard deviation of 33.9%, and a median of 36.0%".

In Europe, the Green Lights type of concept (i.e. top management commitment) was applied within the framework of energy-efficiency programmes dealing with more than only lighting. This was the case in Sweden with the industry-directed EKO-Energie programme and in the UK with the "Making a Corporate

Commitment" campaign (IAEEL 1999). Both have had a significant impact according to their organisers.

To get an idea of the energy savings that such a concept could generate in Europe as a whole, the European Commission has funded the two SAVE studies mentioned earlier which aims at categorising and quantifying commercial lighting use (NOVEM 1999) (DEFU 1999). Though one of these studies is still in progress, the current impression is that EU GreenLight has a high probability of success.

A recent market survey commissioned by the Joint Research Centre¹⁰ showed that attitudes towards joining the programme were generally favourable. In this market survey, a total of 43 public and private organisations were contacted: 6 in Denmark, 12 in France, 15 in Italy and 10 in Spain. They were big companies with a median number of employees of 3000. In each country, the sample covered different sectors: office, retail, education, healthcare, hotel, industry, transport, leisure/sport. The results were reported in an earlier publication (Berrutto et al. 1999a). In summary, they showed first that all companies without exception agreed that an energy-saving investment could be profitable and that 3/4 of the respondents, no matter the sector to which they belonged (public or private), answered positively when asked if the "Green Image" was part of their communication strategy.

Although most interviewees said they preferred to use payback time as an investment parameter (average criterion: 3 years), more than 80% of the people agreed with the definition of profitability mentioned in GreenLight. Moreover, a large majority of

¹⁰ The mission of the Joint Research Centre (JRC) is to provide customer-driven scientific and technical support for the conception, development, implementation and monitoring of EU policies. As a service of the European Commission, the JRC functions as a reference centre of science and technology for the Union. Close to the policy-making process, it serves the common interest of the Member States, while being independent of special interests, private or national. Web site: www.jrc.it

respondents in each country, representing overall 3/4 of the interviewees, said that it would be possible to appoint a GreenLight Implementation Director, as well as a Communication Director, and to allocate approximately one person-year for every 500,000 m² of facility space. The same large majority of the people found also no problem in reporting their results to the Commission. As for the 5-year period to carry out the profitable upgrade, it was judged sufficient by at least half of the interviewees in each country.

The situation was more contrasted when talking about financial commitment. A slight majority of respondents in France and Spain said that the initial investment of about 5-20 Euros per m² would be achievable. However, the trend was reversed for Denmark and clearly negative in Italy where 3/4 of the respondents refused such a commitment. This is no surprise since the lack of capital and the inability to get financing for projects are well-known barriers to energy efficiency investments. It shows the need to describe how these barriers can be overcome using various financing strategies. In particular, the role of Energy Service Companies (ESCO) must be explained. Except for Spain, there was a majority of respondents in each country who didn't know what an ESCO was and the kind of service he/she could offer. In fact, information, training, and software tools appeared to be the most important supports needed by the interviewees in all countries (except Denmark). In addition, they also asked for guarantees and demonstration.

Finally, when the interviewed companies were asked what kind of GreenLight Promoter they would be the most receptive to, the first choice whatever the country went always to the energy agencies. This has been heard by the national energy agencies which have manifested much interest in the programme and decided to form a network of European GreenLight Promoters as described hereafter.

A strong network of European GreenLight Promoters

The GreenLight Promoters are meant to relay the execution of the programme in the European Member States, in particular to:

- Tailor the programme according to the market situation and consumers' preferences in each country. They take into account national lighting programmes already underway, carried out by national organisations or local utilities. They avoid conflict or competition with similar programmes. In the case a lighting programme is underway, an agreement is being reached with the programme promoter.
- Market aggressively the programme to enrol the largest number of companies.
- Fund the programme together with the European Commission. The amount of resources must be enough to set up and provide financial support for maintaining a structure of a few people.
- Monitor the progress of GreenLight in their country.
- Deploy an extensive communication plan that helps market GreenLight.
- Tailor and disseminate the technical support for GreenLight Partners.

Up to now, organisations from 14 countries¹¹ embarked in February 2000 in a timely SAVE kick-off pilot project aimed at helping them start their GreenLight activities. This pilot project is meant to:

- Demonstrate and showcase the benefits of GreenLight upgrades and concept.
- Demonstrate the ability of the energy agencies to promote GreenLight.
- Foster a network of national information centres on energy-efficient lighting.

This pilot project has a total duration of 23 months and is divided into 6 tasks:

¹¹ Austria (EVA); Belgium (Wallonne Region Ministry); Denmark (ENS); Finland (MOTIVA); France (ADEME); Germany (Saarländische Energieagentur in collaboration with BEO); Greece (CRES); Italy (FIRE – Ass. of Energy Managers); The Netherlands (NOVEM); Norway (NVE); Portugal (CCE); Spain (IDAE); Sweden (STEM); UK (BRECSU). With the collaboration of the European Commission Joint Research Centre.

- Customisation and dissemination of the GreenLight information support through the Internet.
- Enrolment and briefing of strategic pilot companies in various business fields (public/private, offices/schools/hospitals/hotels/etc.).
- Audit, recommendations, pre-monitoring on 3 to 5 case study buildings per country.
- Lighting retrofit and commissioning of these buildings.
- Post-monitoring to provide a sound demonstration of the benefits.
- Intensive communication toward potential GreenLight Partners.

Besides strengthening and catalysing GreenLight (in a sense by "priming the pump"), this preliminary project offers a unique opportunity to set up a powerful network of information centres on energy-efficient lighting. This network will merge in the first of the above-mentioned tasks, scheduled February 2000 – July 2000. During this period, The energy agencies will translate into their own language the GreenLight information given by the Commission. In addition, they will provide, both in their own language and in English, the country-specific information necessary for GreenLight Partners (e.g. contact directories, legislation).

These materials will be concentrated on JRC databases and made accessible through dynamic multi-language web pages. The result will be a comprehensive information site on the subject of energy-efficient lighting.

A network of information

The set of information provided within GreenLight has been defined keeping in mind the future Partners. Indeed, it constitutes an essential feature of the GreenLight deal and comes in addition to the public recognition provided by the EC to the Partners for their contribution in protecting the environment. This support was outlined figuring out the kind of questions European GreenLight Partners would ask themselves.

The terms GreenLight Partner hide a number of different actors inside the company, each of them having a specific background and specific needs. Basically, a distinction can be made on whether these actors are more involved in financial and planning tasks or in technical tasks. In this respect, two types of information were distinguished: the information for 'planning people' and that for 'technical people'. These two types of information are outlined hereafter. They have been cross-checked with the results of the GreenLight market survey and with what is offered by EPA to US Green Lights Partners. Although transpositions from US to Europe are not straightforward, the support from EPA is interesting to look at because the US project has been constantly refined since its inception in 1991 to take into account remarks and suggestions that have come up from more than 1600 participants. In this sense, it provides good insights on Partners' demand.

Information for planning people:

This information is targeted to all the people in the company who will manage the financial, organisational and communicative aspects of the project, e.g.: decision-makers, financial and communication directors, etc. Their task is essential to make the project develop at the scale of the whole company. Often, they have limited knowledge in the field of lighting. Sometimes, they may not even be familiar with energy management projects in general. They may ask what the programme is and how they can implement it within their company. This is why the web site will contain explanations on this topic, including updated figures of the results, success stories, and implementation guidelines.

Most probably, the companies will wonder also how to finance such a programme. They may not always think about all the financing options they can choose from to fund lighting upgrades. Also, they may not always be aware of all the financial incentives they can benefit from. A guide will resume all these aspects. Financing options will be described on a general basis. However, the list of incentives

will be drawn for each country by National Promoters.

Companies may also wonder why and how they should optimise lighting maintenance and waste disposal. These actions can bring significant money and energy savings if they are carefully planned at the scale of the whole company. This will be resumed in a guide derived from existing ones and, as far as waste disposal is concerned, be complemented at country level by an up-to-date description of the relevant legislation.

To the companies who further wonder who they can contact for third party investments, lamp recycling, lighting upgrades, etc. when they don't have the expertise in-house, each country will maintain a list of relevant contacts.

Information for technical people:

This information will be targeted to the people inside (or outside) the company who will tell which and how installations must be upgraded. Their knowledge in lighting is very variable. Some of these people may be considered as actual lighting designers while some others are mostly active in other fields, e.g. HVAC, and know very little about lighting. For this reason, they will be provided with some reference information on lighting. This reference information will accommodate for the fact that technical people have different background. It will also take into account the fact that they may either look for some information on specific technologies or proceed with a specific application in mind, searching for example lighting recommendations for offices, sport halls, retail spaces, etc. Therefore, it will be both technology-oriented and application-oriented. Properly edited, it will serve as a reference to the information provided in direct support to the main questions of the technical staff namely: how do I see whether a given installation can be upgraded? What kind of upgrade shall I do?

A common specific answer will be provided to these two questions. This will be done with a guide that tells technical people (1) how to carry out a comprehensive lighting assessment within their facilities before and after the retrofit, considering energy and human aspects; and (2)

how to choose upgrade options. Such guide will be complemented by a software that calculates the profitability of upgrade options. Such software will be kept simple. Experience from EPA has shown that the main challenge is to get partner organisations to execute basic steps in a timely manner. Focusing on simple procedures to get all key-steps taken was found to be much more important than elaborating decision support systems.

Such a guide will also be complemented by a product database. It is still open however whether an independent laboratory will check it. The financial resources required for this might not be too high if an independent performance-testing programme was already planned or under way somewhere in Europe. In this case, the financial effort from the EC to check the GreenLight database could be limited to a co-sponsoring of this programme.

In order to avoid incorrect and inhomogeneous ways of collecting and reporting energy saving results, it is highly advisable to define few standard procedures for measuring them. The importance of this requirement is not only for gathering correct data at country and EU level, but also for ensuring contractual specifications and guarantees for all parties involved in the lighting retrofit actions. This is why, reference will be made to the International Performance Measurements and Verification (IPMVP) Protocol (DOE 1997), where four measurement and verification options are defined for various energy efficiency retrofit measures, lighting retrofit included. Since the retrofit actions may vary considerably in size, cost and importance, also the accuracy of M&V vary accordingly and hence the need of defining different options. The involved parties will be free to choose the option that best suit to the types of performance contract, values and risks. The JRC and the national agencies will check these options for general viability.

Collaboration with Accession Countries

As developed in an earlier article (Berrutto et al. 1999b), the GreenLight Programme

colectare a datelor pentru birouri și clădiri educaționale (NOVEM 1999). Informațiile au fost adunate prin intermediul membrilor asociației europene a producătorilor de corpuri de iluminat (CELMA) și completate cu interviuri printre persoanele cu cunoștințe în domeniu din Europa, cum ar fi proiectanți în iluminat, manageri cu aptitudini și contractori mari electrici. Datele principale colectate au cuprins descrieri calitative și cantitative a două tipuri de instalații existente și patru tipuri de noi instalații (două tipice, și două reprezentând cea mai bună practică). Studiul include, de asemenea, date despre capitalul clădirilor comerciale (mărimea suprafeței), cifra de afaceri tipică a instalațiilor de iluminat și costurile pentru fiecare tip nou de instalație.

Un alt proiect SAVE, programat pentru a raporta în Primavara anului 2000 și condus de către Asociația Utilităților Electrice Daneze (DEFU) completează aceste date utilizând bilanțurile de iluminat în aproximativ 100 de clădiri în fiecare țară (DEFU 1999).

Aceste proiecte SAVE arată o evidență clară a unui potențial mare de economisire a energiei. De exemplu, acestea indică că aproximativ o treime din practicile curente pentru noile instalații și peste jumătate pentru cele îmbunătățite sunt la cele mai înalte standarde. Economii substanțiale pot fi realizate în instituțiile educaționale, deși acestea vor fi mai mici decât cele din birouri (NOVEM 1999).

Deși acestea sunt estimate teoretic, sunt compatibile cu datele existente pe piață care arată că penetrarea produselor de iluminat eficiente este mică în pofida faptului că acestea au fost comercializate de câțiva ani. De exemplu, balasturile au fost disponibile de mai mult de 10 ani în așa numita versiune electronice sau de înaltă frecvență (CADDET 1991). Comparată cu altele, această versiune nu numai că mărește eficacitatea sistemului lampă-balast până la 20%, dar de asemenea elimină riscul de percepere a pâlpâirii, poate opera patru lămpi deodată și poate fi substanțial mai ușor. Tehnologia este considerată matură și experiența a arătat ca pot fi recuperate costurile în mai puțin de 3 ani (BRE 1998a, (BRE 1998b). Totuși, în pofida acestor avantaje, balasturile electronice reprezintă numai

5% din vânzările pe piața Europeană în 1994 (BRE 1996) și aproximativ 15% în prezent⁴ (4 – R. Borsani. *Comunicare personală*). Aceeași observație a fost făcută pentru alte tehnologii eficiente-energetice, de exemplu sistemele de iluminat cu control automat (PROPLAN 1996).

Aceste date de piață, împreună cu estimările de potențial prezentate mai sus, sunt indicatori convergenți ce arată coate fi realizată o economisire mare. În plus la alte beneficii de îmbunătățire a sistemelor de iluminat eficiente energetice, cum ar fi îmbunătățirea condițiilor vizuale ale utilizatorului și condițiilor de mediu, beneficiilor economice, oportunitățile pieței, stimularea altor proiecte DSM etc., acestea constituie argumente solide pentru desfășurarea măsurilor intense de conservare a energiei în domeniul iluminatului nerezidențial.

Necesitatea desfășurării de noi eforturi de conservare

Potențialul de economisire a energiei reprezentat de iluminatul în sectorul nerezidențial a fost recunoscut și a primit o prioritate înaltă în întreaga lume. În Europa, acesta a impusionat un numar de activități de conservare la inițiativa Comisiei Europene și altor State Membre.

În 1993-1994, Comisia Europeană DG XVII (Energy)⁵ (5 – În prezent alăturat cu DG Transport în noul DG Transport&Energie DG TREN) a împuternicit Centrul de Cercetare în Construcții din Marea Britanie (BRE) pentru a conduce un studiu de înțelegere a "Măsurilor de Promovare a Iluminatului Eficient Energetic în sectorul comercial din Europa" (BRE 1994). Acest studiu a concluzionat că "standardele obligatorii de eficiență maximă produc cele mai mari economisiri de energie" și că "producția standardelor de performanță, în special pentru lămpile fluorescente cu balast este una dintre cele mai eficace acțiuni pe care CE poate să le întreprindă pentru a reduce consumul de energie pentru iluminatul spațiilor comerciale și aceasta merită considerație și dezvoltare ulterioară". În

consecință, DG XVII a elaborat o propunere pentru o Directivă asupra Cerințelor de Eficiență Energetică pentru balasturile utilizate în iluminatul fluorescent (DGXVII 1999). Bazat pe o analiză cost-eficiență cuprinzătoare, (BRE 1996) și pe discuțiile din mediul industrial, DGXVII a adoptat trei niveluri progresive de cerințe minimale de eficiență. O abordare a fost prevăzută, asociată cu perioada de lungă tranziție, înainte de intrarea în forță a fiecărui nivel. Presupunând că Directiva este adoptată până la 1.1.2001, va intra în forță în 1.1.2002. Se va ocupa cu toate noile balasturi produse aflate pe piața Comunității. În termeni de reducere a electricității, Directiva este estimată să reducă până la 10% din consumul de electricitate al iluminatului fluorescent în anul 2000.

Un studiu recent autorizat prin DG XVII a evidențiat faptul că câteva State Membre au realizat activități de iluminat eficient energetice în spații comerciale (NOVEM 1999). Demn de atenție, în acest sens, sunt, de exemplu, programe de transformare a pieței inițiate în Suedia (include achiziționarea, cotele de nivel, demonstrația, etc), programe diferite la nivel de guvern și utilitate în Olanda (acorduri voluntare, reduceri de taxe, rabaturi, etc), programe de întrerupere a iluminatului inițiat în 1998 și ce se derulează prin Încrederea de Economisire a Energiei (include informații, pregătire și rabaturi), și alte exemple.

Totuși, așa cum concluzionează studiul, "Statele Membre nu au întreprins încă inițiative semnificative", și, așa cum s-a menționat mai devreme, potențialul de economisire în Europa rămâne ridicat. De-a lungul liniilor de angajamente Kyoto⁶ (6 – reducerea cu 8% emisiilor de gaze pentru "casele verzi" EU în 2008-2012 față de nivelurile din 1990), apare necesitatea de a uni noile eforturi de completare și creștere a impactului Directivei referitoare la balasturi.

Pentru a atinge acel scop, Comisia a considerat sugestia făcută în studiul anterior SAVE (BRE 1994) pentru a stabili programul European. Comisia a dezvoltat că ideea în formarea Programului GreenLight din EU⁷ (7 – adresa de pagina WEB) a fost inspirată din Programul Green Light din US⁸ (8 – programul Green

Lights a început din 1991. În 1999, administrarea Green Lights a fost încorporată în Programul Clădiri Energie Stea – Energy Star Buildings)

Programul Green Light

Programul GreenLight a fost oficial lansat în 7 februarie 2000. Este un program voluntar ce previne poluarea, ce vine în sprijinul consumatorilor de electricitate nerezidențiali (publici sau privați), ca Parteneri, economisește banii și reduce poluarea prin creșterea eficacității energetice a iluminatului. Baza programului este un Formular de Înregistrare, semnat de Partener și Comisie, în care Partenerul se angajează la:

Pentru spațiile existente: îmbunătățirea a cel puțin 50% din spațiile deținute sau închiriate pe termen lung unde dobânda adusă de investiție depășește dobânda adusă de capital (sau 20% din dobânda internă – IIR – Internal Rate of Return) sau să reducă consumul total de energie datorat iluminatului cu cel puțin 30%.

Pentru noile spații: alegerea noilor instalații astfel încât să nu existe nici o altă instalație care să:

1. Mențină sau îmbunătățească calitatea iluminatului realizat de instalația aleasă;
2. Consume mai puțină electricitate
3. Reprezintă un cost suplimentar astfel ca dobânda pe investiției să depășească dobânda adusă de capital.

În plus, Partenerul va⁹ (9 – pentru mai multe detalii, vezi Formele de Înregistrare în situl web Green Light):

- Completa îmbunătățirea aderării la program în decurs de 5 ani
- Trimite un raport de progresare în fiecare an
- Stabili un Manager al Societății responsabil cu asigurarea execuției programului.

Comisia nu asigură fonduri actuale pentru îmbunătățirea iluminatului (prin definiție, economiile plătesc îmbunătățirile), dar aceasta asigură suport Partenerilor sub forma resurselor de informații și recunoaștere publică.

Prospecte de încurajare pentru GreenLight

În USA, Programul GreenLight este deseori considerat ca un standard al inițiativelor voluntare de prevenire a poluării. În conformitate cu EPA, acesta a transformat modul de luare a deciziilor de către organizații privind investițiile iluminatului eficient. Aceste decizii au avut prioritate scăzută, nu au beneficiat de informații și analize și nu sunt remarcate într-o organizație. Un element important al succesului GreenLights a fost ca nivelul deciziei asupra eficienței în clădiri să aparțină structurii de conducere a întreprinderii. Partenerii în GreenLights au învățat să considere o prioritate îmbunătățirea profitabilă a iluminatului, să ia deciziile pe baza informațiilor la zi și analizelor corespunzătoare și să-și facă cunoscute realizările atât în interior cât și în afara organizației.

În ceea ce privește rezultatele, EPA afirmă că în USA Green Light a generat reduceri de energie de 7 TWh până în 1997 (EPA 1998). După Hoffman (1998), în 1996 au fost îmbunătățiți de către partenerii Green Light mai mult de 158 de milioane de metri pătrați. DeCanio (1998) a realizat o analiză statistică utilizând baza de date a tuturor îmbunătățirilor iluminatului realizate în cadrul GreenLights între ianuarie 1991 și ianuarie 1995. Acesta a observat că "excluzând extremitățile și observațiile inconsistente, valoarea medie a amortizării a 3673 de proiecte raportate la EPA la începutul lui 1995 a fost de trei ani. IRR (Internal Rate of Return) a 3394 de proiecte în aceeași perioadă a avut o medie de 44,7% cu o deviație standard de 33,9 % și o mediană de 36%.

În Europa, tipul de concept Green Lights (de exemplu, aranjamente manageriale de vârf) a fost aplicat în cadrul programelor de eficiență energetică ce tratează mai mult decât iluminatul. Acesta s-a întâmplat în Suedia cu programul direcționat spre industrie EKO-Energy și în Marea Britanie cu campania "Making a Corporate Commitment" (IAEFL 1999). Ambele au avut un impact semnificativ în conformitate

cu organizatorii acestora.

Pentru a vedea ce reduceri de energie poate genera acest concept în Europa, Comisia Europeană a investit în două studii SAVE menționate anterior care au clasificat și cuantificat utilizarea iluminatului comercial (NOVEM 1999) (DEFU 1999). Cu toate că unul dintre studii este încă în derulare, impresia curentă este că Green Light EU are o probabilitate ridicată de succes.

Un studiu recent de piață întreprins de Centrul de Cercetare¹⁰ (*10 – misiunea Centrului de Cercetare – JRC – este de a asigura consumatorului un suport de îndrumare științifică și tehnică pentru conceperea, dezvoltarea, implementarea și monitorizarea politicilor Uniunii Europene. Ca un serviciu al Comisiei Europene, JRC funcționează ca un centru de știință și tehnologie pentru Uniune. Apropiat de procesul de elaborare al politicilor, el servește interesului comun al Statelor Membre, fiind independent de interese speciale, private sau naționale*) a arătat că atitudinile către aderarea la program au fost în general favorabile. În acest studiu de piață, un total de 43 de organizații publice și private au fost contactate: 6 în Danemarca, 12 în Franța, 15 în Italia și 10 în Spania. Acestea au fost companii mari cu un număr mediu de angajați de 3000. În fiecare țară, s-au luat în considerare următoarele sectoare: birouri, vânzare cu amănuntul, educație, spitale, hoteluri, industrie, transport, recreere/sport. Rezultatele au fost prezentate într-o publicație anterioară (Berrutto și alții 1999a). Pe scurt, ei au prezentat mai întâi că toate companiile fără excepție au fost de acord că o investiție de economisire a energiei poate fi profitabilă și că 3/4 dintre intervievați, indiferent de sectorul de care aparțin (public sau privat), au răspuns pozitiv când au fost întrebați dacă Green Light a făcut parte din strategia lor de comunicare.

Deși cei mai mulți dintre intervievați au spus că ei preferă să utilizeze tipul de amortizare ca parametru de investiție (criteriu mediu: 3 ani), mai mulți de 80% dintre ei au fost de acord cu definirea profitabilității menționate în Green Light. Mai mult, o mare majoritate din fiecare

țară, reprezentând 3/4 din cei intervievați, au spus că va fi posibilă stabilirea unui Director de Implementare a Green Light precum și a unui Director de Comunicare și alocarea unei persoane pe an pentru fiecare 500.000 m² de facilități de spațiu. Aceeași mare majoritate de persoane nu au observat nici o problemă în raportarea rezultatelor Comisiei. Cel puțin jumătate din persoanele interviuate în fiecare țară au considerat suficientă perioada de 5 ani pentru realizarea îmbunătățirii profitabile.

Situația a fost mai controversată când s-au analizat problemele financiare. O majoritate restrânsă a intervievaților din Franța și Spania au considerat că investiția inițială de 5-20 Euro/m² poate fi realizabilă. Totuși, tendința a fost inversă pentru Danemarca și în mod clar negativă în Italia, unde 3/4 au refuzat o astfel de angajare financiară. Aceasta nu este o surpriză având în vedere că lipsa capitalului și inabilitatea obținerii finanțării pentru proiecte sunt bariere bine cunoscute în fața investițiilor de eficiență energetică. Aceasta arată necesitatea descrierii posibilității depășirii acestor bariere utilizând diferite strategii de finanțare. În particular, trebuie explicat rolul companiilor de service energetice (ESCO). Cu excepția Spaniei, în fiecare țară majoritatea nu cunoștea ce înseamnă ESCO și ce tip de servicii poate oferi. De fapt, informarea, pregătirea și programele software par a fi cele mai importante suporturi necesare în toate țările, cu excepția Danemarcei. De asemenea e nevoie de garanție și demonstrație.

În final, când companiile interviuate au fost întrebată asupra tipului de Promotor al Green Light-ului la care ar fi cei mai receptivi, prima alegere s-a îndreptat către agențiile energetice. Acest lucru a fost aflat de către Agențiile naționale de energie care au manifestat un interes mai mare pentru program și au decis formarea unei rețele de promotori europeni ai Green Light-ului descrisă în continuare.

Rețeaua puternică a promotorilor europeni Green Light

Promotorii Green Light au scopul de a urmări executarea programului în Statele Membre UE, în special în:

- Adaptarea programului la situația pieței și la

preferințele consumatorilor în fiecare țară. Se iau în considerare programele naționale de iluminat care se află în derulare, realizate de organizații naționale sau locale. Se va evita conflictul sau competiția cu programe similare. Dacă există un program în derulare se va semna un acord cu promotorul acelui program.

- Promovarea agresivă a programului cu scopul de a înrola un număr mare de companii.
- Finanțarea programului împreună cu Comisia Europeană. Resursele trebuie să fie suficiente pentru realizarea și suportul financiar al unei structuri de câteva persoane.
- Monitorizarea progresului Green Light în țara lor.
- Realizarea unui program extensiv care să ajute la promovarea Green Light.
- Adaptarea și răspândirea suportului tehnic pentru partenerii Green Light.

Până acum, organizații din 14 țări¹¹ (11 – *enumerarea țărilor și agențiilor*) s-au implicat în februarie 2000 într-un proiect pilot de demarare având scopul să-i ajute în începerea activității Green Light. Acest proiect are rolul de a:

- Demonstra beneficiile îmbunătățirii și conceptul de Green Light
- Demonstra abilitatea agențiilor energetice de a promova Green Light
- Realiza o rețea de centre naționale de informare privind iluminatul eficient energetic.

Acest proiect pilot are o durată totală de 23 de luni și este împărțit în 6 sarcini:

- Particularizarea și răspândirea suportului de informații Green Light prin internet
- Implicarea companiilor strategice pilot în diferite domenii de afaceri (public/privat, birouri, școli, spitale, hoteluri etc)
- Audit, recomandări, pre-monitorizare în 3 – 5 studii de caz în fiecare țară
- Reproiectarea iluminatului și concesionarea acestor clădiri
- Post-monitorizarea pentru a asigura o

demonstrație relevantă a beneficiilor

- Comunicarea intensivă cu partenerii potențiali ai Green Light.

În afara consolidării Green Light, aceste proiecte preliminare oferă oportunitate unică de a realiza o rețea puternică de centre de informare în iluminat eficient energetic. Această rețea va funcționa la început în scopul realizării celor 6 sarcini, programată pentru februarie 2000 – iulie 2000. În această perioadă, agențiile energetice vor traduce în limba lor informațiile Green Light primite din partea Comisiei. În plus, ei vor pune la dispoziție informații specifice țării respective necesare partenerilor Green Light (de exemplu, cataloage de adrese, legislație).

Aceste materiale vor fi concentrate în baze de date JRC accesibile prin pagini web în multe limbi. Rezultatul va fi un site cuprinzător de informare asupra iluminatului eficient energetic.

O rețea de informare

Informațiile furnizate în cadrul proiectului Green Light au fost definite având în vedere Partenerii viitori. Acestea constituie o caracteristică esențială a proiectului Green Light și se adaugă recunoașterii publice a partenerilor pentru contribuția în protecția mediului. Acest suport a fost subliniat în funcție de tipul întrebărilor pe care Partenerii Green Light și l-ar adresa lor înșiși.

Termenul de Partener Green Light definește persoane diferite din cadrul companiei, fiecare având o pregătire și necesități specifice. Se poate face o distincție dacă aceste persoane sunt mai implicate în sarcinile financiare și de planificare sau în cele tehnice. Se disting două tipuri de informații: pentru "personalul de planificare" și pentru "personalul tehnic". Aceste două tipuri de informații sunt prezentate ulterior. Acestea au fost controlate încrucișat cu rezultatele studiului de piață Green Light și cu ceea ce oferă EPA pentru Partenerii Green Lights din US. Deși transpunerea din SUA în Europa nu este deschisă, este interesant ca suportul EPA să fie studiat deoarece proiectul SUA a fost în mod continuu remaniat de la începerea lui din 1991 pentru a lua în considerare remarcile și sugestiile ce au provenit de la 1600 de participanți. În acest

sens, se realizează o estimare corectă a cererilor partenerilor.

Informarea pentru personalul de planificare:

Această informare este îndreptată către personalul din companie care vor conduce aspectele financiare, organizaționale și comunicative ale proiectului, ex: cei ce iau deciziile, directorii financiar și de comunicare etc. Sarcina acestora este esențială pentru a realiza dezvoltarea proiectului la scara întregii companii. Deseori, aceștia au cunoștințe limitate în domeniul iluminatului. Câteodată, nu pot fi familiari cu proiectele de management energetic, în general. Ei pot întreba care program este și cum îl pot ei implementa în compania lor. Acesta este motivul pentru care site-ul web conține explicații în această topică, incluzând prezentări actualizate cu rezultate, povestiri de succes și ghiduri de implementare.

Foarte probabil, companiile se vor întreba cum să finanțeze un astfel de program. Ele nu se gândesc întotdeauna la toate opțiunile de finanțare din care să aleagă pe cea pentru îmbunătățirea iluminatului. De asemenea, ele nu pot fi întotdeauna informate de toate resursele financiare de care beneficiază. Un ghid va rezuma toate acestea. Opțiunile financiare vor fi descrise într-o bază generală. Totuși, lista resurselor va fi realizată pentru fiecare țară de către Promotorii Naționali.

Companiile se întreabă, de asemenea, de ce și cum pot optimiza întreținerea iluminatului și pierderea deșeurilor. Aceste acțiuni pot aduce reduceri semnificative de bani și energie dacă sunt planificate cu grijă la scara întregii companii. Aceasta va fi rezumată într-un ghid derivat dintr-unul existent și, în măsura în care recuperarea deșeurilor este dorită (prevăzută), poate fi coompletat la nivelul țării printr-o descriere adusă la zi a legislației relevante.

La companiile care se întreabă pe cine trebuie să contacteze pentru a treia investiție, înlocuirea lămpilor, îmbunătățirea iluminatului etc., când ele nu dețin expertiză, fiecare companie va păstra o listă a contractelor relevante.

Informare pentru personalul tehnic:

Această informare se va îndrepta către personalul din interiorul (sau exteriorul) companiei care ne va spune care și cum pot fi îmbunătățite instalațiile. Cunoștințele sale în iluminat sunt foarte variabile. Câteva din aceste persoane pot fi considerate ca proiectanți de iluminat în timp ce alții sunt mult mai activi în alte domenii, de ex. HVAC (încălzire, ventilare, climatizare și automatizare) și cunosc foarte puține despre iluminat. Această informare de referință se va adapta faptului că personalul tehnic deține pregătiri de bază diferite. Se ia în considerare și faptul că ei caută informații despre tehnologii specifice sau continuă o aplicație, căutând de ex. recomandări în iluminatul pentru birouri, săli de sport, spații comerciale etc. De aceea, vor exista tehnologie orientată și aplicație orientată. Va servi ca referință de informare ce asigură suportul principalelor întrebări al personalului tehnic: cum pot să văd dacă o instalație dată poate fi îmbunătățită? Ce fel de îmbunătățire pot aplica?

Un răspuns specific obișnuit va fi dat la aceste două întrebări. Acesta va fi dat cu ajutorul unui ghid care prezintă personalului tehnic (1) cum să îndeplinească un iluminat în conformitate cu facilitățile acestuia înainte și după reproiectare, considerând aspectele energetice și umane; și (2) cum să aleagă opțiunile de îmbunătățire. Acest ghid va fi completat de un software ce calculează profitabilitatea opțiunilor de îmbunătățire. Software-ul va fi simplu de păstrat. Experiența de la EPA a arătat că principala provocare este de a obține organizații de parteneriat pentru a executa pașii de bază programați în timp. Focalizarea pe procedurile simple pentru a obține toți pașii cheie a fost găsită ca fiind mult mai importantă decât elaborarea sistemelor de suport a deciziei.

Un astfel de ghid va fi completat de o bază de date. Va fi încă deschis dacă vreun laborator independent dorește să-l verifice. Resursele financiare necesare pentru aceasta nu trebuie să fie prea mari dacă s-a planificat deja în Europa un program de testare a performanței. În acest caz, efortul financiar de la CE pentru a verifica baza de date Green Light va fi limitat cu o co-sponsorizare a acestui program.

Pentru a evita căile incorecte și neomogene de colectare și raportare a rezultatelor de economisire a energiei, este indicat să se definească câteva proceduri standard pentru măsurarea acestora. Importanța acestei cerințe nu este numai pentru colectarea corectă a datelor la nivel de țară și UE, dar și pentru asigurarea specificațiilor contractuale și garanțiilor pentru toate părțile implicate în acțiunile de reproiectare a iluminatului. Acesta este motivul pentru care se va face referire Protocolul Internațional de Evaluare și Verificare a Performanței (IPMVP) - (DOE 1997), unde sunt definite patru opțiuni de evaluare și verificare pentru diferite măsuri de reproiectare eficienței energetice, incluzând și reproiectarea iluminatului. Atâta timp cât acțiunile de îmbunătățire pot varia considerabil în mărime, cost și importanță, și acuratețea M&V (Evaluare&Verificare) poate varia corespunzător și, ca urmare, necesitatea de definire a diferitelor opțiuni. Părțile implicate vor fi libere să aleagă soluția ce se potrivește cel mai bine tipului de contract de performanță, valorilor și riscurilor. JRC și agențiile naționale vor verifica aceste soluții pentru viabilitate generală.

Colaborarea cu țările aderente

Așa cum a fost prezentat într-un articol anterior (Berrutto și alții 1999b), programul Green Light reprezintă cadrul optim pentru o rețea fructuoasă între UE și organizațiile din țările aderente, asigură ca aceste organizații, la fel ca și partenerii lor europeni, să aibă experiență, independență, posibilitatea spre eficiență energetică și un posibil rol instituțional în țările lor.

Aceste țări s-ar putea să nu dorească să dezvolte o schemă Green Light în termen scurt, dar totuși pot fi interesate în răspândirea informațiilor generale despre iluminatul eficient energetic. În acest caz, ele sunt bine venite să utilizeze și să completeze baza de date Green Light împreună cu 14 organizații europene deja cooptate. O astfel de inițiativă cu cost scăzut ar rezulta într-o colaborare de durată și reciproc avantajoasă, facilitând transferul de cunoștințe și experiență.

Concluzii

În pofida activităților de iluminat eficient energetic impulsionate de către Comisie și anumite Statele Membre în sectorul ne-rezidențial, potențialul de economisire a energiei este încă ridicat. Pentru a reacționa, Comisia a lansat în 7 februarie 2000 un program promițător european Green Light cu scopul de realizarea a economiilor și de

consolidare a activităților în derulare, transformând modul de luare a deciziilor de către organizații cu privire la eficiența în clădiri.

Un studiu pilot SAVE este în derulare pentru a forma o rețea activă de Promotori Green Light în 14 țări europene. Această rețea puternică stabilește programul de atragere a unor importanți Parteneri Green Light.

REDUCEREA NIVELULUI DE ILUMINARE NATURALĂ DIN BIROURI DATORITĂ OBSTRUCȚIILOR – FACTORI DE INFLUENȚĂ

Dorin BEU, Florin POP

UTCN - Universitatea Tehnică din Cluj Napoca

Rezumat

La fel ca și în cazul iluminatului electric [3] s-a confirmat că dimensiunile și densitatea obstrucțiilor sunt unii din factorii majori care influențează pierderile datorate obstrucțiilor în încăperile iluminate natural. În plus apar ca factori majori și reflectanța obstrucțiilor. În cazul cerului acoperit, reducerea iluminării este identică cu reducerea factorului de lumină naturală.

Din rezultatele campaniei de simulări, domeniul în care se situează pierderile datorate obstrucțiilor este următorul:

- birouri cu echipament uzual de birotică (ex. monitoare, etajere hârtii, dulapuri joase): între 10 și 25%.
- birouri cu multe suprafețe verticale înalte (ex. pereți despărțitori - partiții, dulapuri înalte): până la 40%.

Factorii minori de influență sunt: a) dimensiunile ferestrelor (influențe importante doar în cazul în care aria raportată a ferestrelor scade sub 0,2); b) amplasarea ferestrelor pe laturi adiacente; c) utilizarea iluminatului electric are influențe doar în cazul în care nivelul de iluminare naturală este scăzut; d) orientarea obstrucțiilor - orientarea partițiilor de la paralel la perpendicular pe planul ferestrelor reduce pierderile datorate obstrucțiilor.

1 Introducere

Parametrii avuți în vedere la realizarea simulărilor cu ajutorul programului Lumen-Micro [6] au fost: tipul obstrucțiilor standard ușoare, medii și mari; tipul cerului: senin, parțial acoperit și acoperit; orientarea ferestrelor: nord, sud, est și vest; ora: 8, 10, 12, 14 și 16 pe data de 15 a lunilor ianuarie, aprilie, iulie, octombrie; prezența sau absența iluminatului electric; orientarea obstrucțiilor în

raport cu fereastra; densitatea și reflectanța obstrucțiilor; transmitanța ferestrelor; dimensiunile ferestrelor; amplasarea ferestrelor pe o latură sau pe două laturi adiacente.

2 Interpretarea rezultatelor

Influența perioadei din an și a tipului obstrucțiilor. Din compararea rezultatelor rezultă că reducerea nivelului de iluminare pentru cer acoperit este independentă de perioada anului, având valori medii de 32,81% în cazul obstrucțiilor mari, 27,37% pentru obstrucții medii și 12,3% pentru obstrucții mici. Dimineața, în cazul cerului parțial acoperit sau senin, reducerea nivelului de iluminare nu este influențată semnificativ de perioada anului pentru orientări nordice sau vestice ale ferestrei (o posibilă explicație este lipsa iluminării solare directe dimineața, pentru ferestrele cu această orientare). Fluctuațiile cele mai mari ale reducerii nivelului de iluminare la ora 10 apar în cazul ferestrelor cu orientare sudică și estică, cu un maxim iarna.

Un aspect important constă în evidențierea faptului că în multe încăperi nivelul de iluminare scade datorită obstrucțiilor sub pragul minim de acceptare indicat de Begemann [1] și care este situat în jur de 900 lx, fiind astfel un mijloc de a explica motivul pentru care sistemele de iluminat electric rămân în funcțiune. Spre exemplificare, pe data de 15 ianuarie ora 10, cu excepția orientării sudice sau estice a ferestrei, nivelul de iluminare scade sub valoarea de 900 lx în cazul obstrucțiilor mari, de unde se poate concluziona că iluminatul electric rămâne în funcțiune.

Valorile mai mici ale *Pierderile Datorate Obstrucțiilor* - PDO, în cazul utilizării și iluminatului electric, apar în cazul în care nivelul iluminării naturale este scăzut. Oricum rezultă o

scădere a acestor pierderi în cazul utilizării iluminatului electric.

În figurile 1, 2, 3 și 4 este prezentată evoluția pierderilor datorate obstrucțiilor standard mari de-a lungul zilei (între orele 8 și 16) pentru 15 ianuarie, aprilie, iulie și octombrie. Din aceste grafice se observă că pentru cer acoperit pierderile sunt constante, dar în cazul cerului senin avem fluctuațiile cele mai mari. Se poate observa de asemenea că indiferent de tipul cerului, PDO sunt minime în jurul orei 10 sau 12, când înălțimea aparentă a soarelui este aproape maxim. De aici rezultă o relație de dependență între înălțimea aparentă și PDO în cazul ferestrelor sudice și vestice. Pentru ferestrele nordice, fluctuațiile diurne în cazul cerului senin și parțial acoperit sunt minore. Forma graficelor diferă mult în funcție de perioada din an. În unele perioade, pentru ferestre sudice la ora 8 avem cele mai mari PDO iar în alte perioade avem cele mai mici PDO. De exemplu, cele mai mari pierderi pentru cer senin apar pe 15 ianuarie ora 8 pentru orientări sudice și estice ale ferestrelor, iar în restul lunilor avem cele mai mici PDO la ora 8 pentru aceleași orientări.

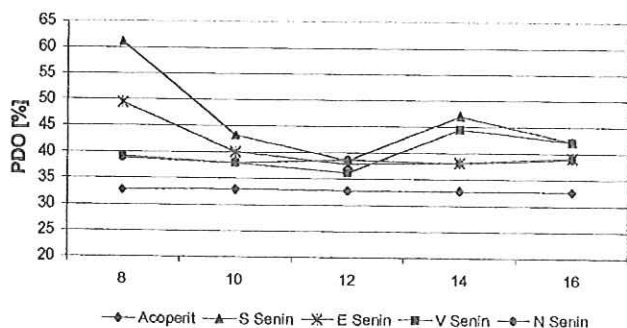


Fig. 1 Pierderilor datorate obstrucțiilor de la ora 8 la 16 pe data de 15 ianuarie

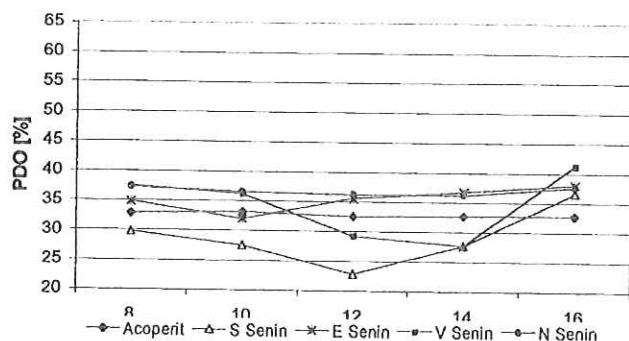


Fig. 2 Pierderilor datorate obstrucțiilor de la ora 8 la 16 pe data de 15 aprilie

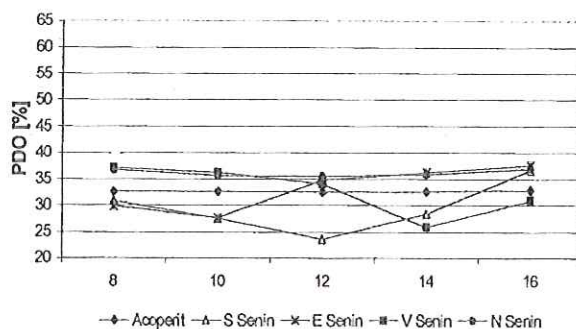


Fig. 3 Pierderilor datorate obstrucțiilor de la ora 8 la 16 pe data de 15 iulie

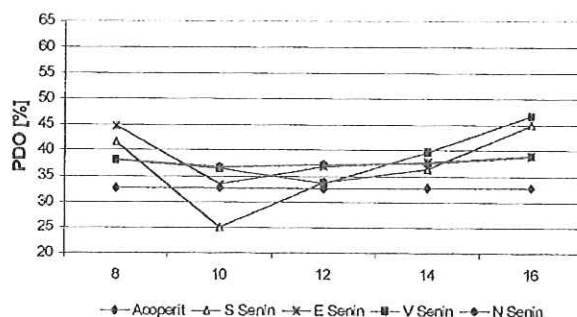


Fig. 4 Pierderilor datorate obstrucțiilor de la ora 8 la 16 pe data de 15 octombrie

Cele patru grafice anterioare au forme destul de diferite, ceea ce face dificilă găsirea unor concluzii general valabile. Singurele aspecte comune sunt forma constantă a PDO pentru cer acoperit și pentru fereastră nordică. Fluctuațiile cele mai mari apar pentru ferestrele sudice în cazul cerului senin. De asemenea, rezultă că primăvara și vara avem cele mai mici PDO, iar iarna și toamna PDO cele mai mari, vârful fiind atins în cazul ferestrelor sudice. În cazul cerului acoperit, PDO sunt întotdeauna sub valorile corespunzătoare unei ferestre nordice, cu cer senin sau parțial acoperit. În ciuda volumului mare de date obținut prin simulări, pentru determinarea unor relații cu bază statistică ar fi necesară continuarea simulărilor pentru fiecare lună a anului.

Influență orientării obstrucțiilor în raport cu fereastra. Conform simulărilor, rezultă că în cazul rotirii obstrucțiilor cu 90° apar variații ale PDO, determinate de poziția obstrucțiilor în raport cu fereastra. În cazul iluminatului electric s-a introdus conceptul de Raport al Suprafețelor Verticale – RSV [3]. Acesta exprimă densitatea obstrucțiilor situate deasupra planului de lucru prin raportul dintre aria suprafețelor verticale situate deasupra planului de lucru și aria pardoselii. În acest sens s-a propus descompunerea RSV în raportul suprafețelor

verticale paralele $RSV_{\parallel}$ și perpendiculare $RSV_{\perp}$ pentru a determina relațiile de proporționalitate (Notă : $RSV_{\parallel} + RSV_{\perp} = RSV$). În tabelul 1 este prezentată descom-punerea ariei suprafețelor perpendiculare pentru fiecare element al obstrucțiilor.

Tabelul 1 Aria suprafețelor verticale a elementele obstrucțiilor standard situate deasupra planului de lucru ($\parallel$ - obstrucții standard cu partiții paralele cu peretele ferestrelor, $\perp$ - obstrucții standard cu partiții perpendiculare pe peretele ferestrelor)

Element	Lungime [m]	Lățime [m]	Înălțime [m]	Aria supraf. verticale $\parallel$ [m ²]	Aria supraf. verticale $\perp$ [m ²]	Aria totală [m ²]
Fișet	0,64	0,48	1,35	0,768	0,576	1,344
Partiție	1,5	0,025	1,75	3,000	0,050	3,050
Terminal	0,4	0,4	0,4	0,32	0,32	0,64
Persoană						
- cap	0,1	0,2	0,21	0,042	0,084	0,126
- corp	0,1	0,5	0,34	0,068	0,340	0,408

Conform tabelului precedent rezultă că pentru o obstrucție standard mare, aria suprafețelor verticale paralele situate deasupra planului de lucru este $A_{\parallel} = 4,198\text{m}^2$, iar a celor perpendiculare $A_{\perp} = 1,370\text{m}^2$. Pentru cei 54m^2 și pentru 6 obstrucții standard rezultă că $RSV_{\parallel} = 0,466$ și $RSV_{\perp} = 0,152$, iar $RSV = 0,618$. La rotirea obstrucțiilor cu 90° valorile $RSV_{\parallel}$ și $RSV_{\perp}$ se inversează, iar RSV rămâne constant, iar PDO scade în medie cu 3,6% pentru cer acoperit și obstrucții mari și cu 4% pentru cer parțial acoperit și obstrucții mari. În această parte s-au utilizat și datele obținute prin modificare densității obstrucțiilor (densitate care poate fi exprimată și prin RSV). În aceste condiții tabelele cu rezultate pentru cer acoperit pot fi interpretate în funcție de $RSV_{\parallel}$, $RSV_{\perp}$ și RSV

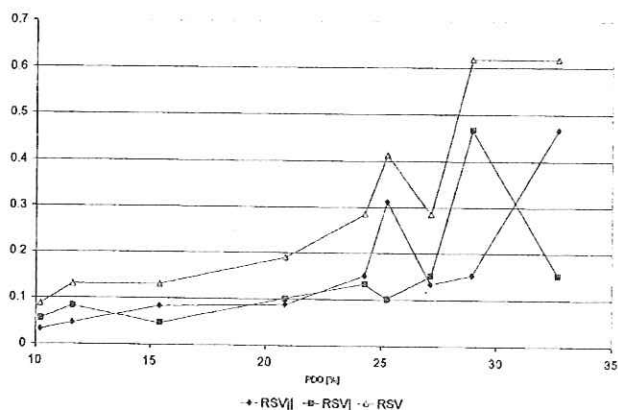


Fig. 5 Variația pierderilor datorate obstrucțiilor funcție de $RSV_{\parallel}$, $RSV_{\perp}$ și RSV (pentru cer acoperit)

Din figura 5 se observă că suntem departe de variația liniară a graficului PDO/ RSV întâlnită în cazul iluminatului electric. Totuși există o relație de proporționalitate între RSV și PDO, în special în cazul obstrucțiilor mici și medii, dar care nu se aplică cu ușurință în cazul obstrucțiilor mari (prezența pereților despărțitori). Din aceste motive, teoria valabilă în iluminatul electric [5] se poate aplica iluminatului natural doar cu anumite precauții. În ciuda acestor probleme, simulările au dovedit că o reducere a densității obstrucțiilor conduce la scăderea PDO, iar orientarea partițiilor de la paralel la perpendicular pe planul ferestrelor reduce PDO. Pierderile datorate obstrucțiilor – PDO – reprezintă procentual reducerea iluminării medii pe planul de lucru datorită obstrucțiilor:

$$PDO = \frac{E_{med} - E_{med\ obst}}{E_{med}} \quad (1)$$

unde E_{med} reprezintă iluminarea medie pe planul de lucru în cazul încăperii goale, iar $E_{med\ obst}$ - iluminarea medie pe planul de lucru în cazul încăperii cu obstrucții. În același timp, factorul de lumină naturală în cazul cerului acoperit este raportul dintre iluminarea medie de pe planul de lucru din încăperea și iluminarea medie exterioară:

$$df = \frac{E_{med}}{E_{ext}} \quad (2)$$

unde E_{ext} este iluminarea exterioară.

Combinând relațiile (1) și (2):

$$PDO = \frac{E_{med} - E_{med\ obst}}{E_{med}} = \frac{\frac{E_{med}}{E_{ext}} - \frac{E_{med\ obst}}{E_{ext}}}{\frac{E_{med}}{E_{ext}}} = \frac{df - df_{obst}}{df}$$

rezultă că PDO exprimă procentual reducerea factorului de lumină naturală pentru cer acoperit (df_{obst} factorul de lumină naturală pentru încăperea cu obstrucții).

Influența poziționării ferestrelor pe laturi adiacente. S-a observat o reducere nesemnificativă a PDO pentru cer acoperit (reducere cu 2,5% în cazul obstrucțiilor mari și o mărire cu 1% în cazul obstrucțiilor mici). Bineînțeles că valorile iluminărilor medii au crescut (pe data de 15 aprilie ora 10, iluminarea a crescut de la 1570 lx la 2510 lx), ceea ce e în conformitate cu relația factorului de lumină naturală (mărirea suprafeței vitrate W), dar pierderile datorate obstrucțiilor au rămas apropiate.

Influența transmitanței. În urma modificării transmitanței în intervalul $0,2 \div 0,9$ a rezultat că

PDO rămân constante indiferent de valoarea transmitanței. Din nou, valoarea iluminării medii este direct proporțională cu transmitanța, în conformitate cu relația factorului de lumină naturală. Iluminarea medie pentru 15 iulie ora 14, crește de la 423 lx, pentru o transmitanță de 0,2, la 1900 lx pentru o transmitanță de 0,9.

Influența modificării dimensiunilor ferestrelor (transmitanța rămâne constantă). Din figura 6 rezultă că dimensiunile ferestrei nu au nici un efect asupra PDO în cazul obstrucțiilor mici, dar în cazul obstrucțiilor medii și mari se observă o creștere a PDO cu scăderea ariei ferestrelor sub jumătatea din aria peretelui; această creștere poate să ajungă până la 45% în cazul obstrucțiilor mari. Pentru o mai bună înțelegere a graficului din figura 6, s-a înlocuit aria ferestrelor cu aria raportată a ferestrelor, care reprezintă raportul dintre aria ferestrelor și aria peretelui. Se observă un punct de inflexiune în jurul valorii de 0,5. De aici rezultă o concluzie importantă în ceea ce privește proiectarea ferestrelor și anume că dimensiunile ferestrei nu influențează doar factorul de lumină naturală ci și pierderile datorate obstrucțiilor. De exemplu, în cazul ferestrelor mici a căror arie raportată este în jur de 10%, pierderile datorate obstrucțiilor pot să crească cu 50% față de cazul ferestrelor mari, iar valoarea PDO în cazul obstrucțiilor mari ajung până la 45%. Aceasta înseamnă că factorul de lumină naturală real, în cazul obstrucțiilor mari, poate să scadă cu 45% față de o încăpere goală, fără obstrucții.

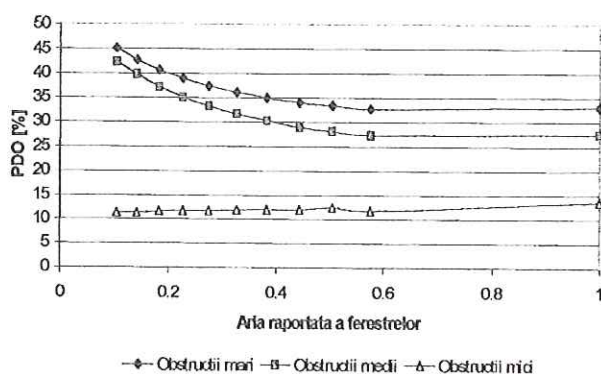


Fig. 6 Variația pierderilor datorate obstrucțiilor, funcție de aria raportată a ferestrelor (pentru cer acoperit)

Influența reflectanței obstrucțiilor. A fost simulat efectul măririi reflectanței de la 0,1 până la 0,9, pentru cazul obstrucțiilor standard mari, medii și mici.

Conform simulărilor rezultă clar o relație de proporționalitate între reflectanța obstrucțiilor și reducerea nivelului de iluminare datorită obstrucțiilor - figura 7. În cazul unei valori a reflectanței de 0,1 (mobiliu negru mat) avem nivelul cel mai ridicat al pierderilor, de 38,34% iar în cazul reflectanței de 0,9 (mobiliu alb) avem nivelul cel mai scăzut de 19,34 (50% din valoarea pentru $\rho = 0,1$). De aici rezultă că reflectanța este un parametru important care influențează PDO. Pentru obstrucții standard mici, în cazul reflectanței de 0,9, reducerea nivelului de iluminare este neînsemnată.

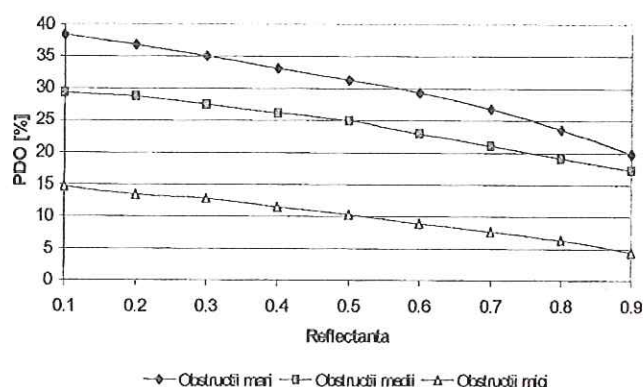


Fig. 7 Variația pierderilor datorate obstrucțiilor, funcție de reflectanță (pentru cer acoperit)

3 Controlul iluminatului

În mod normal, prima persoană care intră dimineața într-o încăpere va decide dacă va conecta sau nu iluminatul artificial, în funcție de nivelul iluminatului natural. În cazul în care 'se conectează', este foarte probabil că se conectează toate corpurile de iluminat și așa vor rămâne până când ultima persoană va pleca acasă. Aceste observații sunt baza unui model de conectare manuală realizat de Building Research Establishment, prezentat în figura 8 - [4]. De exemplu, pentru o încăpere cu un factor mediu de lumină naturală de 2,5%, probabilitatea ca sistemul de iluminat artificial să fie conectat la 8 dimineața este de 67% (linie continuă în figura 8). Aceasta înseamnă că în 67% din zilele lucrătoare iluminatul artificial va fi conectat și sunt mari șanse să rămână așa până la sfârșitul programului. Interesul cercetătorilor a fost de a descoperi căi de economisirea energiei electrice prin combaterea efectelor inerției umane.

O posibilă explicație pentru continuarea utilizării iluminatului electric este reducerea factorului mediu de iluminare naturală, determinat de reducerea nivelului mediu de iluminare din încăperea datorită obstrucțiilor (în cazul cerului acoperit). De exemplu, în cazul încăperii studiate factorul mediu de iluminare naturală scade de la 9,2% pentru încăperea goală, la 6,2% (linie întreruptă în figura 8) pentru încăperea cu obstrucții mari, ceea ce înseamnă creșterea probabilității de conectare a sistemului de iluminat artificial.

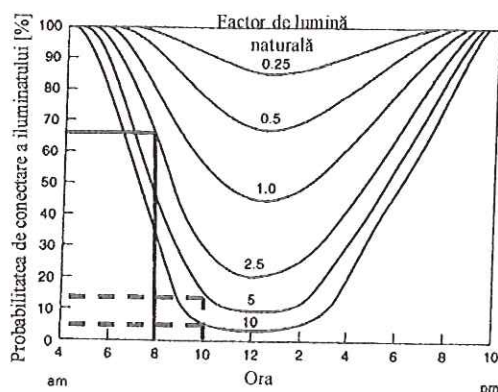


Fig. 8 Probabilitatea de conectare manuală a iluminatului la un anumit moment al zilei, funcție de factorul de lumină naturală mediu – [4]

4 Concluzii

La fel ca și în cazul iluminatului electric, s-a confirmat că unii din factorii majori care influențează PDO în cazul sistemelor de iluminat natural sunt dimensiunile și densitatea obstrucțiilor. Dacă în cazul cerului acoperit, valorile PDO sunt independente de oră, lună și orientarea ferestrelor, pentru cer senin și parțial acoperit avem fluctuații mari de-a lungul zilei și în funcție de acești parametri. De data aceasta, reflectanța obstrucțiilor apare și ea ca un factor major.

În cazul iluminatului natural, PDO exprimă și reducerea factorului de lumină naturală, în cazul cerului acoperit. Spre deosebire de iluminatul electric, nu s-a putut determina o formă general valabilă a graficului PDO/RSV și, în ciuda numărului mare de rezultate care formează o bază de date mare, nu s-a putut propune o formulă modificată a factorului de lumină naturală, *df*. La iluminatul natural suntem departe de variația liniară a graficului PDO/RSV întâlnită în cazul iluminatului electric. Totuși există o relație de proporționalitate între RSV și

PDO, în special în cazul obstrucțiilor mici și medii, dar care nu se mai aplică în cazul obstrucțiilor mari (prezența pereților despărțitori. În ciuda acestor probleme, simulările au dovedit că o reducere a densității obstrucțiilor conduce la scăderea PDO, iar orientarea partițiilor de la paralel la perpendicular pe planul ferestrelor reduce PDO.

Cercetările au găsit o posibilă explicație pentru continuarea utilizării iluminatului electric și anume reducerea factorului mediu de iluminare naturală, determinat de reducerea nivelului mediu de iluminare din încăperea datorită obstrucțiilor (în cazul cerului acoperit).

Cercetările în domeniul obstrucțiilor trebuie incluse în codurile sau recomandările de iluminat interior, datorită implicațiilor comerciale. O primă problemă o reprezintă cazul în care se verifică nivelul de iluminare într-o încăperea mobilată și când, datorită prezenței unor obstrucții mari, nivelul de iluminare măsurat poate să ajungă sub nivelul de iluminare minim recomandat, ceea ce creează o situație conflictuală între proiectant și beneficiar. Un alt caz îl reprezintă proiectanții avizați asupra problemei obstrucțiilor, dar care au nevoie de recomandări cuprinse în Codul de iluminat interior, pentru ca să-și justifice soluțiile alese și costurile legate de mărirea numărului de corpuri de iluminat.

O problemă avută în vedere este cea legată de mobilitatea mobilierului și echipamentului în interiorul birourilor. Poziția acestor obstrucții se schimbă des, ceea ce face ca proiectarea sistemelor de iluminat pornind de la mobilarea propusă inițial de arhitect să nu aibă relevanță în timp. În acest caz, utilizarea obstrucțiilor standard se dovedește a fi singura soluție pentru estimarea pierderilor datorate obstrucțiilor, fie prin metoda manuală propusă, fie prin utilizarea unor programe de calcul al sistemelor de iluminat (care pot lua în considerare și obstrucții).

BIBLIOGRAFIE

- [1]: Begemann, S.H., van den Beld, G.J., Tenner, A., Acceptance and preference of illuminance in offices, Proc. LuxEuropa 1997, p. 130-143, 1997.

- [2]: Beu, D., Pop, F., Studiu privind efectul obstrucțiilor asupra iluminatului natural din birouri, Revista Ingineria Iluminatului, nr. 1, p. 40-45, 1999.
- [3]: Carter, D.J., Leung, A.S.M., Lupton, M., A lighting design method for non-empty interior, 23rd Session of the CIE, p168-172, 1995
- [4]: Coaton, J.R., Marsden, A.M., Lamps and Lighting, Arnold and Contributors, London, 1997.
- [5]: Pop, F., Beu, D., Energy Efficient Office Lighting, International Illuminating Engineering Conference BALKAN LIGHT'99, Varna, p. 93-98, 1999
- [6]: ***, Lumen-Micro 7.5, URL: www.lighting-technologies.com/Lumen_Micro.htm

REDUCTION OF DAYLIGHT ILLUMINANCE DUE TO OBSTRUCTIONS – INFLUENCE FACTORS

Abstract

As in the case of electric lighting [3] it is confirmed that one of the major factors that influence the obstruction light losses for daylight interior are the dimensions and density of obstructions. Also the obstructions reflectance is one of the major factors. Illuminance reduction is identically, in the case of overcast sky, with daylight factor reduction.

From the simulation results, the range of obstruction light losses is the following:

- offices with usual equipment (VDTs, paper rack, small cabinets etc.) : between 10 and 25%.
- offices with many high vertical surfaces (partitions, high cabinets etc.): till 40%.

Minor factors of influence are: a) windows dimensions (just in the case when the ratio between window area and wall area is under 0.2 there are important influences); b) windows on both sides; c) use of electric lighting; influence only when daylight level is low; d) obstructions orientation – partition orientation from parallel to perpendicular to the windows area lead to small improvement of illuminance.



Dorin BEU, șef lucrări

E-mail: dorin_beu@mail.dntej.ro

Absolvent al secției Instalații pentru Construcții a UTCN. Stagii de perfecționare și cercetare în domeniul iluminatului la Universitatea din Liverpool, CSTB-Grenoble, Universitatea Tehnologică din Helsinki și Universitatea Politehnică din Catalonia. A realizat și coordonat numeroase proiecte de iluminat interior și architectural.



Florin POP, Profesor Dr.

E-mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro

Absolvent al Facultății de Electrotehnică Cluj. Vicepreședinte CNRI – Comitetul Național Român de Iluminat. Membru al ILE - Institution of Lighting Engineers, Rugby, Anglia. A participat la programe de cercetare și documentare la universități din Liverpool, Lyon, Berlin, Barcelona, Berkeley, Helsinki și Napoli. Conducător de doctorat în specialitatea Instalații pentru Construcții. Își desfășoară activitatea didactică și științifică în Instalații Electrice & Iluminat. Autor a numeroase lucrări la conferințe internaționale și cărți.

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Str. C. Daicoviciu nr. 15, RO-3400 Cluj-Napoca

HISTORY OF ROAD LIGHTING RESEARCH AS A GUIDE FOR FUTURE RESEARCH

Wout van BOMMEL
Philips Lighting

Introduction

In this paper we describe the more original research approaches of the past 80 years. We think that this "tour" through the past can learn us a lot, also as a tool for guidance of future road lighting research.

In chronological order, road-lighting research was aimed at:

- Visibility (1920 -)
- Visual comfort (1950 -)
- Analysis of accidents (1960 -)
- Analysis of driving task (1970 -)
- Personal security of residents and pedestrians (1980 -)
- Facilitating traffic flow (1990 -)

1. Visibility (1920 -)

In the early nineteen-twenties, Waldram, active so far in gas lighting, started research on the visibility of objects on lighted roads [1]. In those days, motorised traffic was still in its infancy and road lighting was usually provided by gas lanterns. On the basis of his research Waldram defined the "silhouette principle" of road lighting: most obstacles on lighted roads (fixed lighting) are seen as dark silhouettes against the bright road surface. This, in turn, has been the key to the development of the luminance concept of road lighting as still used today.

This type of visibility research led in 1965 to the first CIE Recommendations for Road Lighting [2]. It is interesting to note that by that time motorised traffic had changed tremendously, as had road lighting installations (speeds of more than 120 km/h and the first traffic jams were "in place", while gas discharge lighting was used instead of gaslights).

In 1979 [4,5], the author of this paper used Waldram's original concept of "revealing

power" to demonstrate the influence that the lighting parameters, luminance level (L_{av}), uniformity ($U_o = L_{min}/L_{av}$) and glare (threshold increment TI), have on the visibility of small objects. We calculated the visibility of a typical set of objects defined by the probability of the occurrence of a reflection factor of pedestrian clothing.

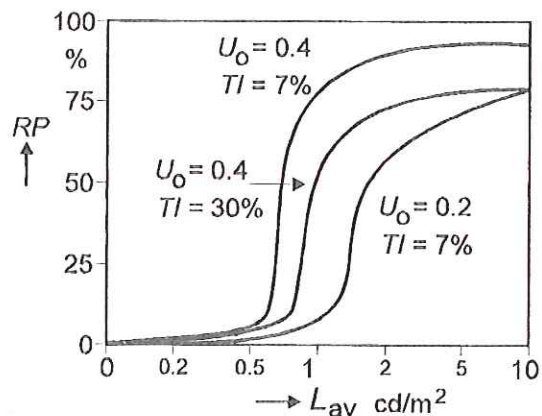


Fig. 1 Revealing power (RP) at the darkest location on the road as a function of the average road-surface luminance (L_{av}) for three different combinations of overall uniformity (U_o) and threshold increment (TI).

Fig. 1 gives the results. It can be seen that luminance levels between 1 and 2 cd/m^2 , uniformities of around $U_o = 0.4$ and TI values not much larger than 10 to 15 per cent should be considered there where visibility of small objects from a larger distance is important. In the sixties and seventies this was a relevant requirement, given the traffic density situation of those days. Today this requirement is not so relevant during periods of peak traffic. It does become relevant, however, immediately after the traffic peak when the roads surface is no longer "hidden" by all the vehicles, and when traffic speed again increases, making visibility at longer distances again important for safety.

Here we have a clear indication that today, flexible, adaptable road lighting is important.

2. Visual comfort (1950 -)

In the fifties and sixties, de Boer was one of the first researchers to add visual comfort to the pure visibility aspect of road lighting [3]. This was felt to be important in view of the fact that high-speed road users were making use of relatively comfortable motorways for relatively long drives. Much of this kind of research was carried out on real roads with real drivers in normal cars. Fig. 2 gives appraisal results of drivers driving on different lighted main roads along with results of drivers driving on secondary roads [6,8].

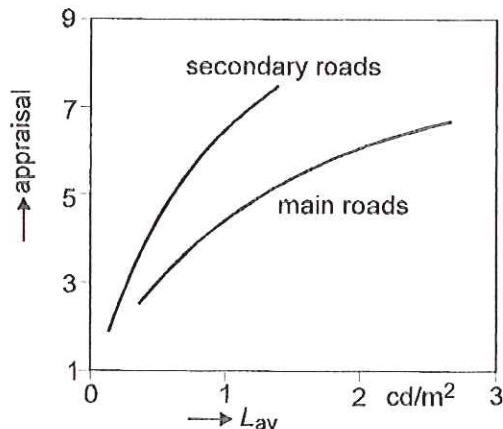


Fig.2 Appraisal of lighting level as a function of the average road-surface luminance (L_{av}). The appraisal scale corresponds to: 1 bad, 3 inadequate, 5 fair, 7 good, and 9 excellent. De Grijjs, de Boer [6,8].

In 1977 this type of research, together with newer investigations on visibility, resulted in a second edition of the CIE Recommendations for Road Lighting [7].

Sometimes scale models were used to investigate visual comfort, often so that the dynamic aspects could again be studied. In the early-seventies Walthert [9] used a dynamic road-lighting simulator (scale 1:50) to investigate the influence of the luminaire spacing on the appraisal of uniformity. His results are not taken into account in any road-lighting recommendations. This is probably because in those days there was in practice little variation in luminaire mast heights and spacing. Today, however, mast heights for the

lighting of roads for motorised traffic may vary between 10 and 20 meters, and corresponding luminaire spacings may vary from some 30 metres to as much as 80 metres. This means that the type of research carried out by Walthert becomes more relevant today than it was at the time. Fig. 3 shows the results of Walthert. It can be seen that as the spacing is increased (the average road-surface luminance being kept constant), the longitudinal uniformity can be decreased without it receiving a lower appraisal.

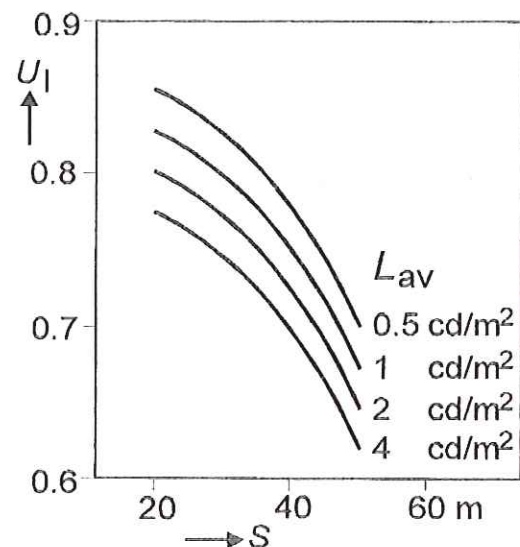


Fig.3 Just-acceptable longitudinal uniformity (U_l) as a function of luminaire spacing (s) for four values of the average road-surface luminance (L_{av}). Driving speed 50 km/h. Walthert [9].

This finding can be attributed to the positive influence that a decrease in luminance gradient (viz. the rate of change of luminance with distance traveled) has on the appraisal of uniformity. For the same reason, in 1963 de Boer and Knudsen [10] proposed including the so-called "relative maximum luminance slope (S_{max})" in road-lighting recommendations. S_{max} is defined as the maximum luminance variation found over any 1 meter distance measured transversely or 3 meters measured longitudinally, expressed as a percentage of the average road-surface luminance. In fact, their proposal was based on appraisals also carried out using a dynamic road-lighting simulator. In the context of today's much larger spacing, this proposal and research should receive renewed interest.

3. Analysis of accidents (1960 -)

In the sixties, the many accident statistics with lighting as a parameter became available: usually statistics involving comparisons of lighted and unlighted, or poorly-lighted roads. Probably the most comprehensive study of the effect of lighting on traffic accidents, where all the then-known lighting parameters were taken into account, has been carried out in the UK in the late seventies (Green and Hargroves [11]). The lighting parameter showing the strongest relationship with the night-time/daytime accident ratio was the average road-surface luminance. Fig. 4 shows this relationship.

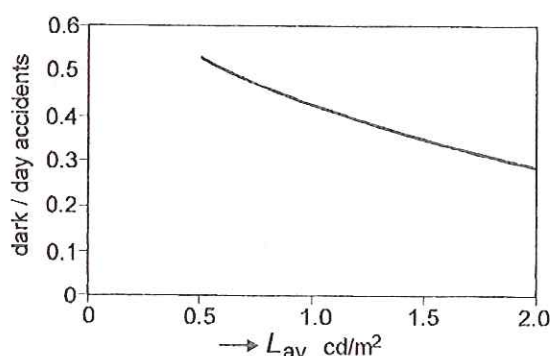


Fig. 4 The relationship between dark/day accident ratio (vertical scale) and the average road-surface luminance (L_{av}). Hargroves [11].

Accident studies never played a deciding role in describing the quality parameters of road lighting. They have played a role, however, in decisions on whether or not to light particular roads. In this context a comprehensive analysis of 62 studies from 15 countries published by CIE in 1992 [13] has much relevance for decisions on lighting roads today. A general conclusion given in this publication for the purpose of evaluating road lighting as an accident countermeasure is that road lighting may indeed reduce night accidents, under the condition that it is well designed, installed and maintained. The same publication states that the most reliable studies show accident reductions of between 13 and 75 per cent.

4. Analysis of driving task (1970 -)

In this period, the driving task has become very much more complicated. It is no longer sufficient to study the visibility of objects

placed some 100 to 150 metres in front of the observer in the middle of the straight and more or less empty road. Many of the decisions a motorist makes are based on the interpretation of the visual information available. This includes details of the carriageway, such as road-surface markings, the road's immediate surroundings, the run of the road ahead, the presence or otherwise of other vehicles such as cars and bicycles, pedestrians on or close to the carriageway and, of course, possible obstacles on the road. Good anticipation is important, and supra-threshold visibility is therefore a requirement. In 1975 Gallagher [14] defined a measure for supra-threshold visibility, called the visibility index (VI), that can be calculated from the lighting installation's photometric data. He also investigated driver performance on city streets in the USA in more or less complex surroundings [15]. The driver performance was measured as the "target avoidance manoeuvre" of over 1300 unalerted motorists. The criterion employed was the time separation between vehicle and target at the moment an avoiding manoeuvre was started (time to target). The target used was three dimensional with a total height of 36 cm. The reflectance of the target was 18 per cent. Gallagher showed (Fig. 5) that there exists a good relationship between time to target and visibility index.

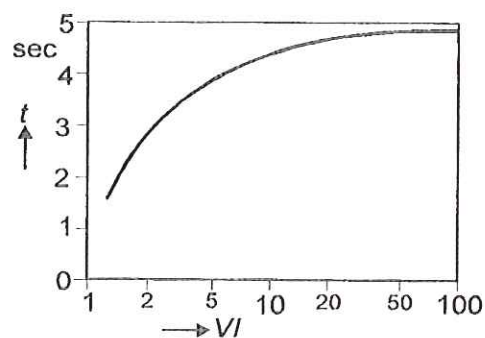


Fig. 5 Motorists' performance represented by time to target (t) at the moment of starting an avoiding maneuver, as a function of visibility index (VI). Gallagher [15].

Since Gallagher's introduction of visibility index, many other researchers, especially in North America, have refined the concept. Today, as a result, Small Target Visibility (STV) [16] is being considered for road-lighting specifications in North America. One

should realise that it is always possible for visibility with one specific object or target (and thus one definition of visibility) to be good, while with the same road-lighting installation and a different object it is bad. Using only one visibility measure as basis for road-lighting installations is therefore dangerous.

Of course, visual comfort is not included at all in such a visibility measure. It is possible that a visibility measure shows good values while the longitudinal uniformity is dangerously low for visual comfort. Moreover, as discussed earlier in this paper, the driving task involves rather more than just avoiding objects lying on the road in front of a driver. For example, the author of this paper conducted a series of tests in which the scene was viewed dynamically and the "objects" to be detected were pedestrians [17]. These pedestrians were not on the carriageway, but adjacent to it, 3 metres away from the kerb. Fig.6 shows the results.

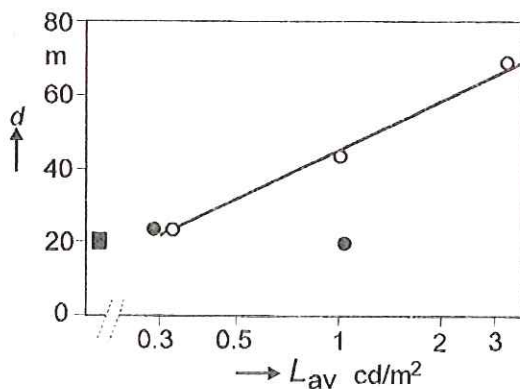


Fig 6 Average detection distance (d) of ten drivers driving at 40 km/h for pedestrians on the road side 3 metres away from the kerb, as a function of the average traffic-lane luminance (L_{av}). (Open dots with line: bright surrounds, 40 % of the average illuminance on the traffic lane itself; dark dot: dark surrounds; dark square symbol: car lights only.)

The increase in visual performance is considerable up to a lighting level of 3.4 cd/m². This is provided the immediate surroundings of the traffic lanes are bright enough. Road lighting of poor quality (level around 0.3 cd/m²) is no better than no road lighting at all for detecting pedestrians 3 m. away from the kerb side.

Another task for a car driver is position keeping in the traffic stream. Detection of change of angular size of the rear of the vehicle being followed is the important visual element of this

task. In the late seventies, in a laboratory simulation, Fisher and Hall [18] studied the time taken to react to a change in this visual angle (viz. the time taken to react to a slowing down of a car in front). The results are given in Fig. 7 for an initial distance between observer and vehicle of 40 metres and for two deceleration rates of the leading vehicle.

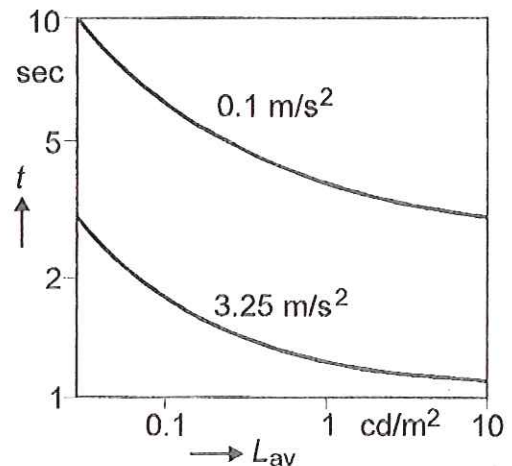


Fig.7 Time (t) taken to detect change of visual angle of a leading car as function of the average road-surface luminance (L_{av}). Fisher and Hall[18].

It can be seen that for low values of L_{av} the detection time is relatively large and decreases rapidly as L_{av} is increased.

This research has seldom been used and quoted in road-lighting recommendations, although it would seem to be especially relevant for today's traffic situation. Traffic congestion on motorways will develop less quickly if car drivers are able to more quickly notice that a car in front is slowing down (before really braking and showing braking lights!).

5. Personal security of residents and pedestrians (1980 -)

Since the eighteenth century, systematic approaches to the lighting of streets have been reported [12]. The objective in those days was the reduction of the crime rate in the streets after dark. It is surprising to see that in the present century, up until the late seventies, road lighting is seen mostly in the context of motorised traffic. One of the first systematic studies into the needs of residents and pedestrians in residential streets, with the emphasis on personal security, was carried out

by Caminada and van Bommel and published in 1980 [20]. In this publication we state that lighting in a street should permit of mutual recognition before coming almost face to face, and that it should provide sufficient visual information regarding a person anywhere in the street while he or she is still a reasonable distance away. The most important finding of the field study is that the illuminance best suited for use in achieving a specified recognition distance is the semicylindrical illuminance. Where security in streets could be a problem it is therefore recommended that, in addition to analysing the more conventional lighting parameters, the semicylindrical illuminance should also be examined [19]. Proposals, based on an analysis of consecutive studies by many others have been made to further refine this approach [21]. Taking into account the growing importance of security in streets, further analysis of these proposals is relevant.

6. Facilitating traffic flow (1990 -)

Fisher and Hall investigated the relation between road-surface luminance and the possibility of a car driver to more easily keep position in the traffic stream as long ago as 1976. As described in Section 6 of this paper, this type of research is very relevant for today's traffic situation in order to help minimise the development of traffic congestion.

A whole new development is the use of lights to direct traffic to different traffic lanes according to the actual degree of traffic congestion. More lanes with low-speed traffic can be used when there is traffic congestion, while fewer and wider lanes should be used by high-speed traffic as soon as the congestion is over. One of the possibilities is the introduction of dynamic road marking with fibre-optics lighting built into the road surface. This new concept has been described in a paper given at the recent CIE Session in Warsaw in June of this year [22].

7. Conclusion

Some of the road-lighting research dealt with in this paper merits renewed attention, as indicated in the relevant descriptions. This has

become quite evident when one views this research in the context of today's situation, which is characterised by a complex driving task, a large variety in traffic density after dark, and a regular occurrence of traffic congestion. It is the approaches adopted in this research that is of interest today, and to a lesser extent their findings.

8. References

- [1] Waldram, J.M., "Formation of bright patches", *The Illuminating Engineer* (1934).
- [2] CIE, "International recommendations for the lighting of public thoroughfares", CIE Publ. No. 12 (1965).
- [3] de Boer, J.B., Burghout, F., van Heemskerck Veeckens, J.F.T., "Appraisal of the quality of public lighting based on road-surface luminance and glare", CIE 14th Session, Brussels (1959).
- [4] van Bommel, W.J.M., "Interrelation of road-lighting quality criteria", *Lichtforschung* (1979).
- [5] van Bommel, W.J.M., de Boer, J.B., "Road Lighting", Kluwer (ISBN 90 201 1259 7) (1980).
- [6] de Grijjs, J.C., "Visuele beoordeling van verlichtingscriteria in den Haag en Amsterdam", *Elektrotechniek* (The Netherlands), (1972).
- [7] CIE, "Recommendations for the lighting of roads for motorised traffic", CIE Publication 12 (sec. ed.), (1977).
- [8] de Boer, J.B., "Quality aspects in public lighting", *Engineering Report 24*, Philips, Eindhoven (1972).
- [9] Walthert, R., "The influence of lantern arrangement and road-surface luminance on subjective appraisal and visual performance in street lighting", CIE 18th Session, London (1975).
- [10] de Boer, J.B., Knudsen, B. "The pattern of road luminance in public lighting", CIE 15th Session, Vienna (1963).
- [11] Green, J., Hargroves, R.A., "A mobile laboratory for dynamic road-lighting measurement", *Lighting Research and Technology* (1979).

- [12] Hargroves, R.A., "Road lighting", IEE Proceedings (1983).
- [13] CIE, "Road lighting as an accident countermeasure", CIE publication No. 93 (1992).
- [14] Gallagher, V.P., Meguire, P.G., "Contrasts requirements of urban driving", Transportation Research Board Special Report 156, Washington (1975).
- [15] Gallagher, V.P., "A visibility metric for safe lighting of city streets", Journal of IES (1976).
- [16] CIE, "Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic", CIE Publication 115 (1995).
- [17] van Bommel, W.J.M., Tekelenburg, J., "Visibility research for road lighting based on a dynamic situation", Lighting Research and Technology (1986).
- [18] Fisher, A.J., Hall, R.R., "Road luminances based on detection of change of visual angle", Lighting Research and Technology (1976).
- [19] CIE, "Guide to the lighting of urban areas", CIE Publication No. 92 (1992).
- [20] Caminada, J.F., van Bommel, W.J.M., "New considerations for residential areas", International Lighting Review (1980).
- [21] van Bommel, W.J.M., "Public lighting and the residential function", CIE 22nd Session, Melbourne (1991).
- [22] Sools, F., de Winter, A., Heerkens, J. van der Poel, L., "Dynamic road marking", CIE 24th Session, Warsaw (1999).



Wout van Bommel obtained his degree in physics, with specialisation in lighting engineering, at the University of Technology in Eindhoven, the Netherlands.

On joining Philips Lighting in 1972, he is now responsible for the company's world-wide lighting application activities as manager of Philips' central Lighting Design and Application Centre (LiDAC Central).

He is member of the Lighting Societies of the Netherlands, North America (IES), and the United Kingdom's Chartered Institution of Building Engineers (CIBSE) and Institution of Lighting Engineers (ILE). He has been Chairman of the "Tunnel lighting" and "Glare for Outdoor Areas" Committees of the International Commission on Illumination (CIE). The world-wide accepted glare evaluation system for outdoor sports originates from him (Glare Rating GR). From 1995 he is one of CIE's Vice Presidents.

He regularly lectures on both in- and outdoor lighting subjects and has published in many national and international lighting journals. He is the author of the book "Road Lighting".

Ir. Wout van Bommel
 Lighting Design and Application Centre
 (LiDAC Central)
 Philips Lighting
 Bld. ED-2
 P.O. Box 80020
 5600 JM Eindhoven
 The Netherlands
 Email: wout.van.bommel@philips.com

Istoria iluminatului stradal ca ghid pentru cercetările viitoare

Introducere

Acest document descrie cele mai originale aspecte ale cercetării din ultimii 80 de ani. Noi credem că această "trecere" prin trecut ne poate învăța multe și, de asemenea, poate fi un instrument de îndrumare în viitoarea cercetare a iluminatului stradal.

În ordine cronologică, cercetarea în iluminatul stradal a fost orientată către:

- **Vizibilitate (1920 -)**
- **Confort vizual (1950 -)**
- **Analiza accidentelor (1960 -)**
- **Analiza sarcinii de conducere (1970 -)**
- **Securitatea personală a rezidenților și pietonilor (1980 -)**
- **Controlul traficului (1990 -)**

1. Vizibilitatea (1920 -)

La începutul anilor 1920, Waldram, care până atunci s-a ocupat de iluminatul cu petrol, a pornit cercetările legate de vizibilitatea obiectelor pe șoselele iluminate [1]. În acele vremuri, traficul motorizat era încă în stadiul incipient iar iluminatul stradal era făcut cu lămpi cu petrol. Pe baza cercetărilor sale, Waldram a definit "principiul siluetei" în iluminatul stradal: cele mai multe obstacole pe drumurile iluminate (iluminat fix) sunt văzute ca siluete întunecate care apar în contrast cu suprafața strălucitoare a drumului. Aceasta a fost cheia dezvoltării conceptului de luminanță în iluminatul stradal care este încă utilizat și în prezent.

Acest tip de cercetare a vizibilității a condus în 1965 la primele Recomandări CIE pentru Iluminatul Stradal [2]. Este interesant de remarcat că din acele vremuri traficul motorizat s-a modificat dramatic, așa cum s-au modificat și instalațiile de iluminat (viteze mai mari de 120 km/h și primele ambuteiaje aveau deja loc pe timpul trecerii de la iluminatului cu petrol la cel cu descărcări în vapori de gaz).

În 1979 [4, 5], autorul acestei lucrări a folosit conceptul original al lui Waldram al "puterii indicate" (RP - revealing power) pentru a demonstra influența pe care parametrii de iluminat, luminanța (L_{med}), uniformitatea ($U_o = L_{min}/L_{med}$) și orbirea (indicele de creștere a pragului de contrast TI), o au asupra vizibilității obiectelor mici. S-a calculat vizibilitatea pentru un set tipic de obiecte definită prin probabilitatea de apariție a factorului de reflexie pentru îmbrăcămintea pietonilor.

Rezultatele obținute sunt prezentate în figura 1. Se observă că nivelurile de luminanță cuprinse între 1 și 2 cd/m^2 , uniformitatea în jur de $U_o = 0,4$ și valorile lui TI nu mai mari de 10 - 15 procente ar trebui luate în considerare acolo unde vizibilitatea obiectelor mici de la distanță mai mare este importantă. În anii șaizeci - șaptezeci, aceasta era o cerință importantă, determinată de densitatea traficului din acea vreme. Astăzi, această cerință nu mai este atât de relevantă în momentele de vârf de trafic. Totuși, ea devine relevantă imediat după scăderea traficului, când suprafața șoselei nu mai este "ascunsă" de vehicule și atunci când viteza traficului crește, făcând ca vizibilitatea la

distanțe mari să fie importantă pentru siguranța traficului. Aici avem o indicație clară, care ne arată că în prezent este important un iluminat stradal flexibil și adaptabil.

2. Confortul vizual (1950 -)

În anii 50 - 60, de Boer a fost unul dintre primii cercetători care a adăugat confortul vizual la vizibilitatea în iluminatul rutier [3]. Acesta a început să își facă simțită prin faptul că autostrăzile permit un trafic relativ confortabil în călătorii relativ lungi. O mare parte din cercetare a fost efectuată pe drumuri reale, cu șoferi reali în mașini normale. Figura 2 prezintă aprecierile șoferilor conducând pe străzi principale iluminate diferit alături de cele ale șoferilor care au condus pe străzi secundare [6, 8].

În 1977 această cercetare, împreună cu noi investigații legate de vizibilitate, s-a finalizat prin cea de-a II-a ediție a Recomandărilor CIE pentru Iluminatul Rutier [7].

Câteodată au fost folosite modele la scară pentru a cerceta atât confortul vizual, cât și aspectele dinamice. La începutul anilor '70 Walthert [9] a folosit un simulator rutier dinamic (scara 1:50) pentru a vedea influența distanței relative dintre corpurilor de iluminat asupra uniformității. Rezultatele sale nu au fost luate în considerare în nici o recomandare de iluminat stradal. Aceasta poate fi din cauză că în acele vremuri era o gamă redusă de tipuri de stâlpi de iluminat - înălțime și distanță între aceștia. Oricum, în zilele noastre, înălțimea la care sunt amplasate corpurile de iluminat stradal poate fi între 10 și 20 metri, iar distanța de spațiere între aceștia poate fi între 30 și 80 metri. Asta înseamnă că cercetarea făcută de Walthert devine mai relevantă pentru momentul actual decât era atunci. Figura 3 prezintă rezultatele lui Walthert. Se poate vedea că pe măsură ce crește distanța de spațiere (luminanța medie pe suprafața drumului fiind constantă), uniformitatea longitudinală poate fi scăzută fără să se constate o scădere a evaluării (a percepției) acesteia.

Această descoperire poate fi atribuită influenței pozitive pe care o are scăderea gradientului de luminanță (rata de modificare a luminanței în funcție de distanța parcursă)

asupra evaluării uniformității. Din același motiv, în 1963 de Boer și Knudsen [10] propun includerea așa-zisei "panta luminanței maxime relative (S_{max})" în recomandările pentru iluminatul rutier. S_{max} este definită ca variația maximă a luminanței obținută pe orice distanță de 1 metru măsurată transversal sau de 3 metri măsurați longitudinal, exprimată ca un procent al luminanței medii pe suprafața drumului. De fapt, propunerea lor s-a bazat pe evaluări realizate cu ajutorul unui simulator dinamic pentru iluminatul rutier. În contextul actual, în care spațierea este din ce în ce mai mare, acest proiect și cercetările aferente ar putea prezenta din nou interes.

3. Analiza accidentelor (1960 -)

În anii '60, au început să apară multe statistici de accidente de circulație având ca parametru iluminatul: în mod uzual, statistici prezentând comparații între drumuri iluminate și neiluminate sau slab iluminate. Probabil, cel mai complet studiu privind efectul iluminatului în accidentele de circulație, în care toți parametrii iluminatului cunoscuți în acea perioadă au fost luați în considerare, a fost realizat în Marea Britanie la sfârșitul anilor '70 (Green și Hargroves [11]). Parametrul de iluminat, arătând cea mai strânsă relație dintre accidentele pe timp de zi/noapte, a fost luminanța medie a suprafeței drumului. Figura 4 arată această relație.

Studiile asupra accidentelor nu au jucat niciodată un rol major în descrierea calității parametrilor iluminatului rutier. Totuși, acestea au jucat un rol în deciziile de a ilumina sau nu anumite drumuri. În acest context, o analiză detaliată a 62 de studii din 15 țări publicată de CIE în 1992 [13] are multă relevanță în iluminatul drumurilor din zilele noastre. O concluzie generală dată în această publicație, referitor la scopul evaluării iluminatului stradal ca o contramăsură a accidentelor, este că s-ar putea reduce accidentele pe timpul nopții, în condițiile unui iluminat bine proiectat, instalat și întreținut. Aceeași publicație arată că se poate face o reducere cu 13 până la 75 % a accidentelor.

4. Analiza sarcinii de conducere (1970 -)

În această perioadă, sarcina de conducere (șofatul) a devenit mult mai complicată. Nu mai este suficient să se studieze vizibilitatea obiectelor situate la 100-150 de metri în fața observatorului, în mijlocul unui drum drept mai mult sau mai puțin aglomerat. Multe din deciziile luate de către un conducător auto sunt bazate pe interpretarea informațiilor recepționate pe cale vizuală. Acestea ar fi detalii ale drumului, cum ar fi: marcaje de pe șosea, împrejurimile drumului, prezența altor vehicule, mașini, biciclete și pietoni pe sau lângă șosea, și bineînțeles alte obstacole posibile. O bună anticipare este importantă și vizibilitatea de supra-prag este în consecință o necesitate. În 1975 Gallagher [14] a definit un sistem de măsurare a vizibilității de supra-prag, numit index de vizibilitate (IV), care poate fi calculat din datele fotometrice obținute de la instalațiile de iluminat. A studiat de asemenea performanțele de conducere pe străzile din SUA, pe drumuri cu împrejurimi mai mult sau mai puțin complexe [15]. Performanța șoferului a fost măsurată, ca "manevră de evitare a țintei", la peste 1300 de conducători auto neavertizați. Criteriul implicat a fost intervalul de timp dintre vehicul și țintă, la momentul în care o manevră de evitare a fost inițiată (timpul până la țintă). Ținta folosită a fost tridimensională, cu o înălțime de 36 cm. Reflectanța țintei a fost de 18%. Gallagher a arătat (fig. 5) că există o relație clară între timpul până la țintă și indexul de vizibilitate.

De la introducerea indexului de vizibilitate a lui Gallagher, mulți alți cercetători, în special din America de Nord, au dezvoltat conceptul. Ca rezultat, în zilele noastre Vizibilitatea Țintelor Mici (STV) [16] este luată în considerare ca normă în specificațiile pentru iluminatul stradal din America de Nord. La un moment dat, se poate ca vizibilitatea unui obiect să fie bună la un anumit tip de iluminare stradală, dar în același timp, vizibilitatea pentru un alt obiect același tip de iluminat stradal să conducă la o vizibilitate scăzută. Folosirea unei singure

măsurări de vizibilitate ca bază pentru iluminatul stradal poate fi riscantă.

Desigur, confortul vizual nu este inclus deloc într-o astfel de măsurare a vizibilității. Este posibil ca o măsurare de vizibilitate să prezinte valori bune în timp ce uniformitatea longitudinală este periculos de scăzută pentru confortul vizual. Mai mult, așa cum s-a discutat mai devreme în această lucrare, sarcina de a conduce implică mai mult decât doar evitarea obiectelor care se găsesc pe drum în fața conducătorului auto. De exemplu, autorul acestui studiu a condus o serie de teste în care scena era văzută dinamic și obiectele care trebuiau detectate erau pietonii [17]. Acești pietoni nu erau pe stradă, ci adiacent, la 3 metri de bordură. Figura 6 prezintă rezultatele.

Creșterea performanței vizuale este considerabilă până la un nivel de $3 - 4 \text{ cd/m}^2$. Acest nivel asigură o strălucire suficientă a împre-jurimilor. Iluminatul stradal cu lămpi de proastă calitate (la un nivel în jur de $0,3 \text{ cd/m}^2$) nu este cu nimic mai bun decât un drum neiluminat deloc pentru a detecta un pieton la o distanță de 3 m față de bordură.

O altă sarcină care este cerută conducătorului auto este menținerea poziției în trafic. Detectarea schimbării dimensiunii unghiului-lare a spatelui vehiculului urmărit este elementul cheie. La sfârșitul anilor '70, într-o simulare de laborator, Fisher și Hall [18] au studiat timpul necesar pentru a reacționa la o schimbare a acestui unghi vizual (timpul necesar pentru a reacționa la încetinirea mașinii din față). Rezultatele sunt prezentate în figura 7, pentru o distanță inițială de 40 m între observator și vehicul și pentru două trepte de frânare a vehiculului din față. Se poate observa că la valori mici ale lui L_{av} , timpul de detectare este relativ lung și scade rapid odată cu creșterea L_{av} .

Acest studiu a fost rar folosit în recoman-dările pentru iluminatul stradal, dar pare să fie în mod special relevant pentru traficul din zilele noastre. Congestiile de trafic de pe autostrăzi ar avea loc mult mai rar dacă conducătorii auto ar putea să își dea seama mai devreme când mașina din față încetinește (înainte de a se aprinde efectiv luminile de frânare).

5. Securitatea personală a rezidenților și pietonilor (1980 -)

Încă din secolul optsprezece au început să apară abordări sistematice ale iluminatului stradal [12]. Obiectivul în acele vremuri era reducerea ratei criminalității stradale după lăsarea întunericului. Este surprinzător de constatat că în secolul XX, până la sfârșitul anilor '70, iluminatul rutier este considerat cel mai mult în contextul traficului motorizat. Unul dintre primele studii sistematice legat de necesitățile rezidenților și pietonilor, cu accent pe securitatea personală, a fost realizat de către Caminada și van Bommel și publicat în 1980 [20]. În această publicație se stabilește că iluminatul rutier ar trebui să permită recunoașterea reciprocă înainte de a ajunge aproape față în față și ar trebui să ofere suficientă informație vizuală cu privire la o persoană, oriunde pe stradă, atâta timp cât se află la o distanță rezonabilă. Cea mai importantă descoperire a studiului este că iluminarea cea mai potrivită pentru a obține o anumită distanță de recunoaștere este iluminarea semicilindrică. Acolo unde securitatea pe stradă reprezintă o problemă, se recomandă ca pe lângă parametrii convenționali să se studieze și iluminarea semi-cilindrică [19]. Propunerile, bazate pe o analiză a unor studii consecutive ale mulor altora, au fost făcute pentru a dezvolta acest mod de aborare [21]. Luând în considerare necesitatea crescută a siguranței pe străzi, analize mai detaliate ale acestui aspect ar fi binevenite.

6. Facilitarea traficului (1990-)

Încă din 1976, Fisher și Hall au investigat legătura dintre luminanța suprafeței drumului și posibilitatea unui șofer de a-și păstra mai ușor poziția în trafic. Acest tip de cercetare este foarte relevant pentru condițiile de trafic contemporane, pentru a ajuta la minimizarea aparițiilor blocajelor de trafic. O dezvoltare nouă este utilizarea luminilor pentru a direcționa traficul pe diferite benzi de rulare, în funcție de gradul de ambuteiaj. Mai multe benzi de mică viteză pot fi folosite atunci când apare un ambuteiaj de trafic, iar benzile de mare viteză, mai puține și mai late, pot fi folosite atunci când se termină ambuteiajul.

Una dintre posibilități este introducerea marcajului rutier dinamic, cu fibră optică, introdus în carosabil. Acest nou concept a fost descris într-un document predat recent la Sesiunea CIE din Varșovia - Iunie 1999 [22].

7. Concluzii

Unele dintre cercetările privind iluminatul rutier care au fost tratate în acest document merită atenție reînnoită, așa cum este

arătat în descrierile relevante. Aceste cercetări devin evidente în momentul în care sunt studiate în contextul contemporan, care este caracterizat de o manieră complexă de șofat, de o largă varietate în densitatea traficului nocturn și de o apariție regulată a ambuteiajelor de trafic.

METODĂ DE ANALIZĂ ȘI ALEGERE A VARIANTEI OPTIME DE PROIECT

Viorel COSTEA

Universitatea Tehnică din Cluj Napoca

Augustin MUNTEANU

S.C. ACI S.A. Cluj Napoca

1. Avantajele și limitele analizei multicriteriale (AMC)

Inginerul este un realizator, e pune în practică descoperiri științifice. Realizarea oricărui proiect implică consumuri de resurse: materiale, energetice și umane, deci bani.

Inginerul trebuie să realizeze că sarcina lui este, pe lângă asigurarea unei funcționalități perfecte a produsului proiectat, și fabricarea sau execuția lui la prețul cel mai redus.

Inginerul învață repede, din păcate pe propria lui piele, că ignorarea dimensiunii unui proiect duce la eșec. Această dimensiune economică nu se rezumă numai la preț ci apare sub multe alte aspecte, dintre care putem reține:

- studierea oportunității realizării proiectului
- funcție de conjunctura economică și de necesitățile pieței;

- aprecierea momentului optim la care proiectul trebuie materializat pentru a produce efecte economice maxime;

- relevarea soluțiilor tehnice posibil de adoptat;

- analizarea efectelor economice și sociale pe care le are fiecare soluție;

- cunoașterea influenței ratei dobânzii, duratei de amortizare și ale inflației asupra raportului cost/beneficiu;

- aplicarea unei metode de analiză multicriterială pentru adoptarea soluției optime.

Orice AMC are grad oarecare de relativism, dat în principal de subiectivismul analistului și de introducerea în discuție a unor imprecizii deterministe.

Subiectivismul rezultă în principal din alternativele luate în discuție de către inginer, din care în mod cert câteva lipsesc. Lipsesc mai întâi datorită unei documentări incomplete și

De asemenea, este indicată eliminarea din analiza comparativă a caracteristicilor pentru care nu pot fi obținute date măcar

superficiale. Dar mai pot lipsi și alternative dictate de rațiuni de natură politică sau socială, ignorate de inginer deoarece acestea, judecate strict prin prisma eficienței tehnico-economice, au fost din start surclasate de cele câteva relevate.

În acest ultim caz inginerul lipsește factorul de decizie care în multe proiecte este o autoritate de stat, iar banii cheltuiți provin de la contribuabili, de alternativa care ar răspunde unor astfel de rațiuni, de multe ori mai importante decât cele câteva procente de cost în plus.

Demersul analizei mai poate fi însă influențat negativ, denaturat, de introducerea în discuție a unor imprecizii deterministe. Este cazul, spre exemplu, a duratei de serviciu care poate fi 15 sau 20 ani, în funcție de modul cum utilajul este întreținut și, despre care inginerul nu poate avea informații. Efectul cumulat al impreciziilor deterministe poate să scadă interesul pentru analiză. Inginerul care efectuează analiza trebuie însă să preîntâmpine impreciziile deterministe prin formularea acelorași ipoteze de lucru, măcar asupra caracteristicilor care nu pot suferi abateri semnificative datorate unor situații specifice (spre exemplu va admite aceleași costuri cu salariile pentru personalul cu aceeași calificare, chiar dacă ele în realitate diferă la firmele în discuție).

În cazul în care se impune aprecierea valorilor viitoare ale unor caracteristici atitudinea analistului poate fi optimistă sau pesimistă. Dar, optimismul sau pesimismul, trebuie aplicat în egală măsură tuturor alternativelor, astfel va fi acuzat de părtinire și de falsificare a analizei.

apropiate de valoarea reală.

Pe de altă parte AMC este în mare măsură influențată de probabilitatea aprecierii

corecte a tendinței de evoluție a unor factori de risc, pe o piață dinamică, în intervalul cuprins între data efectuării analizei și cea a materializării proiectului.

Mai trebuie de asemenea, menționat că rezultatele analizelor multicriteriale sunt cu atât mai contestate și mai puțin relevante cu cât proiectele: oferă servicii diferite, sunt concepute după tehnici și tehnologii diferite, sunt din țări diferite, sunt administrate și exploatate diferite și au vârste diferite.

Cu toate influențele negative pe care le au factorii mai sus amintiți asupra preciziei rezultatelor analizei multicriteriale, aceasta rămâne până în prezent, singura în măsură să departajeze variantele unui proiect, mai ales când din punct de vedere tehnic ele prezintă avantaje sensibil egale.

De la început trebuie clarificate două noțiuni: compararea variantelor de proiect și analiza multicriterială a variantelor de proiect.

A compara înseamnă a analiza raporturile de asemănare și de diferențiere dintre două sau mai multe proiecte. Pentru aceasta putem proceda în două moduri.

Fie raportăm toate proiectele la unul singur, luat ca bază, caz în care rezultatele comparației se pot exprima valoric - în unitatea de măsură a mărimii comparate - sau calitativ (la fel, mai bun etc.).

Fie stabilim nivelul acceptabil al unui număr de caracteristici, considerate de referință și le stabilim abaterile, în plus sau în minus, pentru fiecare variantă de proiect, în unitatea de măsură specifică.

Indiferent de metoda adoptată, compararea poate fi avută în vedere pentru clasarea variantelor de proiect numai când se are în vedere un singur criteriu (ex: numai beneficiul) sau a cel mult 2-3 criterii, dar care să îndeplinească simultan condițiile:

- să se optimizeze în același sens - toate prin maxim sau prin minim;
- să aibă consecințele exprimate în aceleași unități de măsură și cu valori sensibil egale.

Dar a alege o variantă de proiect pe baza unui singur criteriu, oricât de important pare el analistului, nu poate asigura, numai din întâmplare, soluția optimă. A elimina o variantă cu costuri de investiții mici pe baza unicului criteriu că este mai poluantă decât alta, fără a

cerceta în prealabil sporul de cost pentru încadrarea poluării în limite admise, este ceva nefiresc.

Analiza multicriterială fundamentează complex decizia de alegere a variantei optime, indiferent de natura criteriilor avute în vedere de analist.

În cele ce urmează vom discuta, cu prioritate criteriile de natură economică, socială și politică ce trebuie avute în vedere la AMC la două mari categorii de proiecte: acelea care oferă același serviciu și a celor care oferă servicii diferite. Tehnica AMC se va trata în mod unitar, întrucât ea nu mai este influențată de categoriile de proiecte supuse analizei.

2. Criterii pentru AMC a proiectelor care oferă același serviciu

Discutând despre proiectele unor instalații care oferă același serviciu se au în vedere cu prioritate criterii de natură economică și tehnică:

Dintre criteriile de natură economică amintim:

- a) costul de funcționare al instalației
- b) costul de unitate de produs
- c) rata rentabilității
- d) durata de recuperare

a) *Criteriul costului de funcționare*, cost format din cheltuielile de exploatare și amortisment, se aplică în cazul investițiilor de înlocuire a unor instalații sau utilaje cu menținerea capacității de producție inițiale. Criteriul poate fi, de asemenea, avut în vedere și în cazul analizării unor proiecte ce prevăd capacități de producție apropiate. În acest ultim caz proiectele se raportează la situația existentă, față de care se calculează economiile la costul de funcționare cu relația:

$$E_c = \left(c_{ap0} + \frac{V_c}{D_0} \right) - \left(c_{ap1} + \frac{I_1}{D_1} \right)$$

unde:

c_{ap0} , c_{ap1} - costurile anuale de producție (funcționare) ale instalației inițiale (existente) și a celei noi;

V_c - valoarea contabilă a instalației existente;

I_1 - valoarea investiției pentru instalația nouă;

D_0 - durata cât mai poate funcționa

instalația existentă

D_1 - durata de viață a instalației noi.

Investiția va putea fi avută în vedere numai dacă economiile la costurile de funcționare, astfel calculate, vor permite atât recuperarea investiției cât și un spor al randamentului minimal al capitalului investit calculat cu:

$$r = \frac{E_c}{I} 100$$

unde: $I = I_1 - V_c$

Exemplul 1. O firmă de construcții dispune de un utilaj care antrenează costuri de funcționare (exploatare) de 95000 u.m. pe an. Acesta mai poate funcționa 4 ani și poate fi vândut la valoarea sa contabilă de 250000 u.m. Firma intenționează cumpere un alt utilaj, mai performant, care costă 600000 u.m. cu o durată de exploatare de 8 ani și care antrenează costuri de producție de 45000 u.m. pe an.

Calculăm economiile la costurile de producție cu relația (1):

$$E_c = \left(95000 + \frac{250000}{4} \right) - \left(45000 + \frac{600000}{8} \right) = 37500 \text{ u.m./an}$$

iar randamentul minimal al capitalului investit este:

$$r = \frac{37500}{600000 - 250000} 100 = 10.71\%$$

care trebuie să fie mai mare decât un prag fixat de firmă.

b) *Criteriul costului pe unitate de produs*. Acest criteriu se aplică pentru variante de proiect cu capacități de producție diferite. Se pune problema determinării costului pe unitate de produs antrenat de fiecare variantă de proiect în parte (C_i).

Costul pe unitate de produs se determină cu relația:

$$C_i = \frac{\frac{I_i}{D_i} + r_{mi} I_i + c_{api}}{Q_i}$$

unde:

I_i - valoarea de investiție a proiectului i ;

D_i - durata de viață a instalației

r_{mi} - rata sperată a randamentului instalației i ;

c_{api} - costurile anuale de producție (funcționare) al instalației i ;

Q_i - capacitatea de producție anuală a instalației i

Exemplul 2. Firma de construcții intenționează să-și sporească capacitatea de producție, înlocuind un utilaj cu performanțe slabe cu altul modern, de mare productivitate. Vizează în acest scop un utilaj care asigură: o producție anuală de 6000 u.p. la un cost de funcționare de 250000 u.m. pe an. Utilajul costă 3000000 u.m. și are o durată de viață de 7 ani.

Costul unitar de producție (de funcționare) al vechiului utilaj este de 300 u.m. pe u.p. Firma își propune ca randamentul investiției să fie de cel puțin 10%. Valoarea reziduală a vechiului utilaj este nulă.

$$C_i = \frac{\frac{3000000}{7} + 0.1 \cdot 3000000 + 250000}{6000} = 99 \text{ u.m./u.p.}$$

Investiția poate fi avută în vedere întrucât conduce la scăderea de trei ori a costului de funcționare pe unitate de produs.

c) *Criteriul ratei rentabilității*. Potrivit lui proiectul de investiție poate fi avut în vedere numai dacă rata lui de rentabilitate este superioară unei anumite rate stabilite dinainte.

Rata rentabilității se determină cu relația:

$$r = \frac{CW}{I} 100$$

unde:

r - rata rentabilității;

CW - fluxul de încasări anuale (cash-flow anual);

I - valoarea investiției (sau $I - I_c$ - unde există valoarea reziduală)/

d) *Criteriul duratei de recuperare*. Durata de recuperare este intervalul de timp la sfârșitul căruia suma de cash-flow degajată de investiție pe întreg intervalul est egală cu investiția, adică:

$$I = \sum CW_i$$

iar durata de recuperare este:

$$D = \frac{I}{CW_i}$$

unde:

D_r - durata de recuperare, în ani;

I - valoarea investiției, în u.m.;

CW_i - cash-flow anual, în u.m.

În cazul în care, pe durata de folosință t a investiției suma anuală de cash-flow este diferită (cazul de fapt normal), calculul lui D_r se face în două etape:

- la sfârșitul fiecărui an se calculează investiția nerecuperată;

- în momentul în care suma de recuperat este mai mică decât suma cash-flow-ul din anul următor, se calculează raportul dintre valoarea investiției rămasă de recuperat și cash-flow-ul anului următor, pentru a stabili timpul necesar de recuperare al acesteia.

Pentru aplicarea acestui criteriu decidentul își fixează o anumită durată maximă de recuperare în care trebuie să se încadreze fiecare proiect.

3. Criterii pentru AMC a proiectelor care oferă servicii diferite

Inginerul poate fi pus să compare politici diferite, adică diferite soluții propuse pentru a satisface la niveluri diferite o cerere sau o necesitate, ele însele evaluate în maniere diferite.

Un exemplu din această categorie ar putea fi soluționarea transportării personalului unei importante uzine situată la o distanță de 3-6 Km de centrul localității. În acest caz inginerul trebuie să-și imagineze cât mai multe soluții, să-și pună cât mai multe întrebări și să vadă care din soluții răspunde cel mai bine întrebărilor și restricțiilor sale. Astfel se va face o primă selectare a soluțiilor, pe baza criteriilor cu care el operează - tehnice și economice - și funcție de datele pe care el le posedă. Deci inginerul a reținut 2-3 variante, pe care fie că nu le-a putut departaja, fie că a vrut să lase o libertate mai mare celui care decide.

Decizia însă va aparține politicului: cetățeni și autorități, fiindcă alegerea unei soluții tehnice implică alegerea unui comportament social. Pentru introducerea unui tramvai rapid pe o anumită rută este nevoie ca el să deservească un număr mare de persoane, dintre care unii să renunțe la folosirea mașinii personale. Adăugarea însă a câtorva autobuze în plus nu va implica investiții prea mari.

Dacă examinăm lucrurile mai de aproape opțiunea pentru o anumită soluție este mai mult decât își pot imagina inginerii - care își impun să rămână obiectivi - un demers politic, care de cele mai multe ori angajează viitorul unei comunități pe durata mai multor generații. Greșeala istorică de renunțare la liniile de tramvai în orașele importante ale Elveției este numai un exemplu în acest sens.

Lucrurile sau altfel în cazul studiilor de

fezabilitate, care obligă inginerul să compare soluții tehnice, de cele mai multe ori, foarte diferite, din puncte de vedere politice și sociale diferite. Inginerul nu poate lăsa această responsabilitate altora, din contra el trebuie să și-o asume, pentru că numai el este în măsură să analizeze aspecte tehnice foarte complexe. Calculele economice sunt foarte simple și nu este nevoie de un specialist pentru a le rezolva. În schimb colaborarea cu un sociolog, care îl va ajuta la determinarea preferințelor, opiniilor, percepțiilor și atitudinilor ar fi un lucru bun. Mai mult, inginerul trebuie să fie conștient că această analiză multidisciplinară este strict necesară unui studiu de fezabilitate demn de acest nume.

Din această cauză, programele de formare om-tehnică-mediul sunt atât de importante în universitățile tehnice. Fiecare profesor ar trebui să abordeze, chiar și pe scurt, această dimensiune, dacă vrea să contribuie la pregătirea unor ingineri capabili să-și asume responsabilitățile în această lume.

De obicei pentru AMC a proiectelor care oferă servicii diferite se folosesc două criterii: criteriul beneficiului maxim și criteriul raportului beneficiu/cost.

Un proiect conduce la realizarea unor produse sau servicii care vor aduce firmei un anumit beneficiu, de care ea se folosește. Acesta este beneficiul direct al firmei producătoare.

Dar, mai putem întâlni beneficii în favoarea unui al treilea sau beneficii indirecte, care rezultă din activitatea unei întreprinderi, dar nu ea se bucură de ele. Dacă este vorba de întreprindere de interes public care în mare parte este finanțată din banii contribuabililor, trebuie să ținem seama de toate beneficiile, oricare ar fi beneficiarii de fapt, pentru că în mod sigur printre ei se vor găsi și contribuabilii. Pentru a putea fi însă luate în considerare într-o analiză economică, aceste beneficii trebuie să poată fi exprimate în unități monetare, în bani.

O categorie tot mai importantă de beneficii nu pot fi însă exprimate cantitativ. Avem în vedere acele beneficii rezultate în urma unor proiecte de protecție împotriva unor calamități naturale - inundații, spre exemplu - de protecție a mediului etc. pentru acestea, de obicei, se folosește o exprimare calitativă -

protecție ridicată, medie, scăzută etc. - fără a folosi unități monetare și ale aliniei astfel celorlalte criterii. O analiză multicriterială, prin folosirea noțiunii de utilitate, ca numitor comun al tuturor consecințelor criteriilor, poate să le aibă în vedere fără nici-o dificultate. În aceasta constă de fapt marele avantaj al metodei de analiză multicriterială.

Criteriul beneficiu/cost apare pentru prima dată în legea americană împotriva inundațiilor din 1936. El prevede că susținerea guvernamentală poate fi acordată pentru realizarea unui proiect, cu condiția ca acesta să prezumeze beneficii - pentru oricine - superioare costului estimat și să justifice faptul că fără el viața și securitatea persoanelor vor fi afectate.

Dacă notăm cu B suma tuturor beneficiilor pentru oricine și cu C suma costurilor proiectului, este suficient ca $(B/C) > 1$ pentru ca proiectul să poată fi avut în vedere. Rămâne ca AMC să decidă, prin luarea în considerare și a celorlalte criterii, care dintre proiectele propuse va fi adoptat.

Dacă se dorește însă o simplă ierarhizare a proiectelor concurente după acest criteriu se va alege varianta care e surclasează pe toate celelalte, făcând raportul $(B_n - B_{n-1}) \geq 1$ maxim.

4. Principiul metodei analizei multicriteriale

Vom lua în discuție situația cea mai frecvent întâlnită când consecințele criteriilor sunt exprimate în unități de măsură definite și au valori considerabil diferite.

Vom nota cu $V_1 \div V_m$ - variantele de proiect, cu $C_1 \div C_n$ criteriile avute în vedere și cu a_{ij} - consecința variantei i pentru criteriul j .

Datele se sistematizează în tabelul 1 numit matricea consecințelor.

Tabelul 1

Criterii Variante	C_1	C_2	...	C_j	...	C_n
V_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
V_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
.	.	.	.	.	.	.
V_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
.	.	.	.	.	.	.
V_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}

Tabelul 1 conține de fapt datele problemei exprimate în unități de măsură diferite. Pentru a opera cu ele este necesară transformarea lor într-o singură mărime cu aceeași unitate de măsură. În teoria deciziei această mărime este utilitatea.

Mulțimii consecințelor, corespunzătoare mulțimii variantelor, le sunt asociate utilități cuprinse între 0 și 1, adică satisfacția maximă are $U_{\max} = 1$, iar satisfacția minimă are $U_{\min} = 0$.

Pentru celelalte consecințe ale aceluiași criteriu se calculează prin interpolare utilitatea corespunzătoare, funcție de modul în care se optimizează criteriul respectiv. Exemplu: criteriul beneficiu se optimizează prin maxim, iar criteriul costul de producție prin minim.

Relațiile de calcul pentru utilități sunt:

- când criteriul se optimizează prin maxim:

$$U_{kj} = \frac{a_{kj} - a_{ij \min}}{a_{ij \max} - a_{ij \min}}$$

- când criteriul se optimizează prin minim;

$$U_{kj} = \frac{a_{ij \max} - a_{kj}}{a_{ij \max} - a_{ij \min}}$$

Astfel, înlocuim în matricea consecințelor (tabel 1), consecințele cu utilitățile corespunzătoare, vom obține tabelul 2 numit matricea utilităților.

Tabelul 2

Criterii variante	C_1	C_2	...	C_j	...	C_m	
V_1	u_{11}	u_{12}	...	u_{1j}	...	u_{1n}	
V_2	u_{21}	u_{22}	...	u_{2j}	...	u_{2n}	
.	.	.	.	.	.	.	.
V_i	u_{i1}	u_{i2}	...	u_{ij}	...	u_{in}	
.	.	.	.	.	.	.	.
V_m	u_{m1}	u_{m2}	...	u_{mj}	...	u_{mn}	

Varianta optimă, când criteriile sunt echivalente, cazul de mai sus, va fi aceea pentru care suma utilităților, pentru criteriile avute în vedere, va fi maximă:

$$V_{i \text{ opt}} = \max_{i=1+m} \sum_{j=1}^n U_{ij}$$

Există însă situații când decidentul nu consideră la fel de importante toate criteriile pe care le are în vedere. Atunci acordă fiecărui

criteriu un conflict de importanță k_j , $j=1÷n$, astfel încât $\sum_{j=1}^n k_j = 1$

Atunci varianta optimă va fi dată de relația

$$V_{i\text{opt}} = \max_{i=1+m}^n \sum_{j=1}^n k_j U_{ij}$$

Cu toate limitele ei, analiza multicriterială rămâne metoda cea mai bună și cea mai ușor de aplicat în acțiunea de alegere a celui mai bun proiect tehnic, din mai multe variante posibil de avut în vedere.

Bibliografie

1. Costea, V. - Managementul firmei de instalații-montaj, Editura Mesagerul, Cluj-Napoca, 1996
2. Grant, E.I. și Leavemworth R. - Principles of engineering economy, Wiley New York, 1976
3. Maystre, L.Y. - Initiation aux calculs économiques pour les ingénieurs. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne 1985
4. Munteanu A.- Modelarea matematică a soluțiilor constructive de realizare a rețelilor electrice de distribuție din incinta consumatorului - Referat doctorat 1999.
5. Rochat J.CI. - Mathematiques pour la gestion de l'environnement, Birkhäuser, Basel, 1980



Prof.dr.ec.ing. **Viorel COSTEA**. Absolvent al Facultății de Electrotehnică a Universității Tehnice Cluj și al Facultății de Științe Economice a Universității "Babes-Bolyai" Cluj. Doctor în economie din 1993. Titular al disciplinelor Management, Marketing și Tehnologia Instalațiilor în Construcții. Autor a numeroase lucrări și cursuri universitare de specialitate - Instalații industriale, tehnologie și montaj, Managementul firmei de instalații-montaj, Management

Adresa: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca Str. C. Daicoviciu nr. 15, RO-3400 Cluj-Napoca, tel. 064-412587



Ing. **Augustin MUNTEANU**. Absolvent al Facultății de Electrotehnică Cluj. Inginer șef instalații la ACI - Antrepriza Construcții și Instalații. A executat lucrări de instalații de iluminat în sector industrial și civil - construcții bancare. A coordonat șantiere de instalații în străinătate. Cadru didactic asociat la Universitatea Tehnică. Doctorand în specialitatea Instalații pentru construcții. Șeful filialei Cluj a SIEAR.

Adresa: S.C. ACI S.A., Calea Dorobanților nr. 70, RO-3400 Cluj-Napoca, tel. 064.405213

CONSIDERAȚII ASUPRA CALCULULUI FACTORILOR DE FORMĂ

Cătălin –Daniel GĂLĂȚANU

Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași

Rezumat

Lucrarea prezintă rezultatele calculului factorilor de formă între două suprafețe utilizând funcții MATLAB originale, care permit abordarea generalizată a configurațiilor lumino tehnice posibile. Pe baza rezultatelor obținute se demonstrează că factorii de formă nu rămân constanți pe parcursul fiecărei reflexii succesive între două suprafețe. Chiar dacă diferențele nu sunt majore, se propune modificarea formalismului care descrie reflexia multiplă, prin renunțarea la calculul factorilor de formă.

1. Introducere

Sunt disponibile în prezent [1,2] metode de abordare a fenomenului reflexiilor multiple pe baza calculului punctual al iluminării reflectate, analizând factorii lumino tehnici cantitativi (prin urmărirea nivelului de iluminare în planul util) și calitativi (prin analiza distribuției fluxului luminos și determinarea luminanței pe suprafețele caracteristice).

Metodele de rezolvare se bazează atât pe metoda elementelor finite cât și pe metoda schimbului radiativ, considerând următoarele ipoteze simplificatoare: *incinta este paralelipipedică, fără pereți despartitori sau mobilier, iar suprafețele reflectă perfect difuz lumina.*

Funcțiile MATLAB elaborate de autor [3, cap. 3.4] permit modelarea generalizată a sistemelor de iluminat, cu îndeplinirea condițiilor generale cerute unui model experimental. Ele s-au dovedit un instrument de lucru util în studierea și, apoi, fundamentarea teoretică a fenomenului reflexiei multiple. Modelarea în MATLAB a permis calcularea concretă a fiecărei componente a iluminării reflectate, lucru imposibil de realizat experimental.

Precizăm că funcțiile MATLAB utilizate au fost validate prin măsurători sau prin probleme test, putând fi astfel considerate instrument de lucru pentru susținerea metodei științifice utilizate, pe baza căreia se formulează următoarea propoziție:

Noțiunea de FACTOR DE FORMĂ (sau DE UTILIZARE) a unei suprafețe în raport cu alta nu caracterizează CORECT reflexia multiplă, raportul dintre fluxul reflectat pe suprafața S2 de către suprafața S1 depinzând de componenta iluminării directe (condiții inițiale), precum și de fiecare pas al reflexiei.

2. Reflexia multiplă într-o sferă

În literatura de specialitate, fenomenul reflexiei multiple este prezentat prin extrapolarea unor concluzii valabile NUMAI pentru reflexiile multiple într-o sferă. În figura 1 [1, pag 23] se prezintă sfera integratoare, utilizată pentru măsurarea fluxului luminos.

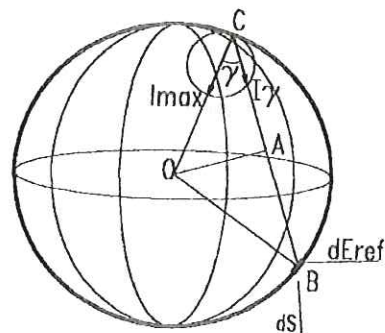


Fig. 1 Reflexia multiplă într-o sferă

Analiza fenomenului reflexiei multiple conduce la următoarele concluzii:

c1. Nivelul de iluminare realizat de prima componentă reflectată este constant pe toată suprafața sferei, indiferent de distribuția inițială și, deci, de poziția sursei.

c2. Componenta reflectată de ordin "n" se obține din componenta reflectată precedentă (de ordinul "n-1"), atenuată cu coeficientul de reflexie.

În viziunea autorului, aceste concluzii, prin claritatea lor, au creat convingerea că pot fi valabile și pentru cavități de forme oarecare [1, vol. 1, pag. 174] sau paralelipipedice [1, pag. 177].

Elementele pe care se bazează concluziile c1 și c2 sunt date de geometria strict particulară a sferei:

- în expresia iluminării – [1, pag.23], valoarea cosinusului unghiului de incidență se simplifică;

- valoarea integralei componente reflec-tate pe întreaga suprafață conduce la valoarea fluxului incident (acest lucru nu va mai fi valabil în cazul reflexiei multiple între două planuri finite);

- geometria particulară a sferei determină în relația (1.22) [1] ca la numitor să se dispună de chiar aria sferei, din raportul respectiv rezultând E_{med} , cu implicații asupra caracterului recursiv al fenomenului.

3. Factorii de formă

Raționamentul conturat mai sus este regăsit și preluat în teoria reflexiei multiple la o serie întreagă de autori [1,2] și se manifestă prin fundamentarea noțiunii de **factor de formă** al unei suprafețe în raport cu alta.

Una dintre cele mai elocvente prezentări a noțiunii de **coeficient de utilizare (de formă)** este disponibilă în [1, vol. 1, pag. 176). Se prezintă pe scurt această problemă, cu comentariile autorului.

Se consideră cazul general a două suprafețe oarecare, perfect difuzante, dintre care una este emițătoare S_k și cealaltă receptoare S_i . În figura 2 se prezintă mărimile geometrice care intervin, cu notațiile corespunzătoare.

Factorul de utilizare între cele două suprafețe este, conform definiției:

$$U_{ki} = \frac{\Phi_{ki}}{\Phi_k} \quad (1)$$

în care Φ_{ki} este fluxul emis de S_k și care ajunge pe S_i iar Φ_k este fluxul emis de S_k (fig. 2).

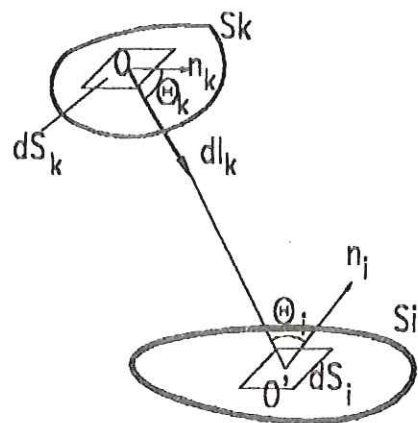


Fig. 2 Factorul de formă între două suprafețe

Expresia fluxului Φ_{ki} rezultă din:

$$d^2\Phi_{ki} = dE_i dS_i \quad (2)$$

în care

$$dE_i = \frac{dI_k \cos \theta_i}{l^2} \quad (3)$$

și

$$dI_k = L_k \cos \theta_k dS_k \quad (4)$$

Se integrează pe ambele suprafețe:

$$\phi_{ki} = \iint_{S_k S_i} \frac{L_k}{l^2} \cos \theta_k \cos \theta_i dS_k dS_i \quad (5)$$

Urmează un punct delicat. Se argumentează că suprafețele sunt perfect difuzante, deci este valabilă legea proporționalității între luminanță și iluminare pentru suprafețe perfect difuzante (Legea lui Lambert):

$$\Phi_{ki} = E_k S_k = \pi L_k S_k \quad (6)$$

În mod evident, luminanța L_k a suprafeței elementare S_k depinde de nivelul său de iluminare (punctual) E_k . Se continuă raționamentul, "ținând seama că $L_k = \text{constant}$ ":

$$U_{ki} = \frac{1}{\pi S_k} \iint_{S_k S_i} \frac{1}{l^2} \cos \theta_k \cos \theta_i dS_k dS_i \quad (7)$$

Remarcăm și la alți autori [2], că afirmația $L_k = \text{constant}$ nu este o ipoteză, nu este o simplificare: << ...where we assume that the luminances L_1 and L_2 are constant (the

surfaces A1 and A2 are Lambertian>>. Însă, reflexia perfect difuză nu conduce la luminanță constantă pe întreaga suprafață decât în cazul în care iluminarea este constantă (*Legea proporționalității dintre iluminare și luminanță*).

Această afirmație ($L_k = \text{constant}$) fiind considerată evidentă, urmează afirmația că relația obținută reprezintă **expresia complexă a factorului de utilizare U_{ki} dependentă de geometria celor două suprafețe S_k și S_i și de poziția lor reciprocă**.

Toate lucrările consultate de autor dezvoltă analiza reflexiei multiple de la acest concept. Indiferent dacă se caută rezolvări pentru incinte paralelipipedice sau se abordează problema numeric, cu element finit, punctul de plecare este același: calculul coeficienților de utilizare (de formă).

Ipoteza că luminanța unei suprafețe este constantă pe toată suprafața este cu totul particulară. Această afirmație se bazează pe dificultățile de realizare practică a unor panouri luminoase [1, vol.1, pag.126] sau tavane luminoase. Aceasta este o consecință a legilor fundamentale ale iluminării, care descriu prin definiție un fenomen nelinier (Legile iluminării se numesc de altfel *legea inversului pătratului distanței* și *legea cosinusului*).

Totuși, în cazul primei reflexii, putem impune ca suprafața luminată (direct) să fie luminată uniform (cazul panourilor luminoase). Mai departe însă, reflexiile a doua, a treia etc. pleacă de la o distribuție a luminanțelor care se modifică la fiecare pas. Dacă mai considerăm că însăși ipoteza ca pasul inițial să plece de la situația $L_k = \text{constant}$ este un caz particular, rezultă că **factorul de utilizare U_{ki} nu caracterizează fenomenul reflexiei multiple între două suprafețe**. Așa cum se va arăta, raportul între fluxul incident și fluxul reflectat între două suprafețe date este variabil, el modificându-se la fiecare reflexie.

Argumentele logice prezentate se confirmă și de modelarea fenomenului reflexiei multiple, prin utilizarea unui set de subrutine elaborate de autor. Se urmărește modelarea unui număr variabil de situații, unele dintre ele cu soluții indicate în literatură, pentru a putea valida însăși modelul și apoi pentru a putea desprinde concluzii noi.

În [4] se prezintă, pe fondul metodei elementului finit, calculul **factorului de**

utilizare dintre un element finit și o suprafață finită (iar ulterior dintre două suprafețe finite). Factorului de utilizare dintre un element finit și o suprafață finită există și are semnificație fizică, dar este neinteresant pentru calcul, deoarece în metoda elementului finit interesează interacțiunea numai dintre elemente finite. Factorul de utilizare dintre un element finit și o suprafață finită ar avea analitic efectul unei medieri a fluxului emis de elementul finit către suprafața finită.

Singura situație interesantă poate fi acceptată în cazul **factorului de utilizare dintre două elemente finite**. Însă, fizic, nu poate fi utilă această noțiune, suprafețele infinite mici neavând individualitate materială. Din punctul de vedere al calculului, ar însemna ca pentru N elemente finite, să se calculeze și să se memoreze încă N^2 elemente suplimentare, pe lângă cele oricum obligatorii pentru fiecare element finit:

- cele trei matrici ale coordonatelor carteziene ale nodurilor rețelei elementelor finite;
- matricile normalelor elementelor finite;
- matricile centrelor elementelor finite;
- matricea suprafețelor elementelor finite;
- matricea reflectanțelor fiecărui element finit;
- matricea iluminărilor parțiale și totale.

Pentru a pune în evidență faptul că fluxul emis de o suprafață și receptat de alta diferă la fiecare pas al reflexiei multiple, se calculează respectiva proporție conform relației (5), dar cu notațiile care exprimă faptul că luminanța nu mai este considerată constantă pe suprafața care emite:

$$\phi_{ki} = \iint_{S_k S_i} \frac{L_k(s_k)}{r^2(s_k, s_i)} \cos \theta_k \cos \theta_i dS_k dS_i \quad (8)$$

Integrala se rezolvă numeric. Nu mai există în acest mod limitări geometrice (funcțiile MATLAB elaborate de autor tratând sub același formalism matricial orice suprafață, de la planuri oarecare, la sferă, etc).

Pentru a valida rutinele de analiză numerică și pentru a putea realiza o comparație cu valorile indicate în lucrări de specialitate care abordează *factorii de formă*, se utilizează probleme test, care modelează diverse situații luminotehnice.

4. Determinarea factorilor de formă pentru reflexii succesive

MODEL 1. Se consideră două suprafețe plane, dreptunghiulare, egale și paralele, de dimensiuni LUNGIME și LĂȚIME. Distanța dintre cele două suprafețe este HAS (fig.3).

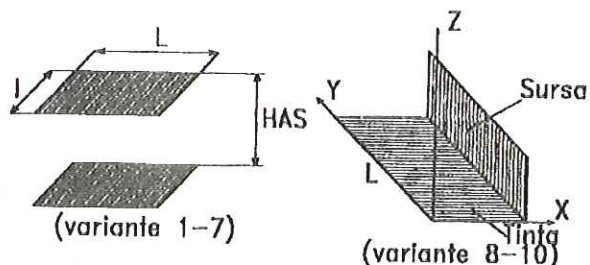


Fig. 3 Geometria problemelor de test pentru calculul factorilor de formă

Una dintre suprafețe (notată S1, poate fi oricare din fig. 3) este luminată cu un nivel constant ($E=100$ lux) și devine sursă pentru prima reflexie, calculându-se iluminarea (punctuală) produsă pe a doua suprafață (S2). Iluminarea calculată pe S2 devine sursă pentru a doua reflexie, de la S2 la S1. La fiecare pas se calculează raportul dintre fluxul emis către suprafața corespondentă și fluxul total reflectat la pasul respectiv.

MODEL 2. Se consideră două suprafețe dreptunghiulare, egale și perpendiculare (fig. 3)

Rezultatele se prezintă tabelar, pentru diverse variante:

Tabel 1.a

Nr. Var.	1	2	3	4	5
Condiții	$E_i=ct.$ HAS=3	$E_i=ct.$ HAS=10	$E_i=ct.$ HAS=100	[0,5;0,5;8]	[5;5;9,5]
Nr. [1,2]	0,70095	0,345961	0,012072	0,345961	0,345961
1. MATLAB	0,7047	0,34649	0,012074	0,2543	0,3334
2. MATLAB	0,72764	0,35649	0,012079	0,3233	0,3314
3. MATLAB	0,73577	0,35950	0,012079	0,3455	0,3281
4. MATLAB	0,73946	0,36077	0,012079	0,3535	0,3465

Tabel 1.b

Nr. Var.	6	7	8	9	10
Condiții	[0,2;0,2;9,5] HAS=10	$E_i=ct.$ HAS=10	$E_i=ct.$	[8; 1; 9]	[8; 20; 2]
Nr. [1,2]	0,345961	0,345961	-	-	-
1. MATLAB	0,2114	0,3455	0,2202	0,1390	0,3328
2. MATLAB	0,3139	0,3555	0,2466	0,2316	0,3170
3. MATLAB	0,3409	0,3585	0,2514	0,2649	0,3125
4. MATLAB	0,3521	0,3598	0,2530	0,2782	0,3108

În tabelul 1.a și 1.b sunt disponibile pe linia a treia rezultatele factorului de formă calculat cu relația indicată în [1, pag. 290], precum și în [2]. Condițiile inițiale de la care se

pleacă sunt iluminări constante ($E_i=ct.$) sau iluminări neuniforme, produse de o sursă punctiformă, cu distribuția intensității luminoase perfect simetrică și plasată în punctul indicat (prin coordonatele $[x;y;z]$) în linia a doua a tabelor (variantele 4, 5, 6, 9 și 10). Pe liniile 4, 5, 6 și 7 ale tabelor sunt rezultatele raportului dintre fluxul luminos receptat de o suprafață, calculat cu (5), față de fluxul total reflectat de cealaltă. Se observă că diferențele cele mai mari se înregistrează pentru iluminările inițiale cele mai neuniforme.

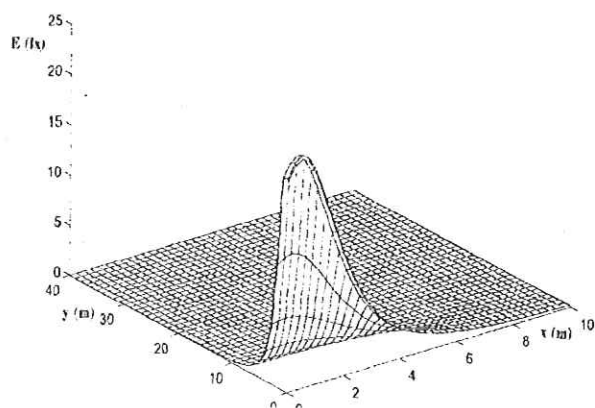


Fig. 4 Distribuția iluminarilor pentru varianta de calcul 4, tabel 1.a – Iluminare inițială neuniformă

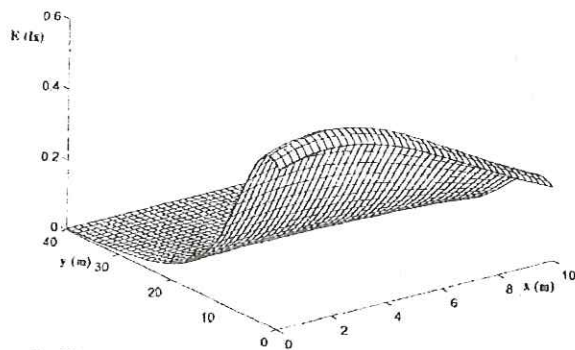


Fig. 5 Distribuția iluminarilor pentru varianta de calcul 4, tabel 1.a – Iluminări produse de reflexia nr. 1

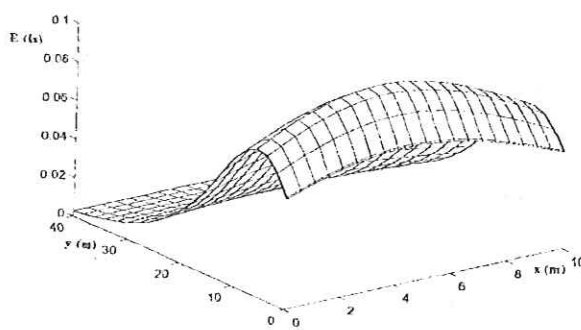


Fig. 6 Distribuția iluminarilor pentru varianta de calcul 4, tabel 1.a – Iluminări produse de reflexia nr. 2

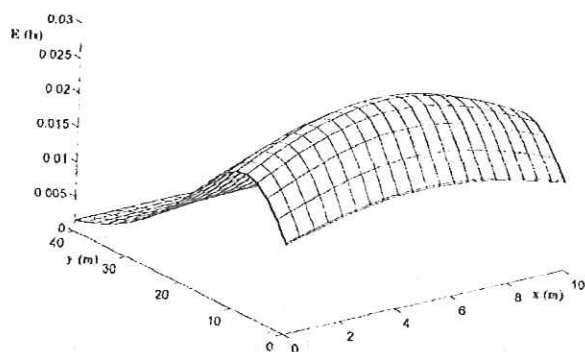


Fig. 7 Distribuția iluminarilor pentru varianta de calcul 4, tabel 1.a – Iluminări produse de reflexia nr. 3 (gradul de uniformitate, relativ la reflexiile anterioare, este mai mare)

Din analiza tabelului și a graficelor (fig. 4 – 7) rezultate în urma modelării în MATLAB, se constată următoarele:

- * *Factorii de formă* nu sunt constanți pentru reflexiile succesive între două suprafețe sau pentru diverse moduri de iluminare inițială;

- * Condiția ca luminanța suprafețelor să fie constantă se poate accepta numai pentru încăperi foarte înalte (variante 3), dar atunci se obține o neconformitate maximă față de teorie pentru reflexia pe suprafețe perpendiculare (variante 9, cu sursa aproape de tavan);

- * Diferențele sunt în general mici (de 1-3%), imposibil de pus în evidență practic, mai ales dacă se pleacă de la iluminări inițiale cvasi-uniforme (variantele 2, 3, 8).

5. Simplificarea formalismului reflexiei multiple

Aceste observații ne permit reinterpretarea bilanțului radiativ prezentat în [1, vol.1, pag.175-177] pentru reflexia multiplă într-o cavitate S_1 care se sprijină pe o a doua suprafață S_2 .

Astfel în [1, pag.175] se precizează că *singura ipoteză simplificatoare* este că suprafața S_2 este perfect absorbantă sau deschisă. Pe baza afirmației că la fiecare reflexie succesivă raportul U_{11} dintre fluxul receptat de suprafața S_1 și receptat tot de ea este constant (factorul de utilizare) se determină fluxul total incident pe suprafața S_1 cu o relație de recurență [1, pag. 184]:

$$\Phi_1 = \varphi_1 \frac{1}{1 - \rho_1 U_{11}} \quad (9)$$

Dacă se consideră evoluția reală a reflexiei, și anume că raportul de fluxuri schimbate este diferit la fiecare pas A, B, C, ... al reflexiei, rezultă că prin sumare nu se mai poate găsi o astfel de relație de recurență.

Analiza și posibilitățile de formalizare a calculului se complică dacă se consideră o incintă delimitată de un număr de suprafețe oarecare. Dacă acest număr este de trei [3, cap. 3.3] trebuie să se calculeze la fiecare pas al reflexiilor fluxurile reflectate de fiecare suprafață (fig. 8) pe celelalte, precum și pe ea însăși (cazul suprafețelor S_2 și S_3 care sunt concave). Acest calcul se continuă pînă la atenuarea componentei reflectate. Practic, chiar pentru coeficienți de reflexie mari, după 4 - 5 reflexii, reflexiile multiple se atenuează sub 5%, putând fi apoi neglijate.

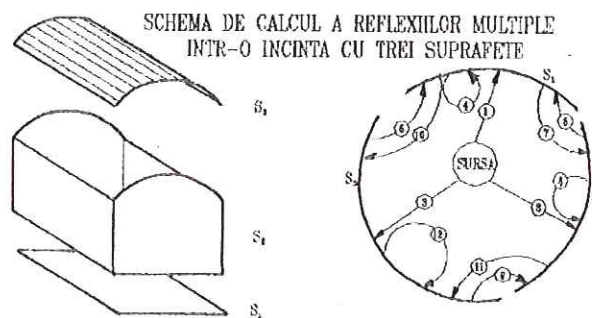


Fig. 8 Reflexia multiplă într-o incintă delimitată prin trei suprafețe - formalizarea calculului pentru evaluarea componentei reflectate

Problema generalizării formalismului prin care să se exprime modul de calcul al componentei reflectate se complică în continuare dacă numărul suprafețelor ce delimitează o încăpere este egal cu șase (paralelipiped) sau mai mare.

Rezolvarea acestei probleme constă în tratarea unitară a suprafețelor. Practic, toate suprafețele se integrează în una singură (fig. 9), fără însă a se compromite identitatea a nici uneia din zonele de interes. Suprafețele sunt tratate numeric, prin discretizare oricât de fină. Discretizarea suprafețelor face ca orice detaliu (fereastră, mobilier, perete) să poată fi identificat, chiar dacă elementele sunt integrate într-o singură matrice a coordonatelor nodurilor elementelor finite.

Chiar dacă se studiază la un moment dat reflexia unei suprafețe oarecare pe altă suprafață oarecare, fără să existe nici o relație de vecinătate între ele, raționamentul rămâne

valabil. Se introduce o suprafață fictivă - cu coeficient de reflexie nul și discretizată grosier - care le va uni pe cele două.

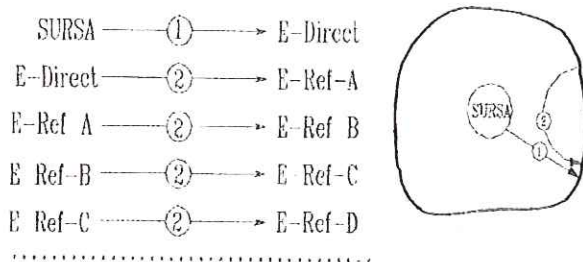


Fig. 9 Reflexia multiplă într-o cavitate

Dacă toate situațiile luminotehnice se rezumă astfel la analiza reflexiilor multiple într-o cavitate (închisă), calculul se reduce formal la două secvențe (fig. 9) :

- calculul componentei iluminării directe, utilizând procedura generală de calcul 1;
- calculul componentei reflectate succesive (pentru pași A,B, C..) utilizând procedura generală de calcul 2.

6. Utilizarea mediului de programare MATLAB

Pentru a putea explicita simplificarea de fond adusă tratării formale a reflexiei multiple, se prezintă modul de apelare pentru funcțiile MATLAB elaborate de autor, în scopul rezolvării celor două proceduri de calcul din figura 9.

6.1. Calculul componentei iluminării directe se rezolvă cu funcția LAMPA. Apelarea acesteia se realizează astfel:

$$E = \text{lampa}(\text{curbe}, \text{punct}, X, Y, Z)$$

Funcția calculează iluminarea suprafeței indicată matricial prin coordonatele punctelor X, Y, Z , de către corpul de iluminat aflat în poziția *punct* (vector cu coordonatele carteziene corespunzătoare) și care are curbele distribuției intensității luminoase *curbe* (matrice în coordonate polare complete, pentru a minimiza interpolările). E este tot o matrice, având dimensiunile impuse de rețeaua pentru care se calculează iluminările.

6.2. Calculul componentei reflectate:

$$E = \text{luminas}(X1, Y1, Z1, XT, YT, ZT, RO, ECC)$$

Funcția LUMINAS calculează iluminarea produsă pe suprafața țintă XT, YT, ZT de către suprafața luminată $X1, Y1, Z1$ cu un nivel de iluminare ECC și care este caracterizată de matricea coeficienților de reflexie RO .

7. Concluzii

Factorii de formă, definiți în prezent ca raport între fluxul primit de o suprafață față de fluxul total reflectat de cealaltă suprafață, variază la fiecare reflexie succesivă. Acest raport nu depinde numai de elementele geometrice, deci el nu poate caracteriza fenomenul reflexiei multiple.

Factorii de formă calculați prin metoda numerică elaborată de autor se verifică prin valorile calculate analitic, dar numai pentru cazuri particulare (luminanță constantă pe suprafața care emite, pentru reflexia inițială).

Utilizarea *factorilor de formă* poate fi restrânsă și datorită faptului că descriu (cu aproximațiile și erorile sesizate) fenomenul reflexiei în mod global, fiind în plus și dificil de calculat pentru suprafețe particulare. Aceste dificultăți sunt depășite prin utilizarea modelului experimental (MATLAB) elaborat de autor și care materializează modelele teoretice generalizate pentru corpurile de iluminat și reflexiile multiple.

Bibliografie

1. Bianchi, C. - *Luminotehnica*, Editura Tehnică, București, 1990
2. Murdoch, Joseph B., - *Illumination Engineering - From Edison's Lamp to the Laser*, Macmillan Publishing Company, New York, 1985
3. Gălățanu, Cătălin-Daniel - *Modelarea sistemelor de iluminat asistată de calculator*, Editura TEHNOPRESS, Iași, 1999
4. Șuvagău C., Bianchi C. - *Metodă de calcul a iluminării reflectate punctuale*, Conferința de Electroenergetică, Timișoara, 1994

Abstract

A new method based on original MATLAB functions is proposed, which allows a more simple and precise determination of the flux transfer between surfaces. The results obtained solving some test problems are used to demonstrate why the form factors are not relevant for the analytical basis of the flux transfer.

Adresa de contact:

Dr. Cătălin Daniel GĂLĂȚANU, Conferențiar
E-mail: cgalatan@ce.tuiasi.ro

MAVILE AN EUROPEAN AND AMERICAN NETWORK ON VISUAL ENVIRONMENT AND EFFICIENT LIGHTING

Carlos KIRSCHBAUM
National University of Tucumán

Introduction

The study and research on lighting at the National University of Tucumán, Argentina, started 40 years ago. At that time Prof. Herberto Bühler founded the Lighting Laboratory as part of the chair on Electrical Installations at the Institute of Electrical Engineering of the Faculty of Exact Sciences and Technology. Since then the activities have been extended continuously covering teaching, research and consulting to private and government institutions of Argentina and Latin-American countries. For the time being the staff are 25 researchers, fellows, technicians and administrative assistants. The Department is placed in a 2000 m² building. The group has strong links with firms, universities and research centres from different countries. The main institutional and academic milestones are:

1963: The laboratory is created as part of the chair on Electrical Installations.

1965: Electrical and photometry instruments were acquired by a loan of the International Bank of Development.

1969: The first luminaries photometric data are obtained by a goniometer, designed and manufactured in Tucumán.

1978: Advanced equipment is incorporated through an agreement between the Argentinean World Football Championship Commission and international lighting firms.

1989: The Postgraduate School on Light and Vision is created. Offers Master and Doctorate degrees for engineers, architects, psychologists and designers. Experts from

Argentina, Germany, England and USA are invited to deliver lectures.

1991: A unit for services and technology transfer to the industry is organised with last generation instruments on optics, spectroradiometry, electricity and vision.

An exchange programme on Training and Research on Lighting is signed with the British Council.

1992: The Laboratory is transformed in Institute on Lighting, Light and Vision. The first doctor Thesis on Light and Vision is approved.

1995: The European Union approves a network of European and Latin American universities on Visual Environment and Efficient Lighting (MAVILE). The co-ordinator is the Department in Tucumán

1995-1999: 10 Magister and Doctor Thesis have been finished.

1998: Diploma on Visual Environment and Efficient Lighting. 12 Specialists got the degree.

1999: New university short term career, 3 years: Technical Designer on Lighting. The Argentinean National Council for Evaluation and Accreditation of Universities accredits the Diploma, Master and Doctorate degrees. An International Seminar on Teaching and Research on Lighting is organised as jubilee about the 10 years of the Postgraduate School on Light and Vision

Objectives of MAVILE

MAVILE is a network of European, Latin American and North American teaching and research groups on lighting, environmental architecture and psychology, optics and vision.

This is a programme for training specialists in the field of visual environment and efficient lighting, with the intention to cover the new needs of the modern world. It aims to obtain a source of competent professionals with the ability to manage tools typical of this kind of knowledge at the academic, private and industrial level in Latin America.

MAVILE deals with: (a) visual relations between the human being and its environment; (b) its improvement; (c) the way people use the visual system in the acquisition and processing of information; (d) the effects of light stimulus on productivity and behaviour; (e) the characteristics of the visual environment, in order to optimise the interface with the human being.

The programme comprises three levels: Diploma, Master and Doctorate in the following subject: Visual Environment and Efficient Lighting. The Diploma programme leads to a Diploma certified degree (as a specialist in lighting). It is meant for engineers, architects, designers and physicists.

First Level: Diploma (6 months full-time)

This level is destined to those who are looking for further training or improvement of their professional profile in this field. They will have to take compulsory courses during 26 weeks, with a minimum load of 25 hours per week, including lectures, laboratory practice and case studies.

Second Level: Master Degree (1 year full-time)

The Master Programme completes the Diploma programme with advanced courses and a thesis on one of the MAVILE subjects. The aim of the thesis is to introduce the student in the scientific-technological research activity and to allow him/her certain autonomous ability to use the tools, which are learned through the courses, applied to a specific subject.

Third Level: Doctorate (2-3 years full time)

Other courses will be added to those of the Diploma/Master programme at this level, to complete the candidate's knowledge, according to the chosen themes and personal interests. The

goal of the thesis is to show autonomy, investigation capacity and critical attitude towards an original work in the field of MAVILE.

Main courses for the MAVILE graduate Program 2000

Module I - Formation and Representation of the Image. Optics, Vision and Photometry.

Language: Spanish.

Duration: 200 hours (20 credits in 2 months), with a 50% practical and laboratory activities.

Lecturers: Dr. E. Colombo¹, Eng. J. Sandoval¹, Dr. M. Pesa², Prof. Dr. A. Viollaz⁴, Eng. L. Assaf¹, MSc. L. Rodríguez Rübke³

Contents: Optical representation of the reality. Properties and limits of images, Instrumental optics, the eye. Resolution power, contrast, aberrations. The human processing of information. Spectral sensitivity and retinal illumination. Visual pathways. Visual functions: adaptation, visual field, visual acuity, spatial and temporal contrast sensitivity, stereoscopic vision, colour vision. Generation and measurement of light. Measurement instruments, lighting sources and auxiliary equipment, detectors, colorimeters, photometry of surfaces. Statistics for experimenters. Design and statistic analysis of data. Use of statistical programmes

Module II - The Human Activity and Visual Environment

Language: Spanish and English

Duration: 100 hours (10 credits in 1 month) with a 50% practical and laboratory activities.

Lecturers: Prof. Dr. C. Kirschbaum¹, Dr. E. Colombo¹, Lic. B. O'Donnell¹, Lic. M. Jaén¹

Contents: The language of light. Visual relation with the environment: psychological and physical dimensions. Visual perception and evaluation of urban and local spaces. Visual efficiency. Specific visual tasks. Abnormal and low vision. Visual stress. Seasonal affective disorders.

Module III - Quantification and Prediction of Lighting.

Language: Spanish and English

Duration: 300 hours (30 credits in 3 months) with a 60% practical and laboratory activities.

Lecturers: Prof. D-ra. L. Mascaró⁸, Dr.-Eng. C. Kirschbaum¹, MSc. M. Raitelli¹, Eng. L. Assaf¹, Prof. Dr.-Ing. H. Hoffmann⁵, Arch. L. Gujarró⁶, Lic. A. Pattini⁷

Contents: Illumination calculation. Calculating methods. Lighting design assisted by computers. Lighting system design, outdoors and indoors. Light and Architecture, Integration of natural light with artificial light, Balance between productivity and well-being. Energetic and economic impact. Operation, regulation, control and maintenance.

1. *National University of Tucumán, Department on Lighting, Light and Vision, Argentina*
2. *National University of Tucumán, Institute of Physics, Argentina*
3. *Catholic University of Valparaíso, Faculty of Engineering, Chile*
4. *National University of Tucumán, Dpto. de Matemáticas, Argentina*
5. *Damstadt University, Faculty of Architecture, Germany*
6. *National University of Tucumán, Faculty of Architecture and Urbanism, Argentina*
7. *National Research Council, Laboratory on Human Environment and Buildings, Mendoza, Argentina*
8. *Federal University of Rio Grande do Sul, Faculty of Architecture, Brasil.*
9. *Univ. Federal de Rio Grande del Sur, Fac. Arquitectura, Brasil.*

Lectures and Seminars on New Technologies on Lighting and control

During the 6 months of the Diploma programme are also offered lectures with the participation of experts from leading industries and lighting firms as well as research centres. The following firms and Institutions have participated in 1998 and will do in 2000 (noticed with *): INTELLUX (Italy), LIGHTING TECHNOLOGIES (USA), ERCO (Germany)*, OSRAM*, PHILIPS*, WAMCO*, STRAND*, FACALU*, MEGA* (Argentina), Applied Laser Laboratory

(Argentina), Light and Radiation Group (France), Lighting Research Centre (USA), Optics Dep. (Valladolid, Spain), Building and Architecture Technology Dep. (Madrid, Spain), Architecture Dep. (Porto Alegre, Brazil)*.

Themes for thesis

A) Themes for the Master Programme

1. **Lighting and preventive conservation of monuments and historical places.** Polytechnic Univ. Madrid; Institute for Conservation and Restoration of Cultural Goods, Spain. Dr. R. Puentes García, Lic. M. A. Rodríguez Lorite (Madrid).
2. **Energetic Management and Economy of Road Lighting Systems.** Polytechnic Univ. Catalunya; Catholic Univ. Valparaíso. M.Sc. E. Piraino Davidson (Chile); Dr. R. San Martín Paramo (Barcelona), Mag. Eng. E. Manzano (Argentina)
3. **Design of Energetically Efficient Luminaries. Optical Treatment.** Univ. Valladolid; Polytechnic Univ. Catalunya, Spain. Dr. J. Vizmanos (Valladolid); Dr. R. San Martín Paramo (Barcelona), Eng. J. Sandoval, (Argentina).
4. **Effects of Lighting in the Appearance of Persons, Objects and Places. Influence in Behaviour.** National Univ. Tucumán, A. Dr. C. Kirschbaum, M.Sc. G. Tonello.
5. **Physiological Optics and Image Processing.** Univ. Murcia; S; Bristol, Nottingham, Newcastle, (UK); Tucumán, (A). Dr. P. Artal (S); or Ph.D. T. Troscianko (UK); MSc A. Párraga (A), Ph.D. M. Bloch (A) or Ph.D. A. Derrington (UK) or Dr. E. Colombo (A)
6. **Energy Efficient Lighting in Buildings.** National Univ. Tucumán, Argentina. Eng. L. Assaf, M.Sc. M. Raitelli

B) Themes for the Doctorate Programme

1. **Lighting and Perception of Urban Spaces and Buildings and the Impact on its Users and the Environment.** Federal Univ. Rio Grande do Sul, Brazil. National Univ.

Tucumán. Dr. L. Mascaró, Dr. C. Kirschbaum, Mag. Eng. E. Manzano, Argentina. *Courses*: Daylighting, scaled on building and urban spaces; use of light as an element of architectural composition; integration of daylight and artificial lighting systems in architectural and urban projects; lighting and temperature performance of vegetation. Visual environment

2. **Lighting of Monuments and Historical Sites. Radiation Effects on Art Works.** Polytechnic Univ. Madrid, Institute for Conservation and Restoration of Cultural Goods, Spain. Dr. R. Puentes García, Lic. M. A. Rodríguez Lorite. *Course*: Design and radiation effects on materials.
3. **Efficient Lighting of Working places.** National Univ. of Tucumán and Department of Civil Engineering and Buildings from the National School for Public Works of Lyon, France. Dr. C. Kirschbaum and Dr. M. Fontoynont. *Courses*: Visual environment (Tucumán); Advanced Lighting (Lyon).
4. **Daylighting Design.** Univ. Liverpool and National Univ. Tucumán. Dr. D. Carter (UK), MSc), Ph.D. M Fontoynont (France), Lic. A. Pattini(A). *Courses*: Daylighting Design. Effects of Daylighting on humans
5. **Colorimetry, Spectra and Sensors with Matrix CCD Arrangement.** Univ. Valladolid, S, Dr. J. Vizmanos, MSc Ing. A. Cabello (A). *Courses*: The image in artificial lighting; Spectroradiometry.
6. **The Influence of the Visual Environment on Comfort.** National University Tucumán. Prof. A. Wilkins (UK), Dr. C. Kirschbaum, Prof. Peter Boyce (USA), M.Sc. G. Tonello (A), *Courses*: Visual Stress. Visual Environment
7. **Non-Visual Effects of Light and Colour.** Univ. of Lund, Sweden, Univ. Nacional Tucumán. Dr. R. Küller, MSc. G. Tonello (A). *Courses*: Environmental Psychology.
8. **Colour Appearance.** *Place*: Univ. Newcastle, UK. Dr. A. Hurlbert,. *Course* The vision of colours
9. **Spatial and Temporal Aspects of Visual Process. Adaptation.** Univ. Nottingham,

National Univ. Tucumán. Ph.D.A. Derrington (UK), Dr. E. Colombo (A). *Course*: Processing of early visual information

10. **Human and Computer Vision.** Univ. of Bristol, UK, Univ. of La Plata, A, Dr. T. Troscianko, Dr. M. Garavaglia. *Course*: Human Visual Information Processing
11. **Physical Limits of Vision.** Univ. of Murcia, S. Dr. P. Artal. *Courses*: Physiological optics and image processing.
12. **Vision: Adaptation and Lighting.** National University of Tucumán, Dr. E. Colombo. *Courses*: Early vision and temporal aspects of vision.

Information:

Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión,
Universidad Nacional de Tucumán
Av. Independencia 1 800, 4000-Tucumán, Argentina
Tel./Fax: +54. 381. 4361936
e-mail: ilum@herrera.unt.edu.ar
Prof. Dr.-Eng. Carlos Kirschbaum
Academic Director of MAVILE
Ckirschbaum@arnet.com.ar



Born in San Miguel de Tucumán, Argentina, 11/09/1944

1973, Licenciado en Física, Universidad Nacional de Tucumán, orientation Lighting. Supervision: Prof. Lic. Oreste Santochi

1981, Doktor-Ingenieur, Technisches Universität Berlin, Doktor Thesis: Über die Messung

der Sichtbarkeit. Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krochmann.

1973-1976 Research Assistant, Lighting Laboratory, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Prof. Ing. Herberto C. Bühler.

March 1976 - January 1978, Researcher, Fellowship from Danish Development Agency, Danish Illumination Laboratory, Lyngby, Denmark. Research work: Measurement of reflection properties of road surfaces. Contrast sensitivity of the human eye. Dipl. Ing. Erik Frederiksen.

February 1978 - September 1981. Researcher, Institut für Lichttechnik, Technische Universität Berlin, Subject: Development of a Visibilitymeter. Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krochmann.

Since June 1982 Senior Researcher. National Research Council, Argentina. Lighting Laboratory, Universidad Nacional de Tucumán.

Since June 1992, Professor on the field Lighting, Since November 1992, Academic Director of the Postgraduate School on Light and Vision, Since April 1997, Academic Director of International Diploma on Visual Environment and Efficient Lighting, Faculty of Exact Sciences and Technology, Department on Lighting, Light and Vision, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

MAVILE O REȚEA EUROPEANĂ ȘI AMERICANĂ PENTRU MEDIU AMBIANT VIZUAL ȘI ILUMINAT EFICIENT

Introducere

Studierea și cercetarea în iluminat la Universitatea Națională din Tucumán, Argentina a început în urmă cu 40 ani. Atunci, Prof. Herberto Bühler a creat Laboratorul de Iluminat ca parte a catedrei de Instalații Electrice la Institutul de Inginerie Electrică din Facultatea de Științe Exacte și Tehnologie. De atunci, activitățile au fost extinse continuu acoperind învățământul, cercetarea și consultingul pentru instituții particulare și private din Argentina și țările Latino-Americane. În prezent, staff-ul cuprinde 25 cercetători, bursieri, tehnicieni și asistenți administrativi. Departamentul este amplasat într-o clădire de 2000 m². Grupul are strânse legături cu firme, universități și centre de cercetare din diferite țări. Principalele jaloane instituționale și academice sunt:

1963: Laboratorul este creat ca parte a Catedrei de Instalații Electrice

1965: Instrumentație electrică și fotometrică a fost achiziționată print-un împrumut al Băncii Internaționale de Dezvoltare.

1969: Primele date fotometrice pentru corpuri de iluminat au fost obținute cu un goniofotometru proiectat și realizat la Tucumán.

1978: Echipament avansat (performant) este încorporat printr-un acord între Comisia Campionatului Mondial de Fotbal și firme internaționale de iluminat.

1989: Școala postuniversitară în Lumină și Vedere este creată. Oferă studii de Master și

Doctorat pentru ingineri, arhitecți, psihologi și proiectanți. Experți din Argentina, Germania, Anglia și SUA sunt invitați să susțină prelegeri.

1991: O unitate pentru servicii și transfer tehnologic către industrie este organizată cu cea mai nouă generație de instrumente optice, spectroradiometrie, electricitate și vedere.

Un program de schimburi în pregătire și cercetare în iluminat este semnat cu Consiliul Britanic.

1992: Laboratorul este transformat în Institut de Iluminat, Lumină și Vedere. Prima Teză de doctorat în Lumină și Vedere este aprobată.

1995: Uniunea Europeană aprobă o rețea de universități Europene și Latino-Americane în Mediu Ambiant Vizual și Iluminat Eficient (MAVILE). Co-ordonatorul este Departamentul din Tucumán

1995-1999: 10 teze de Magister și Doctor au fost finalizate.

1998: Diploma în Mediu Ambiant Vizual și Iluminat Eficient. 12 specialiști au primit gradul.

1999: O nouă formă de pregătire de scurtă durată, 3 ani: Proiectant tehnic în iluminat. Consiliul Național Argentinian pentru Evaluare și Acreditare Universitară acreditează studiile de Diploma, Master și Doctorat. Un Seminar Internațional în Învățământ și Cercetare în Iluminat este organizat ca un jubileu de 10 ani de Școală Postuniversitară în Lumină și Vedere.

Obiectivele MAVILE

MAVILE este o rețea de grupuri de instruire și cercetare în iluminat, arhitectura și psihologie, optică și vedere din Europa, America Latină și America de Nord. Acesta este un program de pregătire a specialiștilor în domeniul mediului ambiant vizual și iluminatului eficient, cu intenția de a acoperi noile necesități ale lumii moderne. Scopul acestuia este de a obține o sursă de profesioniști competenți cu abilitate de stăpânire a acestor cunoștințe la nivel academic, pentru sectorul privat și industrial din America Latină. MAVILE tratează: a) relațiile vizuale între om și mediul înconjurător; b) îmbunătățirea acestora; c) modul în care oamenii folosesc sistemul vizual în obținerea și procesarea informațiilor; d) efectele

stimulilor de lumină asupra productivității și comportamentului uman; e) caracteristicile mediului vizual pentru a optimiza interfața cu ființa umană. Programul cuprinde trei niveluri: Diploma (de absolvire), Master și Doctorat, cu următorul subiect: Mediu ambiant vizual și Iluminat Eficient. Programul pentru Diploma conduce la un certificat de specialist. Diploma certifică gradul (ca specialist în iluminat). Este destinat inginerilor, arhitecților, proiectanților și fizicienilor.

Primul nivel: DIPLOMA (6 luni full-time)

Acest nivel este destinat acelor care doresc o pregătire suplimentară sau îmbunătățirea cunoștințelor profesionale în acest domeniu. Aceștia trebuie să participe la cursuri obligatorii. Acest program se desfășoară pe durata a 26 de săptămâni, cu 25 de ore pe săptămână, incluzând cursuri, lucrări de laborator și studii de caz.

Al doilea nivel: Master (1 an full-time)

Programul Master vine în completarea programului Diploma cu cursuri avansate și o teză cu unele din subiectele MAVILE. Scopul tezei este de a introduce studentul în activitatea de cercetare științifică-tehnologică și pentru a-i oferi autonomie în utilizarea instrumentelor în timpul cursurilor, aplicate pe subiect specific.

Al treilea nivel: Doctorat (2-3 ani full-time)

La acest nivel, alte cursuri vor fi adăugate celor din cadrul programelor Diploma / Master pentru a completa cunoștințele candidaților în conformitate cu temele alese și interesele personale. Scopul tezei este de a arăta capacitatea de investigare, autonomia și atitudinea critică împreună cu lucrarea originală în domeniul MAVILE.

Cursuri principale (de bază) ale programului MAVILE 2000

Modulul I – Formarea și Reprezentarea Imaginii. Optică, Vedere și Fotometrie.

Conținut: Reprezentarea optică a realității. Proprietățile și limitele imaginilor, Optica instrumentală, ochiul. Puterea de rezoluție, contrastul, aberațiile, etc. Procesarea informației.

Sensibilitatea spectrală și iluminarea retinei. Căile vizuale. Funcțiile vizuale: adaptarea, câmpul vizual, acuitatea vizuală, sensibilitatea de contrast temporal și spațial, vederea stereoscopică, vederea culorii. Generarea și măsurarea luminii. Instrumente de măsurare, surse luminoase și echipamente auxiliare, detectori, colorimetre, fotometrie a suprafețelor. Statistică pentru experimentatori, proiectarea și analiza statistică a datelor. Utilizare programelor statistice.

Modulul II – Activitatea umană și Mediul înconjurător

Conținut: Limbajul luminii. Relația vizuală cu mediul: dimensiuni fizice și psihologice. Percepția vizuală și evaluarea spațiilor locale și urbane. Eficiență vizuală. Sarcini vizuale specifice. Vedere scăzută și neadecvată. Stress vizual. Deranjamente afective caracteristice.

Modulul III – Cuantificarea și Prezicerea Iluminatului

Conținut: Calculul iluminării. Metode de calcul. Proiectarea sistemelor de iluminat, interioare și exterioare. Lumina și Arhitectura. Integrarea luminii naturale cu lumina artificială. Balanța dintre productivitate și starea de bine (confort). Impactul energetic și economic. Funcționarea, reglarea, controlul și întreținerea.

Cursuri și Seminarii de Noi Tehnologii în Iluminat și Control

Pe durata de 6 luni a programului de Diploma se desfășoară cursuri cu participarea experților de la întreprinderi de vârf și companii de iluminat precum și din centre de cercetare; sunt menționate firmele care au participat în 1998 și care vor participa în 2000 (notate cu *).

Teme pentru teze

A) Teme pentru Programul Master

1. Iluminatul și conservarea preventivă a monumentelor și locurilor istorice.
2. Managementul energetic și Analiza economică a sistemelor de iluminat rutier.

3. Proiectarea corpurilor de iluminat eficient energetic. Tratament optic.
4. Efectele iluminatului la vizualizarea spațială a persoanelor, obiectelor și locurilor. Influența asupra comportamentului.
5. Optica fiziologică și Procesarea Imaginii.
6. Iluminatul eficient energetic în clădiri.

B) Teme pentru Programul de Doctorat

1. Iluminatul și percepția spațiilor urbane și clădirilor și Impactul asupra utilizatorilor și mediului. *Cursuri:* Lumina naturală măsurată în spații urbane și clădiri; utilizarea luminii ca element al compoziției arhitecturale; integrarea sistemelor de iluminat natural și artificial în proiectele arhitecturale și urbane; iluminatul și temperatura cerute de vegetație; mediul vizual.
2. Iluminatul monumentelor și locurilor istorice. Efectele radiației asupra lucrărilor de artă. *Curs:* Proiectarea și efectele radiației asupra materialelor.
3. Iluminatul eficient al locurilor de muncă. *Cursuri:* Mediul Vizual (Tucumán); Iluminatul avansat (Lyon).
4. Proiectarea iluminatului natural. *Cursuri:* Proiectarea iluminatului natural. Efectele luminii naturale asupra ființelor umane.
5. Colorimetrie, Spectru și Senzori cu aranjament matricial CCD. *Cursuri:* Imaginea în iluminatul artificial. Spectroradiometrie.
6. Influența mediului vizual asupra confortului. *Cursuri:* Stressul vizual. Mediul vizual.
7. Efectele non-vizuale ale luminii și culorii. *Cursuri:* Psihologia ambientală.
8. Aspectul colorimetric. *Curs:* Vederea culorilor.
9. Aspectele spațiale și temporale ale procesului vizual. Adaptarea. *Curs:* Procesarea informației vizuale primare.
10. Vederea umană și computerizată. *Curs:* Procesarea informației vizuale umane.
11. Limitele fizice ale vederii. *Cursuri:* Optica fiziologică și procesarea imaginii.
12. Vederea: Adaptare și Iluminat. *Cursuri:* Vederea primară și aspecte temporare ale vederii.

ENERGY SAVINGS THROUGH DAYLIGHT

Jorma LEHTOVAARA & Eino TETRI
HUT – Helsinki University of Technology

Abstract

Fluorescent lamps can be dimmed according to daylight using dimmable ballast and a sensor that measures the daylight. The amount of daylight inside is dependent on, for instance, the size and shape of the windows and the point of the compass. Lighting control systems were tested in an office room. Energy savings through daylight in a test week were 54% and 67% depending on the control system and the weather. When old luminaires with conventional magnetic ballasts are replaced with new ones with electronic ballasts, the total energy savings can be 75%.

1 Availability of daylight

The amount of daylight inside is dependent on many variables. These are, for instance, the size and shape of the windows, the point of the compass, the shape and surface reflectances of the room and external barriers shadowing the windows. The daylight coming inside is not directly proportional to the horizontal illuminance outside, but is dependent on the direction of the sun and the brightness of the sky. Even on cloudy days the daylight inside can be high, if the luminance of the clouds facing the windows is high. In contrast, a clear, blue sky can cause quite low daylight levels inside.

2 Lighting control units

To achieve the theoretical savings, the lighting control system should be automatic with the possibility of manual control. Fluorescent lamps can be dimmed according to daylight using dimmable ballasts and a sensor that measures the daylight. The sensor can be a photoresistor, which is affixed to the lamp and connected directly to dimmable ballast. The sensitivity of

the resistor can be adjusted by resizing the light aperture. More developed sensors contain electronics that, for instance, generate hysteresis for the sensor. Then momentary daylight changes do not affect the artificial lighting. The dimmable electronic ballast is always needed in addition to the sensor. The dimmable electronic ballast will raise the price of the luminaire considerably.

It is advisable to dim the lamps near the windows more than those that are farther from the windows. Thus, the visual conditions are kept good and balanced throughout the room. The efficiency of a lighting control system is determined not only by the energy savings, but also by how it fulfils the requirements for a good visual environment and users' needs.

3 Efficacy of dimming

When a fluorescent lamp is dimmed, both the luminous flux and the power are reduced. When the luminous flux is on the minimum level (1...5%), the power is still about 20%. Thus, the luminous efficacy (lm/W) is reduced especially on low light levels, as Fig. 1 shows.

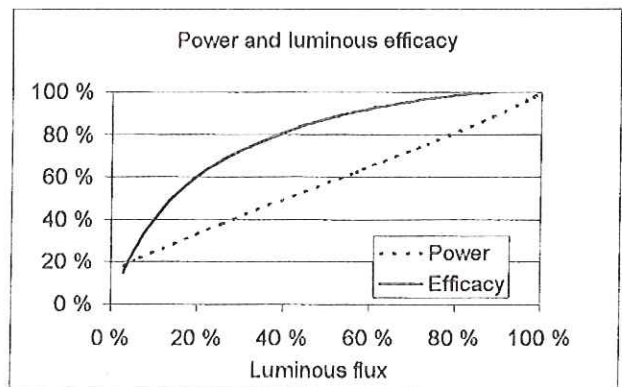


Fig. 1 The relative power and luminous efficacy of the lamp and the electronic ballast when lamp is dimmed.

The illuminance of an installation will decrease due to lamp lumen depreciation and accumulation of dirt on lamps and luminaires. The designed initial illuminance is considerably higher than the illuminance before cleaning and relamping. One advantage of the lighting control system is the possibility to reduce the illuminance of a new installation. The lighting control system keeps the illuminance on the chosen level over the replacement interval.

4 Renovation projects

In old installations luminaires with 2 lamps are common. These luminaires often have very poor efficiency. In Finland old ballasts still exist, which have 220 V rated voltage. The rated supply voltage is now 230 V. These old ballasts have large thermal losses when the voltage is 230 V. The new light sources have greater efficacy and the optical efficiency of the new luminaires can be considerably higher than that of the old ones.

When luminaires are replaced with new ones, 30% of the energy can be saved and the lighting is still improved. If the new luminaires have electronic ballasts, then the savings are about 20% higher. When lighting is dimmed according to daylight and the use of lighting is mostly in the daytime, then the control system can reduce the use of electricity about 50% compared to an undimmable system. Thus, the energy savings in a renovation project can be as high as 75% compared to the original lighting system.

5 Presence sensor

Presence sensors can give some extra savings. They can either switch off the lighting or dim it to a minimum level, when the room has been empty for a while. When a presence sensor is used in addition to a daylight sensor, the extra savings can be quite moderate. For instance, if a person leaves the room only in the middle of the day for lunch, when the artificial lighting and the power are already dimmed on a low level. The biggest advantage of the presence sensor can be achieved in winter in the morning or in the evening.

6 Effect of dimming on lamp life

A recent study in the Lighting Laboratory showed that the effect of dimming on lamp life and lumen reduction is negligible. The lamp or the electronic ballast is thus not an obstacle to wider use of daylight with artificial lighting.

7 Measurements in office room

An example is test results of dimming according to daylight in an office room. Measurements were made during one week in August.

7.1 Lighting control systems

Els, manufactured by Etap

The system controls the power and light output of the fluorescent lamp(s) per luminaire in accordance with the luminance (brightness) of the surface area illuminated by the luminaire. The system controls the light level with no delay. The system is made up of one LDR (Light Depending Resistor) sensor fixed directly on the lamp, facing downwards, and connected to the terminals of the HF ballast. For the calibration of the system there is an adjusting ring in the sensor.

Mimo 2, manufactured by Helvar

The new Helvar MIMO 2 system controls the power and light output of the fluorescent lamp(s) per luminaire in accordance with the luminance (brightness) of the surface area illuminated by the luminaire. The system electronics controls the light level with a delay of a few minutes. The system is made up of one tubular sensor and an electronics package installed in a luminaire, sensor side facing downwards, and connected to the terminals of the HF ballast. For the calibration of the system there is an aperture ring in the sensor.

The calibration of the systems is easy with a luxmeter during the night or on a cloudy day with the blinds down.

7.2 Measurements

In the office room there were two 58 W luminaires. The minimum target values for the illuminances were 500 lx on the desk and 300 lx in the back of the room. Both dimming systems

were measured for a period of one week. The weather during the test weeks was mostly sunny or semi-cloudy. In both test weeks there was, however, one cloudy day. The outdoor illuminance during one working day is shown in Fig. 2.

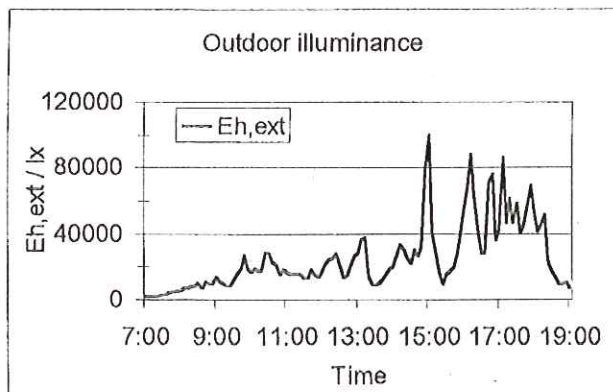


Fig. 2 Outdoor illuminance during a working day (measured 12.8.1999).

7.3 Results

When lighting is dimmed according to daylight, the lamps are dimmed continuously as Fig. 3 shows. The lamp in a luminaire near the window is dimmed to the minimum level for long periods. The power consumption on the minimum lighting level is about 20%. The lamp in a luminaire in the back of the room is dimmed quickly from 70% power level to minimum level.

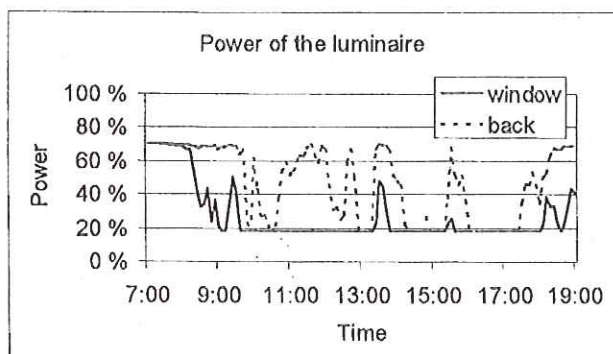


Fig. 3 The luminaires near the window and in the back of the room were dimmed according to daylight (measured 12.8.1999).

The target values without daylight were achieved without 100% artificial lighting level. With 70% power consumption, the light levels without daylight were the required 300 lx or 500 lx.

During the test week, the savings due to daylight varied daily from 54-65% with the luminaire near the window and 37-55% in the back of the room with one system. With the other systems, the savings were 71-75% with the luminaire near the window and 44-68% in the back of the room. Considering both luminaires, the energy savings through daylight during one week were 54% with one system and 67% with the other.

Fig. 4 shows the illuminance of the desk. The minimum target value was 500 lx. The minimum value is exceeded for the whole day. The working day in Fig. 4 is the same as in Fig. 2 and Fig. 3.

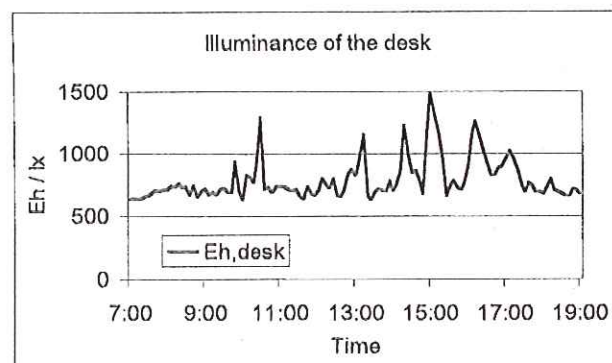


Fig. 4 Illuminance of a desk during a working day (measured 12.8.1999).

8 Discussion

Energy savings through daylight can be more than 50%. When old luminaires with conventional magnetic ballasts are replaced with new ones with electronic ballasts, the total energy savings can be 75%. Extra benefits are flicker-free light and longer lamp-life. However, the electronic ballast is much more expensive than conventional ballast. The profitability of the renovation is dependent, among other things, on the price of the electricity and annual burning hours.

Jorma LEHTOVAARA

M.Sc., Research Scientist

Eino TETRI

Lich. Tech., Research Scientist

Electrical and Communications Engineering

Department / Lighting Laboratory

P.O.Box 3000, FIN-02015 HUT, Finland

www.hut.fi/Units/Lighting/

ECONOMII DE ENERGIE PRIN LUMINA ZILEI

Rezumat

Lămpile fluorescente pot fi reglate (*"to dimm"* – a micșora fluxul luminos emis de lampă) în funcție de lumina zilei folosind un balast cu reglabil și un senzor care măsoară lumina naturală. Cantitatea de lumină naturală din interior depinde de exemplu de dimensiunea și forma ferestrelor și de punctul cardinal. Sistemele de control al iluminatului au fost testate într-un birou. Economia de energie realizată într-o săptămână, prin folosirea luminii naturale relevată într-un test este între 54% și 67%, în funcție de sistemul de control și condițiile de vreme. Când vechile corpuri de iluminat cu balast magnetic convențional sunt înlocuite cu unele noi cu balast electronic, economia totală de energie poate fi de 75%.

1 Disponibilitatea luminii naturale

Cantitatea de lumina naturală din interior depinde de mai mulți factori. Aceștia pot fi, de exemplu, dimensiunea și forma ferestrelor, punctul cardinal, forma și suprafața reflectorizantă a camerei și barierele exterioare care umbresc fereastra. Lumina naturală care pătrunde în interior nu este direct proporțională cu iluminarea orizontală din exterior, dar este dependentă de direcția soarelui și de strălucirea cerului. Chiar și în zilele înnorate lumina naturală din interior poate fi mare, dacă luminanța norilor văzuți prin ferestre este intensă. În contrast, un cer senin, albastru, poate cauza niveluri slabe de lumină naturală în interior.

2 Unitățile de control al iluminatului

Pentru a realiza economii teoretice, sistemul de control al iluminatului ar trebui să fie automat cu posibilitatea de control manual. Lămpile fluorescente pot fi reglate în funcție de lumina naturală folosind balasturi reglabile și un senzor care măsoară lumina naturală. Senzorul poate fi un fotorezistor care este fixat pe lampă și conectat direct la balast. Sensitivitatea rezistorului poate fi ajustată redimensionând deschiderea luminoasă. Senzori mai dezvoltati conțin componente electronice care, de exemplu, generează bruiaje senzorului. Schimbările momentane ale luminii naturale nu afectează iluminatul artificial. Balastul reglabil electronic este întotdeauna necesar. Balastul va crește considerabil prețul instalației de iluminat.

Este de dorit să fie reglate lămpile de lângă fereastră, mai mult decât cele plasate mai departe. Atunci, condițiile vizuale sunt păstrate în limite bune și echilibrate pe suprafața camerei. Eficiența unui sistem de control al iluminatului este determinată nu numai de cantitatea de energie economisită, ci și de modul de îndeplinire a cerințelor pentru un mediu vizual bun și a necesităților utilizatorului.

3 Eficiența reglajului

Când o lampă fluorescentă este reglată, atât fluxul luminos cât și puterea sunt reduse. Când fluxul luminos este la nivelul minimum (1...5%), puterea este la aproximativ 20%. Astfel, eficiența luminoasă (lm/W) este redusă, în special la niveluri de lumină reduse – figura 1. Iluminarea unei instalații va scădea datorită deprecierei fluxului luminos și acumulării de praf pe lămpile și corpurile de iluminat. Iluminarea inițială proiectată este considerabil mai mare decât iluminarea de dinaintea curățirii și înlocuirii lămpilor. Un avantaj al sistemului de control al iluminatului este posibilitatea de a reduce iluminarea unei noi instalații. Sistemul de control al iluminatului păstrează iluminarea la nivelul ales în intervalul de înlocuire.

4 Proiectele de renovare

În instalațiile vechi corpurile de iluminat cu 2 lămpi sunt uzuale. Aceste corpuri de iluminat au în mod frecvent o eficiență slabă. În Finlanda vechile balasturi încă mai există și au o alimentare la 220V. Tensiunea de alimentare utilizată acum este de 230V. Aceste balasturi vechi prezintă mari pierderi termice când tensiunea este de 230 V. Noile surse luminoase au o eficiență mai mare și eficiența optică a noilor corpuri de iluminat este considerabil mai mare decât a celor vechi.

Când corpurile de iluminat sunt înlocuite cu cele noi, 30% din energie poate fi economisită, și iluminatul este îmbunătățit. Dacă noile corpuri de iluminat au balasturi electronice, atunci economiile de energie cresc cu încă 20%. Când iluminatul este reglat în funcție de lumina naturală și este folosit mai ales pe timpul zilei, sistemul de control poate reduce consumul la 50% față de un sistem necontrolat. Economii de energie realizate ca urmare a unui proiect de renovare pot fi de 75% comparate cu sistemul original de iluminat.

5 Senzorul de prezență

Senzorul de prezență poate produce economii în plus. El poate de asemenea să întrerupă iluminatul sau să-l reducă la un nivel minim, atunci când camera este neocupată. Când este folosit un senzor de prezență pe lângă un senzor pentru lumina naturală, economiile făcute în plus nu sunt prea mari. De exemplu, dacă o persoană părăsește încăperea doar la pauza de masă, când lumina artificială și puterea sunt deja reduse la un nivel minim. Cel mai mare avantaj al senzorului de prezență poate fi obținut iarna, dimineața sau seara.

6 Efectul reglării asupra duratei de viață a lămpii

Un studiu recent realizat în Laboratorul de Iluminat a arătat că efectul de reglare asupra duratei de viață a lămpii este neglijabil. Lampa sau balastul electronic nu sunt niciunul un obstacol în folosirea pe scara largă a luminii naturale în combinație cu lumina artificială.

7 Măsurători în birou

Un exemplu este rezultatele testului de reglare în funcție de lumina naturală într-un birou. Măsurătorile au fost făcute în timpul lunii August.

7.1 Sisteme de control al iluminatului

Els, fabricat de Etap. Acest sistem controlează puterea și fluxul luminos al lămpilor fluorescente pe în funcție de luminanța (strălucirea) suprafeței ariei iluminate de corpul de iluminat. Sistemul controlează nivelul de iluminare fără nici o întârziere. Sistemul este format dintr-un senzor LDR (Rezistor Dependent de Lumină) fixat direct pe lămpă, cu fața întoarsă, și conectat la terminalele balastului HF. Există un inel de ajustare pentru calibrarea sistemului.

Mimo 2, fabricat de Helvar. Noul sistem MIMO 2 Helvar controlează puterea și fluxul luminos al lămpii (lămpilor) fluorescente în funcție de luminanța (strălucirea) suprafeței ariei iluminate de corpul de iluminat. Sistemul controlează nivelul de iluminare cu o întârziere de câteva minute. Sistemul este compus dintr-un senzor tubular și un montaj electronic introdus în corpul de iluminat, cu senzorul conectat la terminalele balastului HF. Pentru calibrarea sistemului există o deschidere inelară în senzor.

Calibrarea sistemelor este ușor de realizat cu un luxmetru pe timpul nopții sau într-o zi noroasă cu storurile trase.

7.2 Măsurătorile

În birou existau două corpuri de iluminat de 58 W. Valorile minime ale iluminării au fost de 500 lx pe birou și 300 lx în spatele camerei. Ambele sisteme de diminuare au fost măsurate pe durata unei săptămâni. Vremea în timpul săptămânii de test a fost în mare parte însorită sau semi-înnorată. În ambele săptămâni de teste a fost oricum, măcar o zi înnorată. Iluminarea exterioară într-o zi de lucru este dată în figura 2.

7.3 Rezultatele

Când iluminatul este reglat în funcție de lumina naturală, lămpile sunt reglate continuu după cum se vede în figura 3. Lampa dintr-un corp de iluminat de lângă fereastră a fost reglată la nivelul minim pentru perioade lungi. Consumul de putere la nivelul minim de iluminat este de aproximativ 20%. Lampa dintr-un corp de iluminat plasat în spatele camerei este reglată de la 70% până la un nivel minim de putere.

Valorile țintă fără lumină naturală au fost obținute fără 100% nivel de iluminat artificial. Cu un consum de putere de 70%, nivelurile de iluminare fără lumină naturală au fost de 300 sau 500 lx.

În timpul săptămânii de test, economiile au variat zilnic în funcție de variația luminii naturale, între 54-65% cu corpul de iluminat plasat lângă fereastră și 37 - 55% în cel plasat în spatele camerei cu un sistem. Cu celălalt sistem, economiile au fost de 71 - 75% cu corpul de iluminat plasat lângă fereastră și de 44 - 68% în spatele camerei. Luând în considerare ambele corpuri de iluminat, economia de energie pe timpul zilei în timpul unei săptămâni a fost de 54% cu un sistem și de 67% cu celălalt.

8 Concluzii

Economiile de energie pe timpul zilei pot fi mai mari de 50%. Când vechile corpuri de iluminat cu balast magnetic convențional sunt înlocuite cu unele noi cu balast electronic, economia totală de energie poate fi de 75%. Alte beneficii în plus ar fi un iluminat fără pâlpâire a luminii și o viață mai lungă a lămpilor. Totuși, balastul electronic este mult mai scump decât cel convențional. Profitabilitatea renovărilor depinde, printre altele, de prețul electricității și orele totale de funcționare anuale.

VISIBILITY MEASUREMENTS WITH CCD IN ROAD LIGHTING

Eduardo R. MANZANO ^{† #} Alberto J. CABELLO ^{‡ #}

Universidad Nacional de Tucumán

Abstract

The paper describes the evaluation of visibility levels for road lighting in Tucumán, Argentina, by means of CCD image processing. The visibility is evaluated for flat standing targets of 20x20 cm with 10, 25, 35, 48 and 58% reflectance at different locations over the road. The methodology employed, the equipment used, its calibration and the data collected for the evaluation of visibility are described. The results obtained are discussed and compared with conventional measurements and theoretical calculations.

1. Introduction

The evaluation of the visibility levels of targets over the roadway requires the measurement of target luminance, immediate surrounds luminance and background luminance. Collecting luminance data point by point from a complex image with a conventional equipment requires care and time what can be solve using a CCD camera with an image processor and a calculation software. Moreover some restrictions can appear when a luminance meter with a proper field measurement window to assure measurement over the target is not available. This was the case when the experience was build.

The target studied is a flat square object of 20 x 20 cm standing over the roadway and facing the driver's view. From the viewing position the target angular size is 7 to 11 minutes.

The CCD camera captures the scene and allows an image processing. The image is transformed in numerals, which can be correlated to photometric values. In this way a luminance map from the image can be built and luminance over the different components can be analysed to calculate visibility levels based on Adrian model [1]

The paper describes the methodology applied, the equipment used, the calibration and the data acquisition for visibility level evaluations. Theoretical calculations based on luminaire photometry and lighting installation geometry are compared with results from the image processing.

2. The measuring equipment

2.1 The CCD camera

A CCD (charge coupled devices) is a silicon wafer that, when light photons impinge its sensitive area, accumulates charge carriers in designated discreet locations storage elements. After an integration time charge carriers are transferred under the silicon subtract toward the output records, giving rise to a new proportional charge accumulation to the incident radiation. Each storage element of the silicon is known with the name of pixel [2] [3]. For the development of a first prototype a camera, resolution 756 (H) x 581 (V) with sensitive area of 8.4 mm x 6.4mm was used [4] [5]. The pixel average angular size is 2.4 minutes.

2.2. The image acquisition board

The CCD analogical output signal needs a previous processing before being converted in an image to be viewed in the TV monitor. The image acquisition board card modifies the analogical camera signal, first by means of the of the gain G adjustment and the offset O, positioning the "zero" level of the signal in a determined value, corresponding to dark current. Then, the signal is digitalized in real time at the analogical-digital converter (A/D). This produces an integer value of 8 bits between 0 and 255. For the input signal from each pixel the system will assign a spatial coordinates and a value; this value is named grey level (Ng) and vary between 0 and 255.

In the following processes the signal, in the form of digital image, will be stored in an RAM memory type; it could also be manipulated by means of filtered, logarithmic transformation, exponential, gaussian, histogram equalization, etc. Finally, at the output, the signal goes to a digital - analogical converter (D/A) in order to be observed at a TV monitor.

The image acquisition board [6] and the image processing software [7] were installed in a personal computer. The basic operation plan of the system is shown in the figure 1.

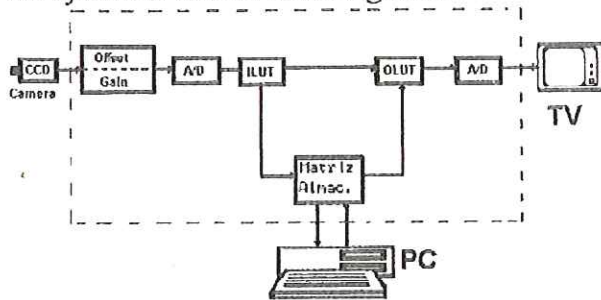


Fig. 1: Basic system outline

2.3. Adjustment of the system "zero level"

In the absence of light over the CCD detector, a signal is generated called "dark current" which has to be compensated to establish a zero reference value. This current will increase with the temperature increase of the silicon, and the visible effect of the dark current will be greater with larger exposition times.

The compensation procedure consists in acquiring one or more images with the camera lens cap on in order to avoid the luminous over the wafer of silicon. Next, an analysis of the images by means a histogram of grey level frequencies in the image area selected, obtaining the minimal, maximum and average N_g values and also their corresponding standard deviation [3]. For this experience we have measured $N_{g0} = 6$. This is the minimal useful grey level.

2.4. Spectral Analysis

The CCD spectral sensibility to the luminous radiation, given by the manufacturer, is indicated in the figure 2 with the human visual system response for a standard observer

established by the CIE. To match CCD response with the CIE curve in the 360-830 nm interval a filtering and / or attenuating is required. The above IR and under UV wavelengths radiation's should be cut off.

Former experiences showed that the system CCD - image acquisition board can have a good behaviour as a spatial resolution luminance meter [5] [8] [9], specifying a curve of $L = f(E_i, \tau, \alpha, f_n, T_c [^{\circ}K], \dots)$, with a previous spectral response correction for the CCD matching the human eye response $V(\lambda)$ of the CIE.

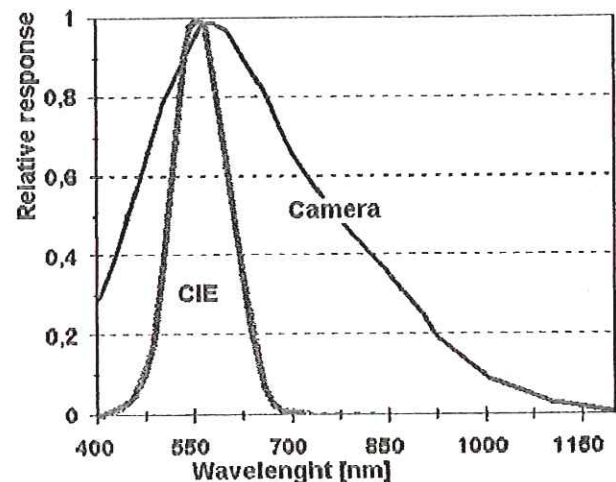


Fig. 2: Relative responses from CCD and from human eye according to CIE.

2.5 Photometric calibration for images acquisition

A $V(\lambda)$ filter [10] was incorporated to the camera, placed between the silicon wafer and the optical system in order to assure a proper response.

For the video output signal it is desirable a linear response from the photons impacts at each pixel, the function that relates the luminance L with each grey level N_g must be an expression of the form:

$$N_g = m L + N_{g0}$$

where m is the line slope and N_{g0} the grey level for "darkness" that is the video output signal without luminous input.

System calibration was done acquiring images with different luminance levels but from a uniform and constant field. For that propose a small integrating sphere with a constant, uniform and stable luminous opening was used. Different levels were possible with the aid of neutral filters. The absolute luminance value over the field was measured with a luminance meter.

For each image acquired a luminance L and a grey level Ng was associated for which a spot was generated. Repeating the process for different luminance levels linear regression L vs Ng was built.

The procedure was also repeated for each diaphragm apertures f :

f	Linear regression	Luminance interval cd/m ²	error
1.4	$L_{1.4} = (Ng - 5.38)/12.97$	$0.6 < L < 16$	7%
2	$L_2 = (Ng - 5.63)/7.57$	$1.0 < L < 32$	5%
2.8	$L_{2.8} = (Ng - 5.67)/4.47$	$1.0 < L < 50$	3%

The conversion for the photometric analysis of any visual scene captured by the CCD camera is now possible.

3. Visibility level evaluation

Visual performance of road drivers during night relies on the amount of visual information obtained of the roadway and the surroundings. A criteria that describes an important aspect of the difficulty of the visual task is the visibility of a "critical detail" on the roadway this is usually consider to be a 20x20 cm target located at 86m in front the driver [11]. It is assume that most drivers can clear this target size; in case of bigger objects these will be more visible. The distance also assumes a safe stopping from a moderate speed and normal reaction time. Although this criterion doesn't represent all the complexity of the visual task, it is frequently used.

A target is visible when it stands out of the background, in other words when it displays a contrast that can be defined in terms of the luminance of the object. The target appears in positive contrast when it is brighter than the background or in negative contrast when it is

darker than the background (figure 3). When the difference of luminance between target and background is the minimal in order to perceive the target thresholds conditions are faced. Luminance contrast is defined as:

$$C = \frac{L_T - L_B}{L_B}$$

where

L_T : target luminance and L_B : background luminance

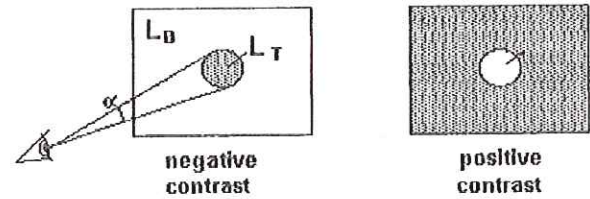


Fig. 3: Negative or positive contrast for a target with α angular size

The visibility level VL is the number of times in which the actual target is visible related to the threshold target visibility conditions. In terms of luminance VL is obtained by the ratio of the actual luminance difference between target and background to its threshold value.

$$VL = \frac{C_{actual}}{C_{threshold}} = \frac{\Delta L_{actual}}{\Delta L_{threshold}}$$

where:

C_{actual} : Actual target contrast = $\Delta L_{actual} / L_B$

$C_{threshold}$: Threshold target contrast = $\Delta L_{threshold} / L_B$

$\Delta L_{actual} = L_T - L_B$

$\Delta L_{threshold}$: Threshold luminance difference between target and background

For safe and secure traffic conditions minimum maintained VL levels are recommended by CIE [12] according to the road type.

VL considers the influence of the size of the target, the contrast polarity (if it is positive or negative), the time of exposure, the age of the observers and glare. Adrian VL model [1] [13] is applied in order to calculate VL .

The equations used from the model are indicated in annex I. More details can be found in references [1], [11] and [13].

4. Methodology

A road lighting installation with one year running in the city of S.M. de Tucumán, Argentina was selected for the experience. The installation is described in figure 4.

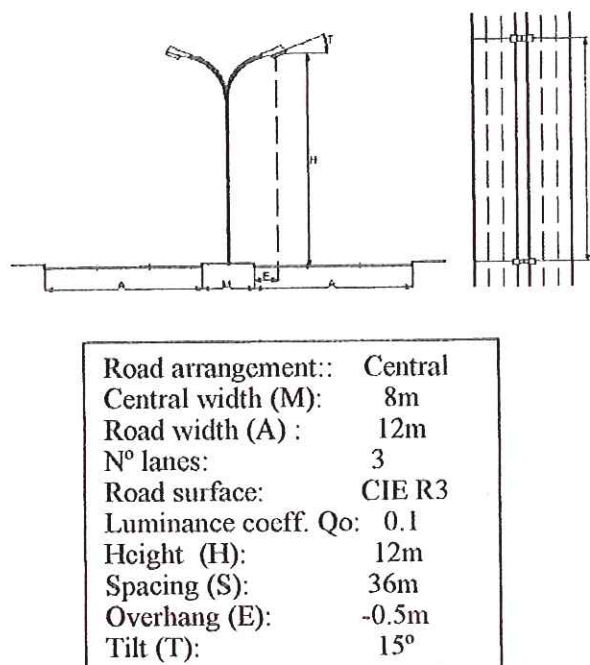


Fig. 4: Experimental road lighting installation

Luminaires photometry and lamp flux measurements were done at the lighting laboratory Depto de Luminotecnia Luz y Visión. (figure 5).

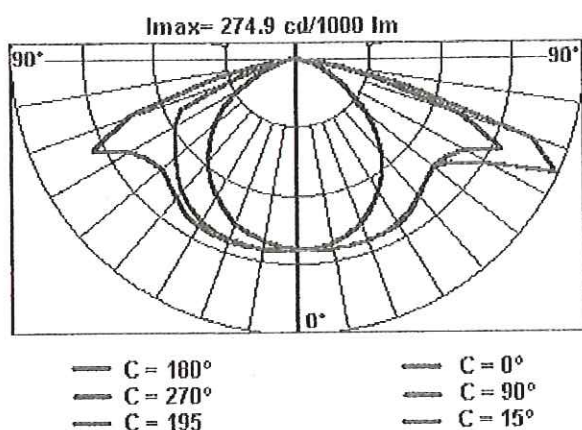


Fig. 5: Luminaire photometry from Strand MBA 70 CO, cut-off IP54. Lamp: Osram, high-pressure sodio tubular 400W. Lamp Flux: 44.861 lm.

The measurements carried out were a) horizontal illuminance E_h over a 5x10 grid, b) luminance at the same grid from 72m ahead and at 1/4 of the external border. Also images

from the road alone and with the different targets arrays were obtained from which the grey levels were transformed to spatial luminance. During the measurements voltage installation was controlled. A summary of the measured parameters and the theoretical calculated values are indicated in table 1.

Table 1: Measurements and calculations of illuminance and luminance over a grid between two luminaries.

Source	Illuminance	Luminance
Pocket Lux meter	$E_{h_{ave}} = 35 \text{ lux}$ $E_{h_{min}} = 12.9 \text{ lux}$ $E_{h_{max}} = 78.9 \text{ lux}$	
Luminance meter		$L_{ave} = 3.4 \text{ cd/m}^2$ $U_O = 0.51$ $U_L = 0.7$
CCD as luminance meter		$L_{ave} = 3.1 \text{ cd/m}^2$ $U_O = 0.3$ $U_L = 0.56$
Software output	$E_{h_{ave}} = 33.3 \text{ lux}$ $E_{h_{min}} = 12.6 \text{ lux}$ $E_{h_{max}} = 78.9 \text{ lux}$	$L_{ave} = 2.91 \text{ cd/m}^2$ $U_O = 0.35$ $U_L = 0.72$

5. Visibility levels calculated from CCD luminance measurements

The different alternatives of target positions and target surface reflectance produced 15 scenes the images of which were captured with the CCD camera. For each image grey levels were transformed in spatial luminance's by means of the previous calibration as described in 2.4.

Figure 6 shows an example of the experimental installation with targets aligned at $x=1.2\text{m}$ from the central. From the image the target's luminance, the immediate surround luminance and the background luminance (road average luminance) were obtained in order to compute VL.

VL computed are indicated for internal line ($x=1.2\text{m}$), central line ($x=6\text{m}$) and external line ($x=10.8\text{m}$) with the five possible target reflectance. The resulting curves are indicated in figures 7, 8 and 9.

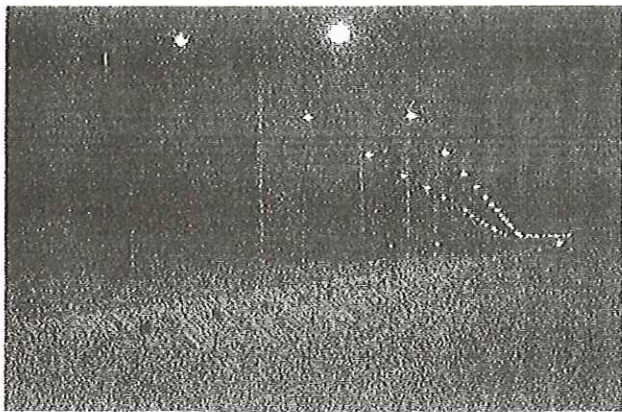


Fig. 6: Road lighting installation array with target aligned at $x=1.2\text{m}$.

7. Discussion

Comparing measurements with calculations in table 4.1 it can be observed:

- a) E_{ave} , calculated, considering the existent depreciation of 0.9 and over the same grid has a 5% difference from the measured value.
- b) The L_{ave} obtained with CCD shows an acceptable difference within the 10% from calculated value. Similar results are found for U_O and U_L .
- c) Target luminance's measured with CCD and calculated do not show a high correlation possibly differences in the geometry of the installation. This already well known fact is well described by Lewin [14]. Target luminance with 10% reflectance were very low to be measured with CCD therefore were not considered in the analysis.
- d) Measurements of L_{med} , U_O and U_L with luminance meter are indicated not as reference values provided that they were done with a 6 minutes measuring window which, produces a long oval figure on the roadway instead of a point [5]. Nevertheless the difference with CCD measured values is less than 13%. With CCD camera de average pixel size is 2.4 minutes, which allows a more precise measurement from this point of view.

In consequence the luminance measurements with CCD would be reliable in order to calculate the levels of VL with an acceptable error.

At the experimental road, $|VL| > 7$ in order to agree with recommended maintained value [12]. The VL calculated from CCD luminance measurements are shown at figure 7, 8 and 9.

At $x = 1.2\text{m}$ $|VL| < 7$, for $35 < \rho < 48\%$ in the first half of the area between two poles and for $\rho > 48\%$ in the second half. $|VL| > 7$ for targets with $\rho < 35\%$ reflectance.

At $x = 6\text{m}$ (central line) $|VL| < 7$, for $25 < \rho < 48\%$ and for $\rho > 48\%$ at the last tree positions. $|VL| > 7$ for targets with $\rho < 25\%$ reflectance.

At $x = 10.8\text{m}$ $|VL| < 7$ for most cases except for $\rho > 58\%$ at the central positions.

Even if the installation fulfils the CIE recommendations for luminance levels recommendations [5], zones would exist where the visibility could be $|VL| < 7$ according to the target reflection considered.

8. Conclusions

The utilisation of CCD as a luminance meter in order to calculate VL has big advantages because it reduces the time required for the luminance distribution measurements and allows a more fine analysis from the image details. With conventional luminance meter some details could escape of the analysis or positional errors could appear. There are still limitations concerning with the reliability with low levels especially under 0.7 cd/m^2 . This range has probably been reduced from the time the experience was done as CCD technology has improved.

9. Acknowledgements

The authors wish to thank to the Universidad Nacional de Tucuman and CONICET from Argentina for the research financial support. To Arce J. from the ILLyV for the luminaries photometry. To the Municipal authorities and to Alvarez M. from SIE lighting maintenance Co. for the aid during the experience and finally to the Universitat Politècnica de Catalunya and Universidad de Valladolid both from Spain where the paper was written.

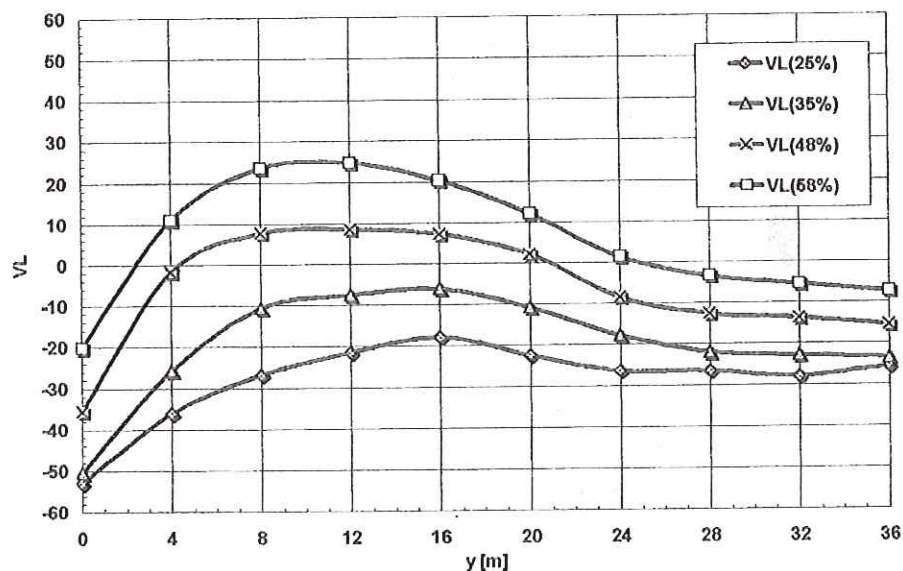


Figure 7: VL calculated from luminance measured with CCD at $x = 1.2\text{m}$ with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.

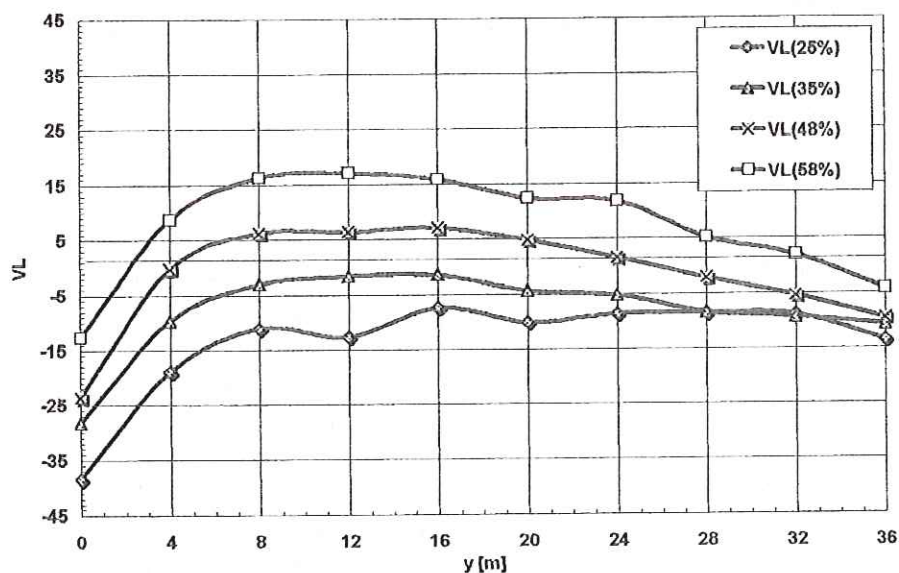


Figure 8: VL calculated from luminance measured with CCD at $x = 6\text{m}$ with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.

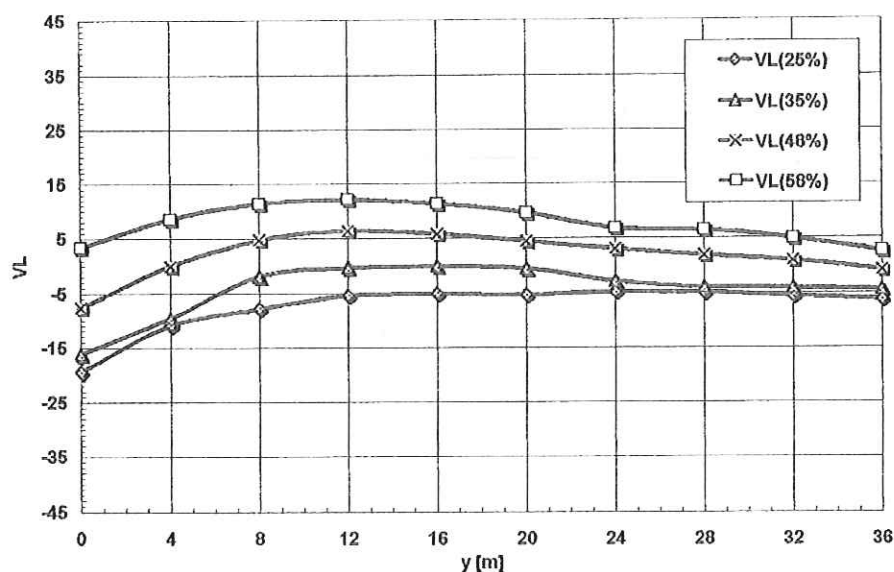


Figure 9: VL calculated from luminance measured with CCD at $x = 10.8\text{m}$ with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.

10. Annex I

The threshold luminance difference $\Delta L_{\text{threshold}}$ is calculated from:

$$\Delta L_{\text{threshold}} = 2.6 \cdot \left(\frac{\Phi^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2 \cdot F_{CP}(\alpha, L_B) \cdot a(\alpha, L_B) \cdot AF$$

where:

$2.6 \cdot \left(\frac{\Phi^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2$ is the threshold luminance difference for positive contrast, observer average age 23 years and a 2 sec or unlimited observation time. This is a function of size (Ricco and Weber) and background luminance.

For $L_B \geq 0.6 \text{ cd/m}^2$

$$\Phi^{1/2} = \log(4.1925 \cdot L_B^{0.1556}) + 0.1684 L_B^{0.5867}$$

$$L^{1/2} = 0.05946 \cdot L_B^{0.466}$$

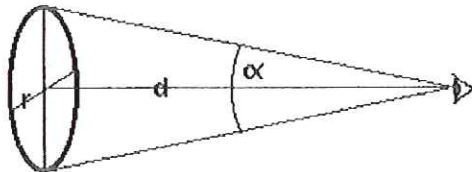
For $0.00418 \text{ cd/m}^2 < L_B < 0.6 \text{ cd/m}^2$

$$\log \Phi^{1/2} = 0.072 + 0.3372 \cdot \log L_B + 0.0866 (\log L_B)^2$$

$$\log L^{1/2} = -1.256 + 0.319 \cdot \log L_B$$

α : Target angular size [minutes]. A circular target with radius r seen from distance d has an angular size:

$$\alpha = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{r}{d} \right) \cdot 60$$



$$F_{CP}(\alpha, L_F) = 1 - \frac{m \cdot \alpha^{-\beta}}{2.4 \cdot \Delta L_{POS}} \quad \begin{matrix} \text{contrast} \\ \text{polarity factor.} \end{matrix}$$

Is 1 for positive contrast and less than 1 for negative as targets are more visible. Where m comes from:

$$\log m = -10^{-(K \cdot (\log L_B + 1)^2 + 0.0245)}$$

$$K = 0.125 \text{ for } L_B > 0.1 \text{ cd/m}^2$$

$$K = 0.075 \text{ for } L_B > 0.004 \text{ cd/m}^2$$

$$\beta = 0.6 \cdot L_B^{-0.1488} \text{ for any } L_B$$

$$a(\alpha, L_F) = \frac{[a(\alpha)^2 + a(L_F)^2]^{1/2}}{2.1} \quad \begin{matrix} \text{exposure time} \\ \text{influence} \end{matrix}$$

$$a(\alpha) = 0.36 - \left(\frac{0.0972 \cdot A^2}{A^2 - 2.513 \cdot A^2 + 2.7895} \right)$$

$$A = (\log \alpha + 0.523)$$

$$a(L_F) = 0.355 - \left(\frac{0.1217 \cdot B^2}{B^2 - 10.4 \cdot B + 52.28} \right)$$

$$B = (\log L_F + 6)$$

AF : influence of age

$$23y < \text{age} < 64y \quad AF = \frac{(\text{age} - 19)^2}{2160} + 0.99$$

$$64y < \text{age} < 75y \quad AF = \frac{(\text{age} - 56.6)^2}{116.3} + 1.43$$

11. Authors reference

Universidad Nacional de Tucumán,
Departamento de Luminotecnia Luz y Visión
"H.C. Bühler", Av. Independencia 1800
(4000) Tucumán, Argentina.

† On leave at Universitat Politècnica de Catalunya, Dept. Projectes d'Enginyeria, ETSEIB, Av. Diagonal 647, 08028 Barcelona, Spain. Fax: +34 3 3340255.

Email: manzano@pe.upc.es

‡ On leave at Universidad de Valladolid, Departamento de Optica, Facultad de Ciencias 47071-Prado de la Magdalena s/n, Valladolid, Spain. Fax: +34 83 423013.

Email: cabello_aj@latinmail.com

12. References

[1] Adrian W.

The physiological basis of the visibility concept
Proceeding of the 2nd International Symposium
on Visibility and Luminance in Road Lighting.
page 17-30 Orlando USA.

October 1993

[2] Karim M.A

Electro-optical Devices and Systems
chapter.4, page 152, PWS-Kent Publishing
Company,
1990

[3] Jenkins T.E.

Optical Sensing Techniques and Signal
Processing
chapter.4, page 74, Prentice-Hall,
1987

[4] Pulnix

Camera, model TM - 765.

- [5] Cabello A. J.
Fotometría con Detectores en Arreglo Matricial
Tesis de Magister en Luminotecnia, ESPOLyV,
Universidad Nacional de Tucumán, Argentina
Abril 1997.
- [6] Visionplus-AT
Image acquisition board by Imaging
Technology Inc.
- [7] Ippplus
Image processing software
- [8] Grupo de Investigación en Fotometría
Luminancímetro con Resolución Espacial:
Calibrado y Aplicaciones. Informe del Dpto. de
Optica, Cátedra Física Aplicada III,
Universidad de Valladolid, España.
Noviembre 1991.
- [9] Rea M.S., Jeffrey I.G
A New Luminance and Image Analysis System
for Lighting and Vision I. Equipment and
Calibration, Journal of the Illuminating
Engineering Society, pages 64-72,
1990
- [10] PRC Krochmann
V (λ) filter. <http://www.ingenieur.de/prc/>
- [11] Adrian W.
Visibility Levels under night-time driving
conditions
Journal of the Illuminating Engineering Society
Summer 1987
- [12] Commission Internationale de
L'Eclairage.
Technical, report: Recommendations for the
lighting of roads for motor and pedestrian
traffic. Public. 115. <http://www.cie.co.at/cie/>
1995
- [13] Adrian W.
Visibility of targets: Model of calculation
Lighting research and Technology 21, page.
181-188
1989
- [14] Lewin Ian
Measurements of STV-VL and the reasons for
possible deviations
Proceeding of the 2nd International Symposium
Visibility and Luminance in roadway lighting
1993

MĂSURĂRI DE VIZIBILITATE CU CCD ÎN ILUMINATUL RUTIER

Rezumat

Lucrarea descrie evaluarea nivelurilor de vizibilitate pentru iluminatul rutier din Tucumán, Argentina, prin mijloace CCD de procesare a imaginii. Vizibilitatea este evaluată pentru sarcini plate de 20x20 cm cu reflectanțe de 10, 25, 35, 48 și 58% în diferite locuri de pe stradă.

Sunt descrise metodologia dezvoltată, echipamentul utilizat, calibrarea acestuia și datele colectate pentru evaluarea vizibilității. Rezultatele obținute sunt discutate și comparate cu măsurătorile convenționale și calculele teoretice.

1. Introducere

Evaluarea nivelurilor de vizibilitate ale sarcinilor de pe stradă necesită măsurări ale luminanței sarcinii, luminanței mediului imediat înconjurător și luminanței fondului. Colectarea punct cu punct a datelor de luminanță dintr-o imagine complexă cu un echipament convențional necesită atenție și timp care pot fi soluționate utilizând o cameră CCD cu un procesor de imagine și un soft de calcul. În plus, unele restricții pot apărea atunci când nu este disponibil un luminanțmetru cu o fereastră de măsurare a câmpului care să permită măsurători asupra sarcinii în totalitate. Acesta a fost cazul pe baza căruia s-a conceput experimentul.

Sarcina studiată este un obiect plat de formă pătratică de 20x20 cm amplasat deasupra șoselei, în câmpul vizual al șoferului. Din poziția de privire, dimensiunea unghiulară a sarcinii este de 7 până la 11 minute.

Camera CCD capturează cadrul și permite procesarea imaginii. Imaginea este transformată în valori numerice care pot fi corelate la valori fotometrice. În acest fel, poate fi întocmită o diagramă de luminanțe a imaginii și poate fi analizată luminanța diferitelor componente pentru a calcula nivelurile de vizibilitate pe baza modelului Adrian [1].

Lucrarea descrie metodologia aplicată, echipamentul utilizat, calibrarea și achiziția datelor pentru evaluările nivelului de vizibilitate. Calculele teoretice bazate pe

fotometria corpului de iluminat și geometria instalației de iluminat sunt comparate cu rezultatele obținute din procesarea imaginii.

2. Echipament de măsurare

2.1 Camera CDD

În câteva cuvinte, CCD (Charge Coupled Devices) este o plăcuță din siliciu care, atunci când fotonii lovesc aria sensibilă, acumulează purtătorii de sarcină în elemente de memorare din localizări discrete, prestabilite. După un timp de integrare, purtătorii de sarcină sunt transferați din stratul de siliciu către înregistrările de ieșire, producând o nouă acumulare de sarcină proporțională cu radiația incidentă. Fiecare element de siliciu înmagazinat este cunoscut sub numele de "pixel" [2] [3].

Pentru dezvoltarea unui prim prototip, a fost utilizată o cameră cu rezoluția 756 (H) x 581 (V) cu aria sensibilă de 8,4x6,4 mm [4] [5]. Mărimea unghiulară medie a pixelului este de 2,4 minute.

2.2 Placă de achiziție a imaginii

Semnalul de ieșire analogică a CCD necesită o pre-procesare înainte de a fi convertit într-o imagine pentru a putea fi vizualizat pe monitor. Cardul plăcii de achiziție a imaginii modifică semnalul camerei analogice, în primul rând prin reglarea amplitudinii G și deviația O , poziționând nivelul "zero" al semnalului la o valoare determinată, corespunzând curentului de întuneric. Apoi, semnalul este convertit digital în timp real la convertorul analogic-digital (A/D). Acesta produce o valoare întreagă de 8 bits între 0 și 255. Pentru semnalul de intrare de la fiecare pixel, sistemul va alocă coordonate spațiale și o valoare care este denumită *nivelul gri* (Ng) și care variază între 0 și 255.

În continuare, semnalul de forma unei imagini digitale va fi înmagazinat într-o memorie RAM; poate fi, de asemenea, prelucrat prin filtrare, transformări logaritmice, exponențiale, gaussiene, histogramme, egalizări etc. La ieșire, semnalul ajunge la un convertor digital-analogic (D/A) pentru a fi observat pe un monitor TV.

Placa de achiziție a imaginii [6] și programul de procesare a imaginii [7] au fost instalate

într-un computer personal. Planul de bază de funcționare a sistemului este prezentat în figura 1.

2.3 Reglarea nivelului zero al sistemului

În absența luminii pe detectorul CCD, este generat un semnal numit "curent de întuneric" care poate fi compensat pentru a stabili o valoare de referință zero. Acest curent va crește odată cu creșterea temperaturii plăcii de siliciu și efectul vizibil al curentului de întuneric va fi mai mare cu creșterea timpului de expunere.

Procedura de compensare constă în obținerea unei sau mai multor imagini cu lentila camerei acoperită pentru a evita fluxul luminos pe placa de siliciu. Apoi, o analiză a imaginilor după o histogramă a frecvențelor nivelului de gri din zona de imagine selectată, obținând valorile Ng minime, maxime și medii și deviațiile standard ale acestora [3]. Pentru acest experiment am măsurat $Ng_o=6$. Acesta este nivelul gri minim util.

2.4 Analiza spectrală

Sensibilitatea spectrală a CCD la radiația luminoasă, dată de producător, este indicată în figura 2 cu răspunsul sistemului vizual uman pentru un observator standard stabilit prin CIE. Pentru a potrivi răspunsul CCD cu curba CIE în intervalul 360 – 830 nm este necesară o filtrare și/sau atenuare. Radiațiile cu lungimi de undă deasupra IR și sub UV trebuie eliminate.

Experiențele anterioare au arătat că sistemul CCD – placa de achiziție a imaginii poate avea un comportament bun ca un luminanțmetru cu rezoluție spațială [5] [8] [9], specificând o curbă de $L = f(E_i, \tau, \alpha, f_m, T_c [K^\circ] \dots)$, cu o pre-corecție a răspunsului spectral pentru CCD potrivit răspunsul ochiului uman $V(\lambda)$ conform CIE.

2.5 Calibrarea fotometrică pentru achiziția imaginilor

În cameră a fost încorporat un filtru $V(\lambda)$ [10], plasat între plăcuța de siliciu și sistemul optic pentru a asigura un răspuns potrivit.

Pentru semnalul video de ieșire este de dorit un răspuns liniar de la impacturile fotonilor la fiecare pixel. Funcția care corelează luminanța L cu fiecare nivel gri Ng trebuie să fie o expresie de forma $Ng = mL + Ng_o$, unde m este panta liniei; Ng_o – nivelul gri pentru "întuneric"

care este semnalul video de ieșire fără intrare (flux) luminoasă.

Calibrarea sistemului a fost făcută prin obținerea imaginilor la diferite niveluri de luminanță dar dintr-un câmp uniform și constant. În acest scop, a fost utilizată o mică sferă fotometrică cu o deschidere luminoasă constantă, uniformă și stabilă. Diferite niveluri de luminanțe au fost obținute cu ajutorul filtrelor neutre. Valoarea absolută a luminanței în câmp a fost măsurată cu un luminanțmetru.

Pentru fiecare imagine obținută, o luminanță L și un nivel gri Ng au fost asociate și pentru care s-a generat un spot. Repetând procesul pentru diferite niveluri de luminanță s-a construit o regresie liniară L versus Ng . Procedul poate fi, de asemenea, repetat pentru fiecare deschidere a diafragmei f. ...

Acum este posibilă conversia pentru analiza fotometrică a cadrului vizual capturat de camera CCD.

3. Evaluarea nivelului de vizibilitate

Performanța vizuală a conducătorilor auto pe timpul nopții depinde de informația vizuală obținută de pe șosea și din împrejurimi. Un criteriu ce descrie un aspect important de dificultate al sarcinii vizuale este vizibilitatea "detaliului critic" pe șosea, care este de obicei considerată a fi o sarcină de 20x20 cm localizată la 86 cm în fața conducătorului [11]. Se presupune că cei mai mulți dintre conducători pot distinge clar mărimea sarcinii; în cazul obiectelor mai mari acestea vor fi mai vizibile. Distanța presupune o oprire sigură de la o viteză moderată și un timp de reacție normal. Deși acest criteriu nu reprezintă toată complexitatea sarcinii vizuale, este utilizat frecvent.

O sarcină este vizibilă când se diferențiază față de fond, cu alte cuvinte când prezintă un contrast ce poate fi definit în termenii luminanței obiectului. Sarcina apare în contrast pozitiv când este mai strălucitoare decât fondul, respectiv în contrast negativ când este mai întunecată decât fondul (figura 3). Dacă diferența de luminanțe între sarcină și fond este la un nivel minim ce permite percepția sarcinii, condițiile de prag sunt îndeplinite. Contrastul de luminanță este definit astfel: $C = (L_T - L_B) / L_T$,

cu L_T – luminanța sarcinii și L_B – luminanța fondului.

Nivelul de vizibilitate VL este numărul de timpuri în care sarcina actuală este vizibilă în funcție de condițiile de prag de vizibilitate a sarcinii. În termeni de luminanță VL este obținut prin raportul dintre diferența luminanțelor reale ale sarcinii și fondului și diferența luminanțelor la valorile de prag. Pentru siguranță și condiții de trafic în siguranță, nivelurile minime VL sunt recomandate de CIE [12] în funcție de tipul șoselei.

VL depinde de mărimea sarcinii, polaritatea de contrast (dacă este pozitivă sau negativă), timpul de expunere, vârsta observatorului și orbirea. Modelul VL al lui Adrian [1], [13] este aplicat pentru a calcula: $VL = C_{real} - C_{prag} = \Delta L_{real} - \Delta L_{prag}$, unde C_{real} este contrastul sarcinii reale = $\Delta L_{real} / L_B$; C_{prag} – contrastul sarcinii de prag = $\Delta L_{prag} / L_B$; $\Delta L_{real} = L_T - L_B$ și ΔL_{prag} – diferența de luminanță a sarcinii și a fondului.

Ecuațiile folosite din model sunt indicate în anexa 1. Mai multe detalii pot fi găsite în referințele [1], [11] și [13].

4. Metodologia

Pentru experiment a fost selectată o instalație de iluminat rutier cu un an de funcționare din orașul S.M. de Tucumán, Argentina. Instalația este descrisă în figura 4. Fotometria corpurilor de iluminat și măsurătorile fluxului lămpii au fost realizate în laboratorul de fotometrie Depto de Luminotecnia Luz y Visión (figura 5).

Măsurătorile realizate au fost: (a) iluminarea orizontală E_h pe o rețea de 5x10, (b) luminanța pe aceeași rețea de la 72 m în față și la 1/4 de marginea exterioară. De asemenea, au fost obținute imaginile de pe stradă, singură, respectiv cu diferite grupuri de sarcini, de la care nivelurile gri au fost transformate în luminanțe spațiale. Pe timpul măsurătorilor s-a controlat tensiunea în rețeaua electrică de alimentare. În tabelul 1 sunt prezentați sumar parametrii mășurați și valorile teoretice calculate.

5. Niveluri de vizibilitate calculate din măsurătorile de luminanță cu CCD

Cu camera CCD au fost capturate 15 cadruri de imagine produse de scenarii diferite ale poziției

sarcinii și reflectanței suprafeței sarcinii. Pentru fiecare imagine, nivelurile gri au fost transformate în luminanțe spațiale printr-o calibrare preliminară așa cum este descris în secțiunea 2.4. Figura 5 prezintă un exemplu de instalație experimentală cu sarcinile aliniate la $x=1,2$ m de centru. Pentru a calcula VL , din imagine s-au obținut luminanța sarcinii, luminanța mediului imediat înconjurător și luminanța fondului (luminanța medie a șoselei). VL calculate sunt indicate pentru linia internă ($x=1,2$ m), linia centrală ($x=6$ m) și linia externă ($x=10,8$ m) cu cinci reflectanțe posibile ale sarcinii. Curbele rezultate sunt indicate în figurile 6, 7 și 8.

6. Discuții

Comparând măsurătorile cu calculele din tabelul 4, se poate observa:

- E_{ave} , calculată, considerând deprecierea existentă de 0,9 și peste aceeași rețea prezintă o diferență de 5% față de valoarea măsurată.
- L_{ave} obținută cu CCD prezintă diferență acceptabilă de până la 10% din valoare calculată. Rezultate similare sunt obținute pentru U_0 și U_L .
- Luminanța sarcinii măsurată cu CCD și cea calculată nu prezintă o corelație ridicată, probabil din cauza diferențelor de geometrie a instalației. Acest fapt deja notoriu este bine descris de Lewin [14]. Luminanța sarcinii cu reflectanță de 10% este prea scăzută pentru a putea fi măsurată cu CCD, astfel că nu a fost luată în considerare în analiză.
- Măsurătorile L_{med} , U_0 și U_L cu luminanțmetru sunt precizate, dar nu ca valori de referință, ele fiind făcute cu o fereastră de măsurare de 6 minute care produce pe șosea o figură ovală, alungită, în loc de un punct [5]. Totuși, diferența dintre valorile cu CCD și cele măsurate este mai mică de 13%. La camera CCD, mărimea medie a pixelului este de 2,4 minute, ceea ce permite o măsurare mai precisă din acest punct de vedere.

În consecință, măsurările luminanței cu CCD vor fi valabile pentru a calcula nivelurile VL cu o eroare acceptabilă.

Pe o șosea experimentală, VL obținut indică că pentru sarcinile aliniate la $x=1,2$ m, cu suprafața de reflexie mai mică de 35% ($\rho < 35\%$), $VL > 7$, care este valoarea recomandată pentru șoseaua studiată [12]. Pentru reflectanța sarcinii cuprinse între $35\% < \rho < 58\%$, s-au găsit câteva zone cu $VL < 7$, în a doua jumătate a ariei între două corpuri de iluminat studiate. În zona centrală ($x=6$ m), $VL > 7$ pentru $\rho < 25\%$ și pentru zone cu $25\% < \rho < 58\%$, $VL < 7$. Pe linia $x=10,8$ m, $VL > 7$ pentru reflectanța sarcinii $\rho < 25\%$ și $\rho > 58\%$.

Chiar dacă instalația îndeplinește recomandările CIE pentru nivelurile de luminanță recomandate [5], ar putea să existe zone în care vizibilitatea ar fi sub 7, în funcție de reflectanța sarcinii considerate.

7. Concluzii

Utilizarea CCD ca și luminanțmetru pentru a calcula VL prezintă un avantaj mare deoarece reduce timpul necesar pentru măsurările distribuției luminanței și permite o analiză mai fină a detaliilor imaginii. Cu un luminanțmetru convențional, câteva detalii pot scăpa de sub analiză sau pot apare erori de poziție. Există încă limitări privind certitudinea pentru niveluri mici, în special sub $0,7 \text{ cd/m}^2$. Acest interval a fost probabil redus de la momentul realizării experienței, întrucât tehnologia CCD a fost îmbunătățită.

8. Mulțumiri

Autorii doresc să mulțumească Universității Naționale din Tucuman și CONICET pentru sprijinirea cercetării. D-lui J. Arce de la ILLyV pentru fotometria corpurilor de iluminat, Autorităților Municipale și SIE Lighting Maintenance Co. pentru folosirea instalațiilor de iluminat rutier și ajutorul acordat.

ILUMINATUL SENSURILOR GIRATORII

Marilena MĂIEREAN

ENERGOBIT Schröder Lighting s.r.l.

Rezumat

Crerea și dezvoltarea de sensuri giratorii este de regulă o prioritate pentru autoritățile guvernamentale ale fiecărei țări. Avantajele existenței sensurilor giratorii sunt evidente: sporesc siguranța conducătorilor auto și a altor participanți la trafic, forțându-i să-și diminueze viteza, asigurând însă în același timp un trafic fluent în intersecții.

Pe baza experienței Schröder Group GIE și a normelor CIE sunt abordate criterii privind realizarea iluminatului sensurilor giratorii.

1 Considerații generale

În mod curent două aspecte principale sunt luate în considerare în cazul sensurilor giratorii:

- Aproximarea zonelor urbane, unde este necesar un trafic fluent,
- dotarea intersecțiilor periculoase cu semnalizări luminoase ale traficului

Sensurile giratorii trebuie să atragă atenția. De aceea, este indicat să fie iluminate la un nivel mai ridicat decât străzile adiacente. Toate elementele implicate în contextul acestei dezvoltări sunt importante deoarece toate intervin în crearea *unei noi imagini* în contrast cu ambientul rutier existent. Printre aceste elemente, vizibilitatea și semnalele rutiere sunt esențiale, atât în timpul zilei cât și noaptea.

Principalul scop este ca sensul giratoriu să fie iluminat corespunzător (în sensul captării atenției conducătorului auto la configurația intersecției) și să-i asigure o bună ghidare vizuală. În acest context, iluminatul respective necesită în primul rând un iluminat diversificat. Acest iluminat distinct, trebuie să răspundă la criterii lumino tehnice particulare și include componentele tratate în continuare.

A. Iluminarea căilor de acces

Este important ca iluminatul diferențial să nu se limiteze doar la intersecție. Prezența sensului giratoriu trebuie să fie indicată încă prin iluminatul căilor de acces.

Prevederea iluminatului diferențial al căilor de acces la sensul giratoriu trebuie să țină cont de distanța de frânare, calculată în funcție de viteza maximă autorizată. Această distanță va corespunde cu lungimea minimă a căilor de acces care vor fi echipate cu corpuri de iluminat spre a marca apropierea sensului giratoriu.

Dacă nu există iluminat public în zonă, căile de acces trebuie să fie iluminate cu cel puțin 100m înainte de apropierea intersecției (este recomandat un nivel al iluminării orizontale de la 15 la 20lux).

B. Iluminatul sensului giratoriu

În plus față de o bună uniformitate (40%), este recomandat ca în sensuri giratorii nivelul iluminării medii orizontale să fie mai mare decât cel al căilor de acces (conform prescripției CIE 115-95). Nivelul iluminării verticale ($H=0,5m$) 2m de la marginea insulei centrale va fi de cel puțin 15 lux.

În mod ideal iluminatul trebuie să fie proiectat pe stâlpi amplasați pe perimetrul exterior al sensului giratoriu, din rațiuni de securitate a traficului. Este de asemenea important să se sublinieze - atât ziua cât și noapte - prezența sensului giratoriu prin amplasarea în centrul ei a unui monument, unei mobile, plante, etc.

Această soluție ține cont de faptul că, pentru ca un obiect ce se află în raza vizuală a conducătorului auto, să fie vizibil noaptea, lumina trebuie să se reflecte de la acesta, având reflectanță ridicată.

C. Ghidarea vizuală - semnalizări adiționale

Ghidarea vizuală efectivă realizată de sistemul de iluminat și semnalizările asigură perceperea optimă a sensului giratoriu.

Câteva propuneri în acest sens sunt date în continuare:

Dacă diametrul zonei centrale este mic, este de dorit să se marcheze prezența acestuia, prin:

- plantarea de vegetație;
- amplasarea unui monument
- amplasarea unui sistem de iluminat special conceput (de exemplu cu lumină indirectă), cu scopul de a indica conducătorului auto de la distanță suficient de mare, prezența sensului giratoriu.

Dacă diametrul insulei centrale este egal sau mai mare de 20m, este important ca circumferința (perimetrul) acesteia să fie marcată prin:

- borne, semnalizări luminiscente;
- corpuri de iluminat cu unghiuri de protecție vizuală foarte bună, montate pe stâlpi de mică înălțime, de la 3 la 4m, ce nu fac practic parte din iluminatul general al sensului giratoriu, ele îndeplinind doar o funcție de orientare pentru conducătorul auto.

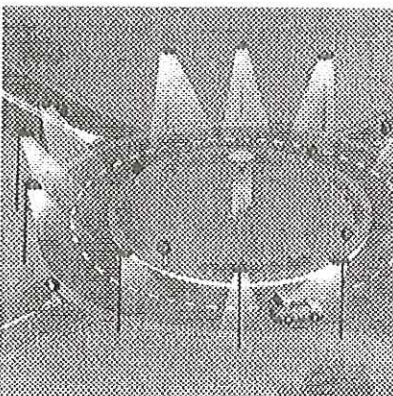
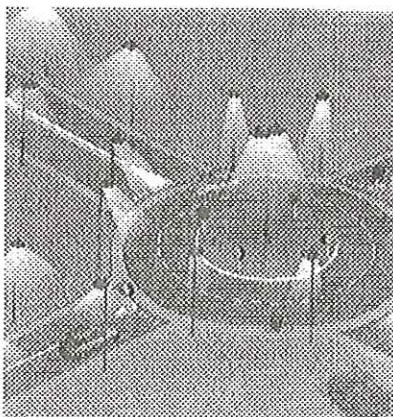
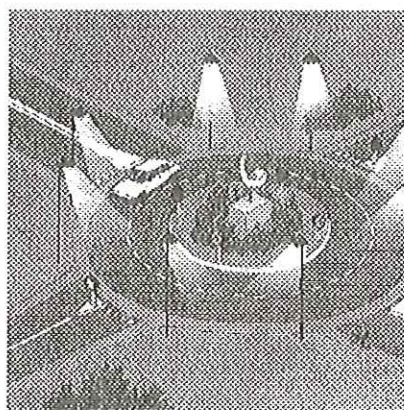
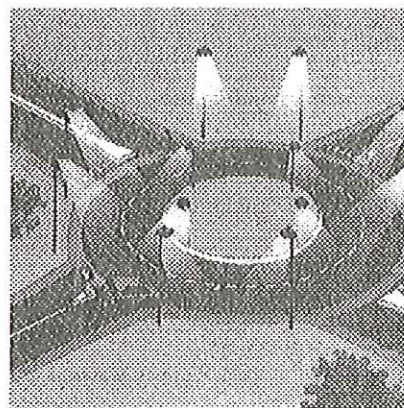
Sensurile giratorii de mărime medie sau mică pot fi iluminate prin intermediul a unu sau doi stâlpi de înălțime mare, echipați cu mai multe corpuri, amplasați în zona centrală.

În cazul în care carosabilul este foarte larg, atunci, ar putea fi necesar să se monteze corpuri de iluminat și stâlpi și pe perimetrul zonei centrale

Din considerente estetice este de dorit ca toți stâlpii destinați iluminatului să aibă aceeași siluetă și aceeași înălțime, iar corpurile de iluminat utilizate să fie de același tip.

Dacă sensul giratoriu este foarte important, și căile de acces sunt foarte largi și prevăzute cu zone de circulație pietonală, ar putea fi necesar să se monteze câte un corp de iluminat în fiecare astfel de zonă. Indiferent de mărimea acestor zone, deoarece ele trebuie să

fie foarte vizibile, este de preferat să fie marcate prin borne luminiscente.



2 Criterii de calcul

Calculul sistemului de iluminat al străzilor ce converg spre intersecții cu sau fără sens giratoriu trebuie efectuat în funcție de luminanță pentru zonele de drum cele mai apropiate.

Luminanța unui drum ce traversează o intersecție nu trebuie să fie mai mică decât luminanța drumului principal din intersecție. În mod usual, luminanța este calculată pentru distanța de 60-160m față de observator, adică pentru o poziție standard a observatorului de 60m înaintea grilei de calcul.

Totuși, drumurile care se termină într-un sens giratoriu nu pot să fie tratate în același mod. Corpurile de iluminat nu pot fi considerate că se prelungesc după o linie continuă și este de obicei foarte dificil ca în sensuri giratorii să situezi un observator pe o linie dreaptă sau aproape dreaptă, la 60m în fața grilei de calcul aleasă, și acesta să mai fie totuși pe drum.

Din aceste considerente, calculul în sensul giratoriu, conform ultimei norme CIE 115-95 se realizează în funcție de iluminare, pentru a avea garanția că anumite niveluri minime sunt întotdeauna respectate. Aceasta garantează că marginile trotuarelor (sau limitele drumului) sunt totdeauna vizibile, precum și eventualele obstacole. Amplasarea stâlpilor pe care sunt montate corpurile de iluminat este de asemenea foarte importantă, pentru a asigura o bună orientare vizuală și pentru a nu perturba conducătorii auto.

În sensuri giratorii, vehiculele trebuie să fie iluminate de o lumină directă, deoarece unghiurile și distanțele nu permit în general o percepere a siluetelor asemănătoare cu cea de pe drumurile de acces.

Este recomandat să se ilumineze în general zona sensurilor giratorii utilizând perimetrul exterior în loc să se instaleze stâlpi pe zona centrală. Acest inel de stâlpi are avantajul de a fi reperabil de la distanță și conduce la mai puține confuzii decât în cazul amplasării stâlpilor în zona centrală.

În conformitate cu ultima publicație CIE 115-95, sunt date în continuare caracteristicile luminotehnice necesare.

Astfel, nivelurile de iluminare cu uniformitatea generală se extrag din tabelul 3,

după ce în prealabil s-a stabilit clasa sistemului de iluminat (Mi) a căilor de circulație ce converg în intersecție (din tabelul 1) și clasa (Ci) a sistemului de iluminat al zonei periculoase (în cazul de față zona sensului giratoriu) din tabelul 2.

Considerarea componentelor caracteristice și calitatea în conexiune cu cerințele specifice este obligatorie pentru proiectantul de specialitate. Proiectele trebuie să includă o evaluare economică a soluției, cu trimitere la documentele mai sus menționate și la criteriile specifice.

Tabelul 1

Clase de iluminat pentru diferite tipuri de drumuri

Caracteristicile căilor de circulație	Clasa sistemului de iluminat corespunzător
Căi de circulație destinate traficului cu viteză mare de deplasare, cu sensuri de circulație separate, fără intersecții și cu controlul accesului (autostrăzi, căi de circulație expres) Intensitatea traficului și complexitatea configurației căii rutiere: Ridicate Medii Scăzute	M1 M2 M3
Căi de circulație destinate traficului de mare viteză, cu două sensuri de circulație Controlul traficului și separarea benzilor de circulație: Scăzute Ridicate	M1 M2
Căi de circulație urbane cu trafic important, căi de circulație radiale. Controlul traficului și separarea benzilor de circulație: Scăzute Ridicate	M2 M3
Căi de circulație urbane cu trafic mai puțin important și de acces în zonele rezidențiale. Controlul traficului și separarea benzilor de circulație: Scăzute Ridicate	M4 M5

Tabelul 2

Exemple de aplicații ale claselor de iluminare pentru zone de incidență în care criteriul de luminanță nu se poate aplica.

Tipul zonei periculoase	Clasa sistemului de iluminat corespunzător
Intersecții de două sau mai multe căi de circulație, rampe, zone în care se face reducerea numărului de benzi de circulație Intersecții cu căi ferate sau cu linii de tramvai: simple complexe	$C(i-1)=M_i$ $C_i = M_i$ $C(i-1)=M_i$
Sensuri giratorii fără semnalizare rutieră complexe sau mari complexitate medie simple sau mici	C1 C2 C3
Zone aglomerate (în care traficul se desfășoară greu): complexe sau mari complexitate medie simple sau mici	C1 C2 C3

M_i este clasa sistemului de iluminat stabilită în funcție de caracteristicile traficului și de tipul căilor de circulație (conform tabelului 1)

Tabelul 3

Criterii de iluminat pentru zone de incidență.

Clasa sistemului de iluminat corespunzător	$E_m (lx)$ val. admisă	$U_0(E)$ val. admisă
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,5	0,40

U_0 – este uniformitatea generală (raportul dintre iluminarea minimă și medie pe zona de calcul).

Bibliografie

1. Bianchi, C. - *Luminotehnica*, Editura tehnică, București, 1990
2. CIE 115-1995 – “Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic”
3. CIE 32A-1977 – “Points speciaux en eclaireage public”
4. Schröder Group News No.22

ROUNABOUT LIGHTING

Abstract

The development of roundabouts is currently a priority of the government authorities. Their benefit is obvious: they increase the safety of motorists and other road users by forcing them to slow down, at the same time ensuring fluid traffic flow at intersections.

On the Schröder Group GIE experience and the CIE recommendations the paper presents the criterions for the roundabouts lighting.

Marilena MĂIEREAN,

Director Marketing și Comercial,

ENERGOBIT Schröder Lighting srl

Cluj-Napoca, str. Donath 182, tel 064 420 450

e-mail: mm@Energobit.dntcj.ro

LSD – Lighting Systems Design – un program pentru proiectarea sistemelor de iluminat

Horia F. POP

Universitatea "Babeş-Bolyai" Cluj-Napoca

Florin POP

Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

Rezumat

Articolul prezintă un pachet de programe extrem de util în cadrul activităţii academice şi de cercetare, atât pentru formarea studenţilor cât şi pregătirea continuă a inginerilor care lucrează în domeniul Instalaţiilor electrice şi Iluminat. Sunt analizate modulele componente ale aplicaţiei, care acoperă diferite aspecte ale proiectării sistemelor de iluminat. Sunt date şi câteva detalii de implementare, interesante din punctul de vedere al inginerului de iluminat, care, astfel, va putea avea o motivaţie în a începe să îşi scrie propriile sale aplicaţii informatice, adaptate propriilor sale necesităţi.

1 Introducere

Obiectivul principal al programului LSD este de a instrui şi de a informa, de a oferi un instrument simplu pentru studenţii care se pregătesc în domeniul instalaţiilor de iluminat. Baza de date a programului se referă la normele şi echipamentele actuale şi la recomandările CIE în vigoare.

Studenţii au posibilitatea:

- (a) să proiecteze diferite sisteme de iluminat pentru activităţi desfăşurate în interiorul clădirilor, pentru iluminatul nocturn de siguranţă, pentru spaţii de lucru exterioare, pentru străzi cu trafic de autovehicule, pentru terenuri sportive, pentru monumente sau faţade ale clădirilor;
- (b) să verifice aspectele calitative ale unei instalaţii de iluminat interior conform metodei curbei de luminanţă limită;
- (c) să vizualizeze o reprezentare bidimensională sau tridimensională a distribuţiei iluminării.

2 Prezentarea aplicaţiei

Aplicaţia LSD are o concepţie modulară (fig. 1). Fiecare modul constă dintr-unul sau mai mulţi algoritmi independenţi şi comunică cu celelalte module prin intermediul programului principal. Aplicaţia este realizată vizual, şi oferă o interfaţă vizuală plăcută şi un meniu apelabil folosind mouse-ul sau tastatura. Fiecare modul este prezentat în meniurile aplicaţiei împreună cu componentele sale.

Aplicaţia este structurată în jurul modulelor principale de calcul şi a modulelor auxiliare, de vizualizare a datelor:

(1) Modulele de calcul

- **Interior** - proiectarea sistemelor de iluminat electric interior;
- **Emergency** - proiectarea sistemelor de iluminat de siguranţă;
- **Exterior** - proiectarea sistemelor de iluminat exterior (platforme de lucru);
- **Daylight** - proiectarea iluminatului natural;
- **Road** - proiectarea sistemelor de iluminat rutier;
- **Sport** - proiectarea instalaţiilor de iluminat ale arenelor sportive;
- **Buildings** - proiectarea instalaţiilor de iluminat pentru monumente şi faţadele clădirilor;
- **Costs** - calcularea costurilor unei instalaţii de iluminat.
- **Energy Management** - analiza parametrilor energetici ai instalaţiei.

(2) Modulele de vizualizare a rezultatelor

- **Report** - vizualizarea fişierului ASCII ce conţine raportul de execuţie a modului de calcul rulat;

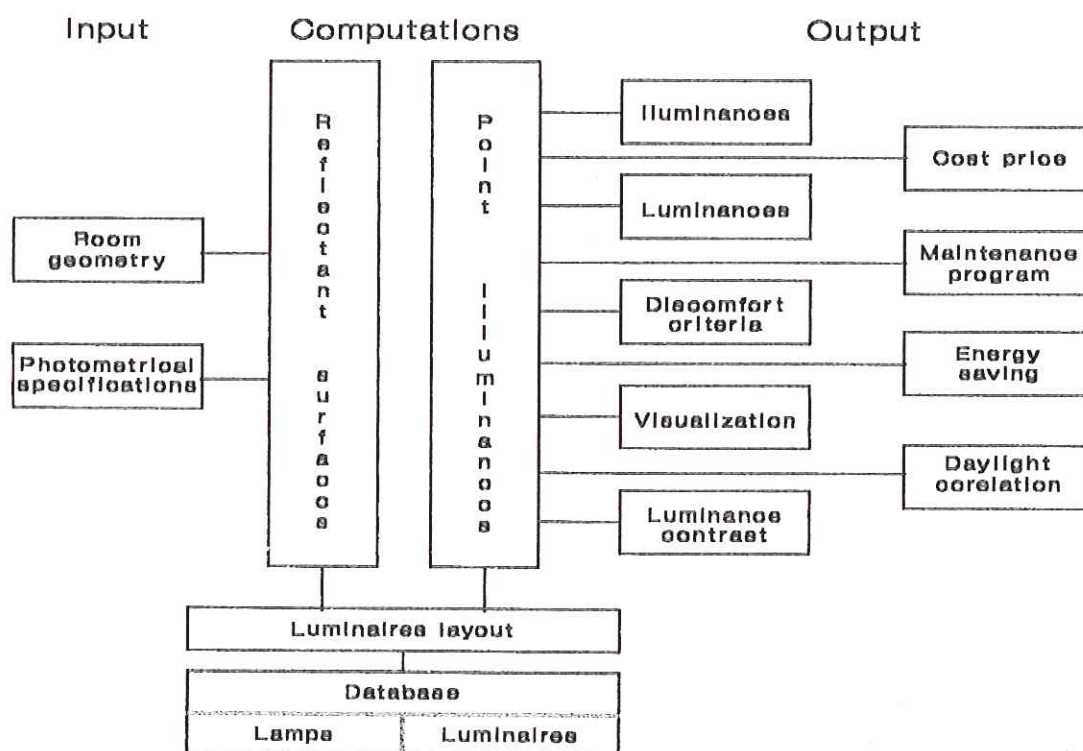


Fig. 1 Privire asupra relațiilor dintre diferitele componente ale aplicației

- **Luminance** - permite verificarea luminanței limită a unei instalații de iluminat;
- **Hash** - permite vizualizarea grafică a suprafeței fotometrice folosind hașuri;
- **Izolux** - permite vizualizarea grafică a suprafeței fotometrice folosind curbe izolux;
- **Projections** - permite vizualizarea grafică a suprafeței fotometrice folosind proiecții tridimensionale.

Aplicația a fost realizată în așa fel încât să asiste utilizatorul în situația în care acesta introduce valori ilegale sau încearcă să execute anumite submodule fără a fi introdus toate datele de intrare necesare.

După ce utilizatorul a introdus datele de intrare necesare, poate trece la optimizarea instalației de iluminat dorite și apoi poate vizualiza rezultatele în diferite moduri. În situația în care utilizatorul va dori să repete execuția modulului respectiv pentru o variantă ușor modificată a datelor de intrare, acesta nu va trebui să introducă din nou toate datele, ci va putea doar

să opereze modificările necesare, datele anterioare fiind disponibile.

Rezultatele produse includ o documentație completă a datelor de intrare și a mărimilor determinate de modulul de calcul pentru diferite aspecte ale iluminării, precum și informații variate care au scopul de a-l informa pe utilizator în mod neechivoc dacă proiectarea instalației s-a realizat cu succes.

3 Modulele de calcul

3.1 Modulul Interior – Proiectarea sistemelor de iluminat interior

Acest modul permite verificarea unei instalații de iluminat interior existente sau ajută la proiectarea unei instalații noi.

Încăperea se definește prin cele trei dimensiuni și reflectanța tavanului și pereților. Corpurile de iluminat sunt montate pe un plan orizontal sub tavan, orientate de-a lungul uneia din axe. Distribuția corpurilor este fie ordonată uniform, având distanțe egale între ele, fie ordonată

neuniform, având distanțe diferite între rânduri și/sau coloane de corpuri.

Modulul realizează optimizarea simultană a următorilor parametri: numărul de corpuri; aranjamentul corpurilor; combinația lămpi/corp de iluminat; costuri de capital. Procesul de proiectare se poate descrie pe scurt în felul următor: după ce datele necesare au fost introduse, programul selectează în mod corespunzător o configurație inițială și verifică dacă condițiile de calitate sunt satisfăcute. În caz afirmativ, procesul se încheie. În caz contrar, oferă utilizatorului câteva alternative de continuare în vederea ajustării parametrilor instalației. Aceste alternative tin seama de rezultatele analizei din etapa precedentă și sunt construite pentru a permite obținerea rapidă a soluției fotometrice optime. Ciclul continuă până la obținerea unei instalații care verifică condițiile de calitate cerute sau până când utilizatorul este satisfăcut de o anumită instalație.

Acest modul are o componentă didactică extrem de importantă. Astfel, studentul poate:

(a) să observe interacțiunile complexe dintre parametrii unui sistem de parametri fotometrici; de exemplu, creșterea înălțimii de montare îmbunătățește uniformitatea, dar reduce iluminarea medie, asemănător cazului instalațiilor de iluminat exterior, sau variația raportului dintre componentele directă și reflectată ale iluminării pe planul de lucru, în raport cu curba distribuției intensității;

(b) să determine un raport de spațiere/montare a corpurilor de iluminat pentru a obține un anumit grad de uniformitate a iluminării pe planul de lucru;

(c) să coreleze necesarul de energie electrică în funcție de lumina naturală disponibilă în încăpere.

3.2 Modulul Emergency – Proiectarea sistemelor de iluminat interior de siguranță

Acest modul, realizat ca o extensie a modulului de iluminat interior, permite proiectarea unei instalații de iluminat interior de siguranță.

3.3 Modulul Exterior– Proiectarea sistemelor de iluminat exterior

Acest modul permite analizarea unei instalații de iluminat pentru platformele de lucru exterioare ale unei societăți comerciale. După introducerea datelor de intrare, aplicația determină distanța necesară dintre două corpuri de iluminat vecine, pentru a obține iluminarea minimă dorită la nivelul solului, după care determină datele fotometrice ale instalației astfel proiectate.

3.4 Modulul Daylight – Proiectarea iluminatului natural

Acest modul permite determinarea efectelor iluminatului natural asupra unei încăperi. Modulul ia în considerare prezența unui număr oarecare de ferestre, fiecare putând avea propria sa obstrucție exterioară. Este determinată iluminarea pe planul de lucru considerând efectul cumulat al tuturor acestor ferestre. Calculul factorului de lumină naturală se face folosind mai multe metode (relații) utilizate în literatură.

De remarcat că, datorită faptului că informațiile referitoare la ferestre nu sunt memorate în structurile de date interne ale aplicației, nu apare nici o restricție referitoare la numărul maxim de ferestre utilizat. Totuși, există o restricție inerentă: numărul de ferestre dorit trebuie să se încadreze în spațiul alocat unui întreg, în implementarea de față valoarea maximă admisă fiind de 32767. Din punct de vedere practic, nici măcar nu se pune problema atingerii acestei limite.

3.5 Modulul Road - Proiectarea sistemelor de iluminat rutier

Acest modul permite proiectarea instalațiilor de iluminat rutier (stradal). Amplasamentul corpurilor de iluminat este caracterizat de înălțimea sursei de iluminat, distanța dintre corpuri, lățimea străzii, modul de orientare a corpului față de marginea străzii.

Aplicația permite două tipuri de amplasamente ale corpurilor de iluminat: așezare pe o singură parte a străzii și așezare pe rânduri față în față,

de ambele părți ale străzii. Utilizatorul poate analiza o instalație existentă sau poate obține o soluție optimă pentru un drum de lățime dată.

Din punct de vedere al implementării, modulul se bazează pe metoda distribuției iluminării, din cauza dificultății de a determina și verifica distribuția luminanței.

3.6 Modulul Sport - Proiectarea instalațiilor de iluminat pentru arene sportive

Acesta este un modul simplu care calculează iluminările orizontale și verticale în aranjamentul cu turnuri în patru colțuri, cu respectarea recomandărilor CIE nr. 57.

Fișierul ce conține raportul de execuție al aplicației menționează atât poziția unghiulară a proiectorului, cât și valorile iluminării la sol (orizontale), pentru fiecare proiector și pentru întreaga instalație. O dezvoltare ulterioară va introduce calculul iluminărilor sferice, cilindrice și semicilindrice.

3.7 Modulul Buildings – Proiectarea instalațiilor de iluminat pentru monumente și fațadele clădirilor

Fațadele clădirilor și suprafețele monumentelor sunt considerate de formă dreptunghiulară. Proiectorul este localizat prin poziția sa față de colțul din stânga jos și prin punctul de pe suprafața iluminată către care corpul este efectiv orientat.

În vederea proiectării instalației dorite, utilizatorul poate preciza mai multe proiectoare, de tipuri diferite și/sau aflate în poziții variate.

3.8 Modulul Costs - Determinarea costurilor unei instalații de iluminat

Acest modul permite determinarea costurilor unei instalații de iluminat: costurile de investiție (costul investiției inițiale și costurile reinvestiției) și costurile de operare (costul electricității, costurile întreținerii și costurile curățirii instalației).

Raportul produs conține o statistică detaliată a tuturor caracteristicilor instalației, parametrilor de funcționare, parametrilor economici și energetici, precum și valorile determinate ale costurilor instalației de iluminat.

3.9 Modulul Energy Management – Analiza parametrilor energetici ai unei instalații de iluminat

Acest modul permite cunoașterea parametrilor energetici (putere instalată, putere instalată specifică $W/(m^2 \cdot 100 \text{ lx})$ ai unei instalații de iluminat, consumul energetic anual și determinarea posibilelor economii de energie prin introducerea sistemelor de control al iluminatului cu fotocelule (corelat cu lumina zilei) și senzori de prezență (corelat cu prezența utilizatorilor în încăpere). Este un modul util în elaborarea unor proiecte de reabilitare a instalațiilor de iluminat existente și de proiectare optimizată a unor instalații noi.

4 Modulele de vizualizare a rezultatelor

Acestea sunt module auxiliare ale aplicației și permit diferite vizualizări ale informației obținute de către modulele de calcul.

4.1 Modulul Report -- Vizualizarea raportului generat

Acesta este un modul simplu, care permite vizualizarea fișierului ASCII ce conține raportul de execuție generat de modulul de calcul utilizat.

Sunt prezentate într-o formă coerentă toate datele instalației de iluminat optimizate.

4.2 Modulul Luminance – Verificarea luminanței limită a unei instalații

Acest modul permite verificarea calitativă a unor sisteme de iluminat interior conform metodei curbilor de luminanță limită – CIE.

Sunt utilizate datele modulului de iluminat interior și sunt afișate atât curba luminanței determinate de corpurile de iluminat existente în instalație cât și curba limită.

4.3 Modulul Hash - Vizualizarea grafică folosind regiuni hașurate

Acest modul permite realizarea unei reprezentări grafice bidimensionale a suprafeței fotometrice. Reprezentarea se face sub forma unor pătrate cu hașuri diferite, fiecare tip de hașură fiind asociat unui interval de valori bine precizat. Selectarea limitelor acestor intervale s-a făcut cu respectarea scalei de valori standard a CIE.

4.4 Modulul Izolux - Vizualizarea grafică folosind curbe izolux

Acest modul permite realizarea unei reprezentări grafice bidimensionale a suprafeței fotometrice folosind curbe izolux. Curbele sunt reprezentate folosind culori diferite și corespund unor valori ale iluminării care se conformează scalei de valori standard a CIE.

Din punct de vedere al implementării, în vederea reprezentării în bune condiții a suprafeței, s-a folosit metoda de interpolare Spline, aplicată de două ori.

4.5 Modulul Projections – Vizualizarea grafică folosind proiecții în spațiul 3D

Acest modul permite vizualizarea în planul bidimensional a suprafeței fotometrice tridimensionale. Reprezentarea se face prin proiecția suprafeței tridimensionale pe un plan bidimensional, plecând de la existența unui punct central de observare.

S-au realizat trei reprezentări, pentru care s-au ales diferite poziții ale punctului central de observare. Aceste trei poziții au fost determinate experimental și au fost alese pentru a oferi imagini variate și efective ale suprafeței.

Pentru buna observare a suprafeței fotometrice, acea parte care se vede 'de dedesubt' a fost reprezentată cu o altă culoare decât partea care se vede 'de deasupra'.

5 Concluzii

În cadrul programului de studii de la Universitatea Tehnică, viitorii ingineri sunt

pregătiți în iluminat electric printr-un curs de Instalații Electrice cu aproximativ 30% destinat iluminatului electric. Proiectarea instalațiilor de iluminat ține seama de faptul că sistemul de iluminat realizat trebuie să confere atât cantitatea optimă de lumină cât și calitatea necesară desfășurării activității vizuale și confortului uman. Aplicațiile de optimizare a instalațiilor de iluminat scrise de noi au fost bine primite de către studenți și alți utilizatori. Aceste aplicații au îmbunătățit activitatea didactică și gradul de înțelegere a problemelor specifice din domeniul iluminatului.

Pe de altă parte, aceste aplicații se încadrează în efortul mai larg de diversificare a tehnicilor de educație a studenților, în sensul dinamizării procesului educativ și a măririi gradului de participare a studentului în procesul de acumulare a cunoștințelor. Studenții vor putea să verifice singuri anumite cunoștințe fundamentale din domeniul instalațiilor electrice de iluminat, vor putea să insiste pe acele module pe care ei le consideră necesare. În felul acesta, aplicațiile informatice contribuie la individualizarea modului de pregătire al studentului.

Eforturile noastre de a crea un pachet de programe pentru optimizarea instalațiilor de iluminat datează de aproximativ 10 ani [4-10]. Până în acest moment, preocuparea noastră principală a fost realizarea unui sistem de programe stabil și suficient de flexibil din punctul de vedere al utilizatorului.

Cum apreciem că în prezent aceste condiții sunt îndeplinite, eforturile viitoare vor fi dedicate elaborării unei aplicații vizuale independente de platformă. Aceasta aplicație va fi realizată în C++ și va folosi biblioteca de interfețe vizuale wxWindows [5], disponibilă sub mai multe versiuni ale sistemelor de operare Windows, Unix/Linux și MacOS.

6 Mulțumiri

Modulele Daylight, Costs și Energy Management au fost dezvoltate în cadrul proiectului Tempus-Phare CME-03551-97. Cunoașterea celor mai noi programe de calcul luminotehnice în momentul de început a

activității noastre în această direcție ne-a fost facilitată de bunăvoința Domnului János SCHANDA, secretar al CIE în anul 1992, care ne-a invitat la CIE Seminar '92 on Computer Programs for Light and Lighting, Austria.

Bibliografie

1. Bjorn BREKKE, A new generation computer program system for lighting planning, CIE Seminar, '92, September 1992
2. Luciano Di FRAIA, Automatic optimization of interior lighting systems. Automatic design of optimized road lighting systems, CIE Seminar '92, September 1992
3. Jens Jorgen JENSEN, Kai SORENSEN, Computer program for interior lighting, CIE Seminar '92, September 1992
4. Florin POP, Horia F. POP, Software pentru instalații electrice ale clădirilor, Instalații pentru construcții, 3-5, 1990, pg.64-67
5. Florin POP, D. BEU, V. GHERMAN, Sorina GHERMAN, Proiectarea optimizată a instalațiilor de iluminat interior, Conferința a XXV-a de Instalații, Sinaia, 10-12 oct. 1991, pag. 319-324
6. Florin POP, Horia F. POP, LID - Lighting installations design, computer programs for calculus and graphical representations, CIE Proceedings of the CIE Seminar '92 on Computer Programs for Light and Lighting, Austria, Publ. No CIE *005, pp. 80
7. Florin POP, D. BEU, Horia F. POP, Interior Lighting Design - Computer Programs for Calculus and Graphic Representations, Acta Technica Napocensis, sect. Civil Engineering - Architecture, nr. 35, 1992, pg.99-10912.
8. Florin POP, Interactive parameters of a lighting installation, Proceedings of The 7th European Lighting Conference LUX-EUROPA, Edinburgh, U.K., Apr 4-7, 1993, vol.II, pg.760-763
9. Florin POP, Horia F. POP, IELD - interior and exterior lighting design, computer programme for didactic activities, Proceedings of The 2nd European Conference on Energy-Efficient Lighting RIGHT LIGHT, Arnhem, Netherlands, Sep 26-29, 1993, pg.666-673

10. Florin POP, Mihaela POP, Lighting Quality Evaluation, Balkanlight '99, Varna, 6-8 Oct, 1999
11. wxWindows, the cross-platform GUI solution, <http://www.wxwindows.org>

LSD – Lighting Systems Design a computer program for the optimum design of lighting systems

Abstract

The paper presents a computer program package extremely useful in the academic and research activity, both for the formation of the students from the department of electrical installations in lighting, and for the lighting engineers. There are analysed the component modules of the application, which cover many areas of designing lighting installations. There are also given some implementation details, interesting from the point of view of the lighting installations engineer, which will thus be have a motivation for starting to write his/her own computer applications.

Dr. Horia F. POP, Conferențiar, Catedra de Limbaje și Metode de Programare, Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea "Babeș-Bolyai" Cluj-Napoca.

E-mail: hfpop@cs.ubbcluj.ro

Web: <http://www.cs.ubbcluj.ro/~hfpop>

Dr. Florin POP, Profesor, Catedra de Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.

E-mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

Web: <http://bavaria.utcluj.ro/~florin>



Dr. Horia F. POP a absolvit facultatea de Matematică și Informatică a Universității "Babeș-Bolyai" în anul 1991. După obținerea, în anul 1995, a titlului de Doctor în Științe Matematice, specializarea Informatică, în 1997 devine conferențiar la aceeași facultate. Domeniile de interes cuprind Inteligența Artificială, Fuzzy Logic, elemente teoretice și aplicative ale Teoriei Clasificării folosind mulțimi nuanțate, studiul diferitelor clase de limbaje și metode de programare. Între anii 1991 și 2000 a desfășurat mai multe vizite profesionale în Geneva (Elveția), Liverpool (Marea Britanie), Barcelona (Spania), Viena (Austria), Arnhem (Olanda), Berkeley (Statele Unite), Helsinki (Finlanda), Hamburg (Germania).

THE STUDENTS FORUM AT THE UPC

Mireia DE LA RUBIA Garrido,

The Association of Friends of UPC (AAUPC), Barcelona

The students from the Polytechnical University in Barcelona set up every year Forums. These Forums gather companies and students in order to make a contact so as a mutual knowledge grows up.

The Forums at the UPC follow the same model as other European schools Forums: they are exhibitions to contract for, but at the same time, they are a great chance for students to meet the companies world they will have to live once they finish their studies. The Forums, moreover than have companies and institutions stands, offer some parallel activities, such as conferences, work groups...

The constant target of the Forums has been giving support, offer and give facilities to the communication between businessmen and workers. In the Forums, students, teachers and businessmen talk about the newest tendencies in several areas.

A close collaboration between university and companies is not only one of the progress keys, but a quality progress.

The Forum helps overcoming one of the main problems to get social cohesion, that is the difficult connection between knowledge corporations (science, culture, and technologies...) and production or diffusion corporations.

An engineer's work goes far away from solving practical, and sometimes technologically difficult, problems related with designing, building and operating systems and services. An engineer's work should join human, technical, financial and natural resources, everyday more, in an international environment. This activity should be economically important, but on the other hand,

life and natural environment mustn't be forgotten and a better comfort and way of life should be provided.

In the Polytechnical University in Barcelona there are different Forums, belonging the different faculties: School of Telecommunications Engineering of Barcelona, Faculty of Computer Science of Barcelona, School of Industrial Engineering of Terrassa (Fòrum Agora), School of Civil Engineering of Barcelona (Futur Camins) and School of Industrial Engineering of Barcelona.

In 1991 the Industrial Engineers Forum was inaugurated. It was the first Forum from a technological faculty in Spain and in these 10 years it has become the most prestigious one in Spain. In the first edition there were only eight companies represented, but in the last, there were more than sixteen. Manager's satisfaction is high, and this fact help most of the companies decide to follow their collaboration year by year.

Next March, the 10th edition of the Industrial Engineers Forum is going to be hold. So, in this frame of free work around the European Community, this edition wants to guide this growing into a bigger international companies presence meeting. These companies, from their European sites, contract engineers from all Europe in order to incorporate them to their formation plans all over the world. Last year's edition, some French, German and Italian companies were represented in the Forum, and in this tenth edition, there will be a bigger international representation.

The Forum has become an essential date for last courses students, just diplomated engineers and, also, for companies. These companies know, every day more, it's necessary to meet to these potential workers, the university world is.

This big chance in the work market provides now are the companies who approach the university looking for workers from an area where unemployment is relative small.

The interaction scenario is given by the Forum, through conferences and exhibition stands of products and services from companies, but the key of a successful work depends on the companies find what they are looking for: workers with formation, ambitions and past and future engineers abilities.

The Association of Friends of the UPC collaborates with several Forums in the realization of work groups about career guidance and integration (Looking for a job techniques: how to make a C.V., meeting letters, job interviews, psychotechnical proofs, labor law, professional abilities), as well as recruitment and quest for companies.

Mireia DE LA RUBIA Garrido

Technical Careers Office

Careers Guidance and Integration Office

UPC – Universitat Politècnica de Catalunya

Associació d'Amics de la UPC

Tel. + 34. 93. 4015673 Fax. +34. 93. 4015672

e-mail: mdelarub@upc

Forumul Studenților de la UPC

Studenții de la Universitatea Politehnică din Catalonia, Barcelona organizează Forum-uri în fiecare an. Aceste Forumuri apropie companiile și studenții în scopul realizării unor contacte pentru a dezvolta cunoașterea reciprocă.

Forum-urile de la UPC urmează același model ca și Forum-urile altor școli europene: ele organizează expoziții pentru contracte dar, în același timp, ele sunt o mare șansă pentru studenți de a întâlni companii din lumea întreagă în care ei vor trăi după terminarea studiilor. Forum-urile, mai mult decât a oferi standuri ale companiilor și instituțiilor, oferă câteva activități paralele, precum conferințe, grupuri de lucru ...

Sarcina constantă a Forum-urilor a fost de a găsi suport, de a oferi și găsi facilitățile de comunicare între oamenii de afaceri și lucrători.

În Forum-uri, studenți, profesori și oameni de afaceri discută despre cele mai noi tendințe în diferite arii de interes.

O strânsă colaborare între universități și companii nu este doar una din cheile progresului, ci și o calitate a progresului.

Forum-ul ajută în depășirea uneia din probleme principale în găsirea coeziunii sociale, care constă în conexiunea dificilă între corporațiile de cunoaștere (știință, cultură, și tehnologii...) și corporațiile de producție sau difuzare.

O muncă inginerescă este desfășurată pentru rezolvarea dificultăților practice și, uneori, tehnologice, chestiuni legate de proiectarea, realizarea și funcționarea sistemelor și serviciilor. O astfel de muncă trebuie să unească resursele umane, tehnice, financiare și naturale în fiecare zi mai mari, în cadrul unei ambiante internaționale. Această activitate trebuie să fie importantă economic, dar pe de altă parte, mediul natural și uman nu trebuie uitat, astfel încât trebuie să fie asigurate un confort și condiții de viață cât mai bune.

În Universitatea Politehnică din Barcelona sunt diferite Forum-uri, desfășurate în diferite facultăți: Școala de Ingineria Telecomunicațiilor din Barcelona, Facultatea de Calculatoare din Barcelona, Școala de Inginerie Industrială din Terrassa (Forum Agora), Școala de Inginerie Civilă (Construcții) din Barcelona (Futur Camins) și Școala de Inginerie Industrială din Barcelona.

În 1991 a fost inaugurat Forum-ul Inginerilor Industriali. A fost primul Forum al unei facultăți tehnologice în Spania și în acești 10 ani el a devenit unul din cele mai prestigioase din Spania. La prima ediție au fost reprezentate doar 8 companii, dar la ultima au fost mai mult de 16. Satisfacția managerilor este mare și acest fapt determină mai multe companii să se decidă în a continua colaborarea an de an.

În această lună Martie se va desfășura cea de-a 10-a ediție. Astfel, în acest cadru liber al muncii în Comunitatea Europeană, această ediție va fi o întâlnire cu o bogată prezență a companiilor internaționale. Acestea, din sediile

lor europene, contractează ingineri din întreaga Europă pentru a-i încadra în planurile de formare la nivel mondial. La ediția de anul trecut, companii franceze, germane și italiene au fost reprezentate în Forum și la această a 10-a ediție vom avea o participare internațională și mai largă.

Forum-ul devine o dată de referință pentru studenții din anii terminali, absolvenții și, desigur, pentru companii. Aceste companii știu, în fiecare zi mai mult, că este necesar să se întâlnească cu potențialii lor lucrători, cu lumea universitară.

Această mare șansă în asigurarea pieței forței de muncă o au acum companiile care se apropie de universități pentru a căuta lucrători într-o arie în care rata de neasigurare a muncii este scăzută.

Forum-ul oferă un scenariu de interacțiune, prin conferințe și standuri de expunere a produselor și serviciilor de către companii, dar cheia unei munci de succes pentru companii constă în a găsi ceea ce ele au căutat: lucrători cu pregătire, ambiții și abilități inginerești trecute sau viitoare.

Asociația Prietenilor Universității Politehnice din Catalonia colaborează cu numeroase Forum-uri în realizarea unor grupe de lucru despre orientarea profesională și integrare (tehnici de căutare a unui loc de muncă: cum se scrie un C.V., aplicații, interviuri, aspecte de tehnică psihologică, legislația muncii, abilități profesionale) precum și în asigurarea unor servicii de recrutare și primire a companiilor.

LA ILUMINACIÓN COMO FACTOR DEL CAMBIO SOCIAL

Ramón SAN MARTÍN PÁRAMO

Universidad Politécnica de Cataluña

La relación del hombre con su entorno se establece a través de los sentidos y, entre estos, tiene una importancia esencial la visión. El "combustible" de la información visual es la luz, y por ello no puede extrañarnos que los sistemas de iluminación - naturales o artificiales- sean un factor de peso en las relaciones de la sociedad humana.

En muchas ocasiones es difícil señalar si los sistemas de iluminación adecuados son causa o consecuencia de los cambios sociales. Pero sí podemos marcar dos épocas cubriendo desde los albores de la humanidad (antorchas y luces de aceite en las cavernas) hasta el siglo XIX; durante este largo período tres fuentes de luz térmicas -la tea, la vela, y el aceite- proporcionaron la iluminación necesaria en lugares cerrados u horas nocturnas. Al llegar al siglo XIX, asistimos a una prodigiosa multiplicación de los sistemas de alumbrado artificial: petróleo, acetileno, oshídrico, gas, arco voltaico, incandescencia, descarga..... que desemboca en nuestros días en un predominio del alumbrado eléctrico, es decir, aquel cuya energía primaria es la electricidad y cuyo producto es la energía lumínica.

Es curioso observar como esta solución de continuidad en la producción de luz artificial coincide con un punto de inflexión en la estructura social: el desarrollo de la Revolución Industrial. Podríamos pensar que la evolución tecnológica de los sistemas de alumbrado fue un determinante que permitió la construcción de grandes factorías trabajando incluso en turnos de noche, o inclinarnos, por el contrario, a creer que fue la demanda de producción industrial la que incentivó el desarrollo tecnológico del alumbrado; al fin y al cabo, ya los chinos habían utilizado el gas para alumbrado en la edad media, la luz de petróleo en la antigüedad del Oriente Próximo, y Darry, De la Rue, Joband,

Grose, Starr, Swam habían encendido sus lámparas eléctricas bastantes años antes de Edison. Causa o efecto, es innegable la relación: una sociedad predominantemente agrícola no necesita nuestros sistemas de alumbrado, y una sociedad industrial no puede funcionar sin una iluminación que le permita "ensanchar su espacio" y "alargar su tiempo" a lugares y períodos carentes de iluminación natural.

Un ejemplo, anecdótico pero significativo, nos lo proporciona la literatura de ciencia ficción. Murray Linster en el "Túnel del Tiempo" relata la experiencia de un ciudadano de nuestros días trasladado en un viaje temporal a una pequeña población rural del siglo XVIII; "nada en la población habría denotado el cambio, si no únicamente la ausencia total de alumbrado".

Nos introducimos con este ejemplo en un campo concreto: el ámbito urbano.

En la ciudad actual el alumbrado cumple un papel de importancia relevante, que podemos resumir en los siguientes aspectos:

- Seguridad circulación de vehículos y personas, creando las condiciones de visibilidad adecuadas a la densidad, velocidad y complejidad de la circulación.
- Reducción de actos delictivos facilitando la vigilancia y disuadiendo las posibles acciones contra personas y bienes.
- Promover la vitalidad urbana favoreciendo centros de atención, condiciones de relación social, zonas de actividad, etc.
- Configurar el paisaje urbano ya sea por el carácter de la iluminación (color, iluminación monumental, estructura....) o por la presencia del alumbrado en cuanto "mobiliario urbano".

Dado que la actividad ciudadana experimenta un creciente desplazamiento -tanto en las actividades lúdicas, como en las utilitarias- hacia las horas nocturnas, se comprende que la existencia de un alumbrado adecuado es un factor cada vez más importante en la ciudad, y que los cambios sociales que ésta experimente, tendrán su reflejo en el alumbrado urbano.

Considerando únicamente el período histórico comprendido entre el siglo XIX y la actualidad -antes de él nos sería difícil hablar de alumbrado urbano en el sentido en que hoy lo entenderemos- pueden apreciarse tres períodos de evolución diferenciados:

- El primero de ellos abarcaría desde el inicio hasta los finales de la segunda década de nuestro siglo. El alumbrado urbano comienza a adquirir el carácter que actualmente le es propio: la continuidad espacial. Hasta entonces, los pocos puntos de luz existentes en algunas ciudades actuaban como "hitos puntuales" señalando una localización concreta; el espacio intermedio era tierra de nadie en la que solo los arriesgados o los delincuentes se aventuraban. La vocación del alumbrado urbano actual es, por el contrario abarcar "un área" o "una trayectoria", en definitiva, permitir un uso común del espacio urbano ya fuese para el transporte de mercancías, el desplazamiento laboral o el paseo lúdico. Sin embargo, durante este período, ni la densidad, ni la velocidad exigían elevados niveles de iluminación. Pueden por ello coexistir en el mismo distintas fuentes primarias de iluminación: aceite, gas y electricidad, y pueden utilizarse puntos de luz cuyas dimensiones se adaptan a la escala humana.

- En el segundo período, el concepto social y urbanístico de la ciudad sufre una acusada transformación: la ciudad se interpreta como una red de relaciones donde la función "transporte" es fundamental: crece el volumen y velocidad de circulación, se ensanchan las calzadas, y el alumbrado urbano mimetiza el alumbrado vial de carreteras y autopistas: crece en altura e intensidad, incrementa sus niveles y uniformidad. Esta evolución determina la rápida desaparición total de las luces de aceite, el gas se resiste a desaparecer, pero es finalmente derrotado ya dentro de los años 60, y , dentro

del alumbrado eléctrico, las lámparas de incandescencia se ven desplazadas por las de descarga de baja intensidad (fluorescencia) y estas, a su vez, por las de alta intensidad (vapor de mercurio y vapor de sodio).

- Este es el alumbrado que aún podemos ver mayoritariamente en nuestras ciudades. Sin embargo, en los años 80 comienza a imponerse una nueva concepción urbanística que carga el acento en los aspectos de calidad de vida y, en consecuencia, en la humanización del espacio urbano. Esta concepción tiene naturalmente su reflejo en el alumbrado urbano: se tiende a retornar al punto de luz a escala humana, se enfatizan los aspectos de estilo en la iluminación (difusión, calidez....), se prima la valoración del punto de luz como "objeto de diseño", etc... La Barcelona Olímpica nos puede proporcionar numerosos ejemplos de esta tendencia. No obstante, cualquier período de cambio, origina crisis y creo que esta condición "crítica" define bien la cualidad del período que estamos viviendo, pues bien las tendencias generales antes mencionadas son ampliamente compartidas, sus resultados concretos, los "post-alumbrados", son, en la mayoría de los casos muy discutibles.

Las tendencias de calidad de iluminación, y humanización de objetivos hace ya algún tiempo que están teniendo influencia en el desarrollo tecnológico del alumbrado, acompañadas por otras exigencias: eficiencia energética, durabilidad, fiabilidad, mantenimiento, economía, sostenibilidad ecológica....

Los resultados son lámparas de alta eficacia, luminarias de tamaño reducido y elevadas prestaciones, posibilidad de obtener calidades cromáticas en aplicaciones antes imposibles, sistemas de regulación de alimentación eléctrica, técnicas de diseño... un abanico de amplias posibilidades que parecen olvidadas en estos nuevos alumbrados, o, cuanto menos, devoradas ante un malentendido "ogro diseño".

Hay que preocuparse, pero no asustarse. El niño, tras el sarampión, suele ser más alto. Llegará el día en que los esfuerzos de la tecnología lumínica y las demandas sociales, coincidirán de nuevo. El alumbrado viario volverá a ser urbano, sin necesidad de ser caro,

ineficiente, de corta vida y, además, en algunos casos, francamente feo.

Ramón SAN MARTÍN PÁRAMO

Profesor Titular, Estudios Luminotécnicos, DPTO. PROYECTOS DE INGENIERÍA

UPC – Universitat Politècnica de Catalunya

Diagonal, 647, planta 10

08028 Barcelona, Spain

Tf.: + 34. 33. 401 7168

Fax.: + 34. 33. 334 0255

E-mail: SanMartin@pe.upc.es

Iluminatul - factor al schimbării sociale

Relația omului cu mediul înconjurător se stabilește prin intermediul simțurilor și, între acestea, văzul are o pondere deosebită. Sursa informațiilor vizuale este lumina și, având în vedere acest aspect, nu poate fi decât evident că sistemele de iluminat - naturale sau artificiale - reprezintă un factor important în relațiile societății umane.

În multe situații este greu de precizat dacă sistemele adecvate de iluminat sunt cauza sau consecința schimbărilor sociale. Se pot totuși remarca două epoci care acoperă perioada dintre apariția umanității (torțe și lămpi cu grăsimi în caverne) și secolul XIX; în timpul acestei lungi perioade, iluminarea spațiilor închise sau în timpul nopții a fost asigurată de către trei surse termice de lumina: torța, lumânarea și uleiul. La începutul secolului XIX asistăm la o diversificare deosebită a sistemelor de iluminat artificial: petrolul, acetilena, hidroxid, gazul, arcul voltaic, incandescența, descărcările ... această diversitate s-a transformat în zilele noastre într-o dominare a iluminatului electric, adică a aceluia în care energia primară este electricitatea și al cărui produs este energia luminoasă.

Este curios de observat cum această soluție de continuitate în producerea luminii artificiale coincide cu un punct de cotitură în structura socială: desfășurarea Revoluției Industriale. Putem considera că evoluția tehnologică a sistemelor de iluminat a fost un element determinant care a permis construirea marilor fabrici care lucrau inclusiv în timpul nopții sau din contra, să credem că cererea de produse industriale a fost aceea care a determinat dezvoltarea tehnologică a

iluminatului: la urma urmei, chinezii utilizau gaz pentru iluminat încă din evul mediu, petrolul era folosit încă din antichitate în Orientul Mijlociu, iar Darry, De la Rue, Joband, Grose, Starr, Swam încercau primele lămpi electrice cu destui ani înaintea lui Edison. Cauză sau efect, următoarea afirmație nu poate fi negată: o societate predominant agrară nu necesită sistemele existente de iluminat, iar o societate industrializată nu poate funcționa fără un iluminat care să permită "lărgirea spațiului" și "prelungirea timpului" în locuri și perioade în care nu există iluminat natural.

Un exemplu anecdotice dar semnificativ ne este furnizat de literatura științifico-fantastică. Murray Linster în al său "Tunel al timpului" relatează experiența unui contemporan al nostru care a fost transportat, printr-o călătorie în timp, într-o mică localitate rurală a secolului XVIII; "nimic în acest sat nu arată vre-o schimbare, cu excepția absenței totale a iluminatului".

Cu acest exemplu abordăm un domeniu concret: mediul urban.

În orașul modern, iluminatul joacă un rol de importanță deosebită care poate fi rezumat în următoarele aspecte:

- Securitatea circulației vehiculelor și persoanelor, creând condiții de vizibilitate adecvate densității, vitezei și complexității circulației.
- Reducerea actelor de delicvență prin facilitarea vigilenței și descurajarea posibilelor acțiuni contra persoanelor sau bunurilor.
- Promovarea vitalității urbane prin favorizarea centrelor de atracție, a relațiilor sociale, a zonelor de activitate etc.
- Configurarea peisajului urban atât prin caracterul iluminatului (culoare, iluminatul monumental, structura) cât și prin prezența sistemului de iluminat în "mobilierul orașului".

Având în vedere că activitatea urbană cunoaște o deplasare crescândă - atât în activitățile recreative cât și în cele utilitare - către ore nocturne, este evident că existența unui iluminat adecvat este un factor din ce în ce mai important în oraș și că schimbările sociale la care asistăm vor avea efectul lor asupra iluminatului urban.

Considerând numai perioada istorică cuprinsă între secolul XIX și prezent - înainte de aceasta ar fi dificil de vorbit despre un iluminat

urban în sensul pe care îl înțelegem azi - putem deosebi trei perioade de evoluție:

- Prima durează până la finele decadei a doua a secolului nostru. Iluminatul urban începe să capete caracterul care îi este propriu în prezent: continuitatea spațială. Până atunci, puținele surse de lumina existente în unele orașe acționau ca "zone punctuale", semnalându-se o localizare concretă; spațiul intermediar era un teren al nimănui în care se aventurau numai cei de la periferia societății sau delievenții. Vocația iluminatului urban actual constă, din contra, în crearea unei "zone" sau a unei "traietorii", adică, în definitiv, să permită o folosire comună a spațiului urban, fie că este vorba de transportul mărfurilor, deplasarea la locul de muncă sau o plimbare de plăcere. Totuși, în această perioadă, nici densitatea nici viteza deplasărilor nu au necesitat niveluri ridicate ale iluminării. Au putut astfel coexista în același timp diferite tipuri de surse de lumina: ulei, gaz și electricitate și s-au putut utiliza puncte de lumina ale căror dimensiuni erau adaptate la scara umană.

- În a doua perioadă, conceptul social și urbanistic asupra orașului suferă o transformare esențială: orașul este interpretat ca o rețea de relații în care funcția "transport" este fundamentală; crește volumul și viteza circulației, se schimbă structura rutieră, iar iluminatul urban copiază iluminatul șoselelor și autostrăzilor; iluminatul urban crește în înălțime și intensitate, își mărește nivelurile și își îmbunătățește uniformitatea. Această evoluție determină dispariția rapidă și totală a surselor pe baza de ulei; gazul se opune tendinței dar va fi și el eliminat în anii '60. În cadrul sistemelor electrice, lămpile cu incandescență vor fi înlocuite de cele pe baza de descărcări la joasă presiune (fluorescente) iar acestea, la rândul lor, de lămpile de înaltă presiune (pe baza de mercur și sodiu).

- Acesta este iluminatul pe care îl putem vedea acum în majoritatea orașelor noastre. Totuși, în anii '80 a început să se impună o nouă concepție urbanistică care deplasează accentul spre aspecte de calitate a vieții și, în consecință,

spre umanizarea spațiului urban. Această concepție are, natural, un impact și asupra iluminatului urban: se caută readucerea punctului de lumina la scara umană, se accentuează aspectele de stil în iluminat (lumina difuză, temperatură de culoare...), se caută valorificarea punctelor de lumina ca "obiect al proiectării", etc. .. Barcelona Olimpică (1992) ne poate furniza numeroase exemple ale acestei tendințe. Totuși, orice perioadă de schimb generează crize și cred că această condiție "critică" definește bine calitatea perioadei pe care o trăim, deoarece deși tendințele generale sunt unanim împărtășite, unele rezultate concrete, așa numitul "post-iluminat" sunt, în marea majoritate a cazurilor, discutabile.

Tendențele de îmbunătățire a calității iluminatului și umanizare a obiectivelor care au influențat de o bună perioadă dezvoltările tehnologice ale sistemelor de iluminat sunt acompaniate în prezent de alte exigențe: eficiența energetică, durata de viață mare, fiabilitate, mentenabilitate, economie, comportament ecologic ...

Rezultatele sunt lămpile de înaltă eficiență, corpurile de iluminat cu dimensiuni reduse și cu o bună comportare în timp, posibilitatea de a obține calități cromatice satisfăcătoare în aplicații altă dată imposibile, sisteme de reglare a alimentării cu energie electrică, tehnici de proiectare ..., un ansamblu de ample posibilități ce păreau uitate în aceste moderne sisteme de iluminat sau cel puțin erau neglijate în favoarea unei rău înțelese proiectări de exagerată economie.

Această situație trebuie să ne preocupe dar să nu ne îngrijoreze. Și copiii visează să fie mai înalți. Va veni ziua în care eforturile din tehnologia sistemelor de iluminat și comandă socială vor coincide din nou. Iluminatul stradal va redeveni urban fără necesitatea de a fi costisitor, inefficient, cu viața scurtă și în plus, în unele cazuri, cu adevărat scump.

Notă: traducerea a fost realizată de Prof. dr. ing. Mircea CHINDRIȘ.

FOTOMETRIA – TRECUT ȘI PREZENT

János SCHANDA

Universitatea din Veszprém

1. Introducere

Ingineria iluminatului este atractivă și datorită faptului că reprezintă o știință tehnică și totodată artă. Proiectarea și realizarea unei lucrări de iluminat, efectuarea lucrărilor de măsurări fotometrice pe respectiva lucrare este știință inginerescă, dar o știință care nu poate înlocui intuiția artistică a proiectantului.

În istoria dezvoltării fotometriei, un moment hotărâtor l-a reprezentat aprobarea sistemului fotometric actual de către Comisia Internațională de Iluminat (CIE) în urmă cu 75 de ani, la Geneva.

Acest jubileu de 75 de ani este o excelentă oportunitate să analizăm, pe de o parte, cum s-a născut fotometria, știință de bază a proiectelor și măsurărilor noastre de iluminat, prin ce schimbări și îmbunătățiri a trecut în trei sferturi de secol, iar, pe de altă parte, ce expectative sunt pentru viitorul apropiat.

2. Scurt istoric

2.1 Pionieratul în fotometrie

Analiza luminii provenite din surse de lumină artificială are aceeași vârstă cu apariția diferitelor surse de lumină, ex. lampa cu petrol, arzătoare cu flacără, surse de lumină cu incandescență etc.

Deja în 1760, Bonguer¹ a folosit un fotometru al cărui principiu s-a bazat pe iluminarea a două coli albe de hârtie semitransparente cu două surse de lumină comparabile. Prin schimbarea distanței surselor de lumină s-a realizat iluminarea uniformă a celor două coli de hârtie.

Pe un principiu asemănător s-a bazat și fotometrul lui Rumford (1773)². Aceste aparate rudimentare, iar mai târziu, cele perfecționate bazându-se pe principiul de asemănare vizuală, au exploatat următorul enunț luminotehnic: "în cazul surselor de lumină punctiforme,

luminanța este invers proporțională cu pătratul distanței dintre sursa de lumină și observator".

O comparație mai exactă între iluminarea produsă de către două surse de lumină a putut fi posibilă după apariția următorului enunț din secolul al XIX-lea: "dacă observăm două surse de lumină așezate în același plan, acuratețea liniei de demarcare dintre cele două suprafețe depinde de nivelurile de iluminare ale acestora. Când nivelul de iluminat este asemănător, linia de demarcare dispare instantaneu.

Ca exemplu pentru utilizarea enunțului prezentat este principiul fotometrului Richi (1826)³, principiu în care cele două surse de lumină studiate iluminează două suprafețe albe așezate într-un anumit unghi – figura 1.

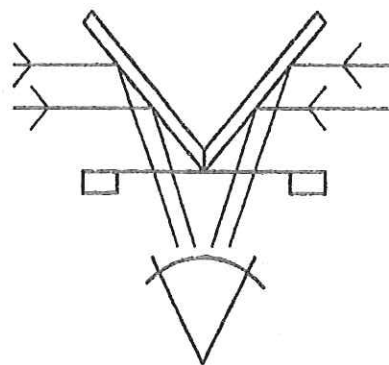


Fig. 1 Construcția teoretică a fotometrului de tip Richi

Această idee a fost dezvoltată de către Bunsen (1843)⁴, realizând chiar un "Cap" fotometric (fig. 2). Fotometrul Bunsen elimină o eroare des întâlnită chiar și la aparatele cele mai moderne, asociată iluminării oblice a unor suprafețe.

Comparația cea mai exactă și sensibilă prin metoda fotometriei vizuale poate fi obținută prin fotometrul Lummer - Brodhun (1889)⁵.

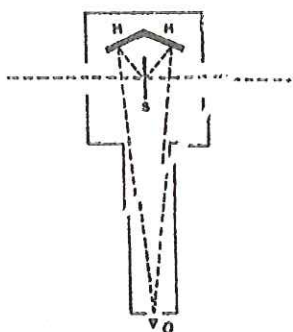


Fig. 2 Construcția teoretică a fotometrului de tip Bunsen

În cazul fotometrului de tip "contrast" prezentat în figura 3, cele două jumătăți ale unghiului vizual al aparatului sunt iluminate de două surse de lumină diferite. Principiul de funcționare se bazează pe "pătratul de tip Lummer - Brodhun" care proiectează lumina primei surse pe suprafața trapezoidală din unghiul vizual secundar și viceversa. Putem considera că iluminarea celor două surse de lumină este aceeași numai când linia de demarcare dintre suprafețe dispare.

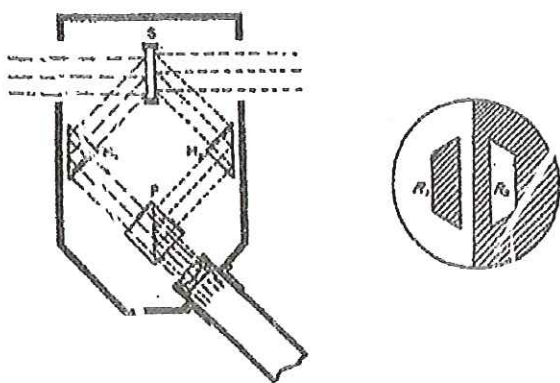


Fig. 3 Fotometru l "contrast" de tip Lummer - Brodhun

2.2 Fotometria de tip "flash"

Culorile surselor de lumină bazate pe diferite principii de funcționare sunt diferite. Nici în cazul utilizării fotometrelor cu grad ridicat de sensibilitate, comparația surselor de lumină având diferite culori nu poate fi realizată cu exactitate.

Pentru comparația intensității surselor de lumină având diferite culori putem folosi un alt principiu, fotometria de tip "flash".

Exemplificare: Asupra ochiului uman se proiectează succesiv spoturi de lumină cu culori și intensități diferite, cu frecvențe în creștere. Se constată că în cazul frecvențelor joase (<10 Hz) ochiul uman sesizează schimbarea culorilor și

pulsul intensității. Crescând frecvența la 15 Hz - 20 Hz, este sesizat doar pulsul intensității, iar la frecvențe mai mari ochiul uman receptează o lumină generală, fără pulsații și variații de culoare.

Dacă reglăm frecvența la acea valoare medie la care schimbarea culorilor nu mai este sesizabilă, ci este percepută doar pulsația intensității, prin schimbarea distanței surselor de lumină putem regla a pulsație minimă a intensității. În acest caz se poate enunța că lumina pulsatorie a celor două surse de iluminat este asemănătoare. Acest principiu poate fi folosit cu succes la comparația surselor de lumină având diferite radiații de culoare.

La începutul secolului XX au fost efectuate studii detaliate, prin metoda comparației heterocromatice și prin fotometria de tip flash, asupra "senzație de lumină" creată de lungimile de undă a radiațiilor monocromatice^{7,8}.

Aceste rezultate luminotehnice obținute prin diferite procedee au fost studiate și catalogate de către CIE în anul 1924, creând primele reguli și prima bază informațională a acestei ramuri științifice.

2.3 Nașterea fotometriei moderne

La congresul al 6-lea organizat în 1924 la Geneva, Comisia Națională pentru Iluminat a Statelor Unite ale Americii a înaintat un comunicat-propunere, care a pus bazele unui sistem fotometric unitar pe plan mondial⁹.

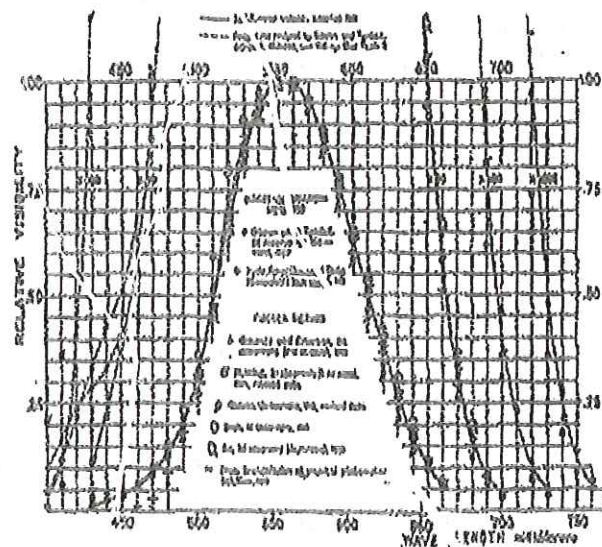


Fig. 4 Curbele caracteristice comparate

În acest comunicat a fost precizate detalii privind domeniul colorimetric în care au fost efectuate cercetările, numărul observatorilor (50), și plaja de lungime de undă cuprinsă între 490 nm - 680 nm. Aceste rezultate au fost comparate și cu datele obținute de alți cercetători din domeniu și însumate în graficul curbelor caracteristice comparate (fig. 4).

CIE la congresul Comisiei din 1924 a aprobat varianta propusă a curbelor caracteristice comparate prin următorul text original¹⁰:

Comisia Internațională pentru iluminat recomandă ca datele cuprinse în graficul curbelor caracteristice comparate, să fie folosite provizoriu.

Datele de calcul din 1991 înregistrează curba $V(\lambda)$ cu pași de 1 nm în plaja de 360 nm și 830 nm. În tabelul alăturat este prezentat cel mai folosit domeniu de calcul între 380 nm și 780 nm cu niveluri de 10 nm. După cum se poate observa, recomandarea de folosire "provizorie" a datelor din graficul curbelor caracteristice comparate a trecut cu succes și fără reale modificări o perioadă de trei sferturi de secol.

O problemă legată de definiții a fost determinată de definirea conceptului de percepție vizuală "vizibilitate" în 1924, respectiv "senzație luminoasă" în 1983. De aceea, în multe cazuri, puterea radiată descrisă de funcția $V(\lambda)$ este interpretată psihofizic la fel ca și senzația de lumină. Această ipoteză nu este însă corectă în cazul radiației colorate.

2.4 Dezvoltarea conceptelor de bază ale fotometriei în ultimii 75 de ani

După deciziile din 1924, atenția CIE s-a îndreptat, pe de o parte, spre aplicații diverse ale fotometriei, iar pe de altă parte, asupra unor noi domenii, în primul rând asupra științei culorii. Dezvoltarea în fotometrie a fost marcată prin stabilirea funcției scotopice $V'(\lambda)$ folosite în condițiile "vederii pe întuneric", pe lângă funcția $V(\lambda)$ valabilă în cazul densităților de lumină ridicate – funcție fotopică, în condițiile "vederii pe lumină". Deși fenomenul Purkinje (care constă în deplasarea curbei de vizibilitate spre lungimi de undă mai scurte odată cu scăderea densității de lumină) a fost cunoscut cu un secol înainte de deciziile din 1924, curba de vizibilitate scotopică a fost standardizată de CIE doar abia în 1951¹⁵.

Wave length in millimicrons	Experimental data				Average data	
	Direct comparison method		Flicker method		I.E.S. adopted mean values 1918	Proposed revision of IES values by Gybson and Tyndall
	Hyde, Foraythe and Cady	Gybson and Tyndall	Average Ives-Nutting	Coblentz and Emerson		
400	0-00009	0-005	-	0-010	0-0004	0-0004
10	00062	012	-	017	0012	0012
20	0041	022	-	024	0040	0040
30	0115	033	-	029	0116	0116
40	022	043	-	033	023	023
450	036	051	-	041	038	038
60	055	069	-	056	060	060
70	087	103	-	083	091	091
80	138	143	0-152	125	139	139
90	216	196	225	194	208	208
500	328	318	339	316	323	323
10	515	523	527	503	484	503
20	698	732	721	710	670	710
30	847	878	865	862	836	862
40	968	964	953	954	942	954
550	996	998	995	994	993	995
60	995	991	994	998	996	995
70	944	947	950	968	952	952
80	855	863	875	898	870	870
90	735	754	764	800	757	757
600	600	634	636	687	631	631
10	464	511	505	557	503	503
20	341	389	378	427	380	381
30	238	279	271	302	262	265
40	154	184	171	194	170	175
650	094	1125	105	115	103	107
60	051	0642	-	0645	059	061
70	026	0349	-	0338	030	032
80	0125	0178	-	0178	016	017
90	0062	0092	-	0085	0081	0082
700	0031	0045	-	0040	0041	0041
10	0015	0022	-	00203	0021	0021
20	00074	00108	-	00097	0010	00105
30	00036	00051	-	00048	00052	00052
40	00018	00026	-	00028	00025	00025
750	00009	00014	-	00020	00012	00012
60	00005	00007	-	-	00006	00006

În aceeași ședință, comisia de măsurare a culorii a evidențiat necesitatea corectării funcțiilor de uniformizare a culorii¹⁶, pentru că funcția $y(\lambda)$, care prin definiție este identică cu funcția $V(\lambda)$, are valori mai scăzute în regiunea de undă de culoare albastru decât ar fi normal în cazul vederii cu ochiul liber. Această propunere a fost respinsă de CIE, dar în 1988 a fost standardizat un mecanism de vedere fotopică, care descrie mai corect curba de vizibilitate și în regiunea de undă de culoare albastru¹⁷. Figura 5 reprezintă această curbă $V_M(\lambda)$ împreună cu curba $V(\lambda)$ conform standardului din 1924 și curba scotopică conform standardului din 1951. Tot aici s-a reprezentat funcția de uniformizare a culorii²⁰ standardizată pentru câmpul de vedere de 10° care, deși nu a fost standardizată pentru

scopuri fotometrice, este folosită în multe publicații.

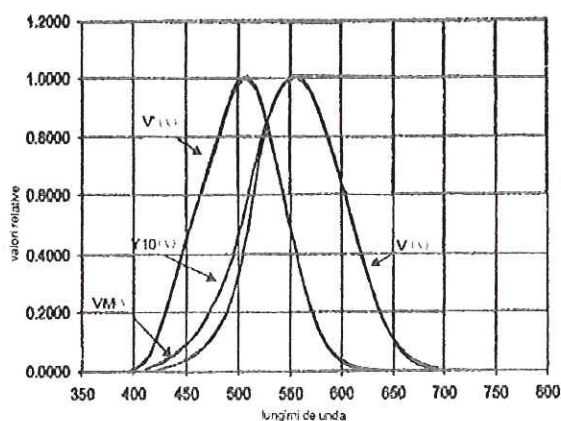


Fig. 5 Graficul curbei spectrale pentru funcțiile $V(\lambda)$, $V_M(\lambda)$, $V'(\lambda)$ și $y_{10}(\lambda)$

Odată cu stabilirea curbelor fotopice și scotopice s-a ivit necesitatea ca și pentru domeniul mezopic (vederea pe lumină intermediară între zi și noapte) să se alcătuiască un sistem de fotometrie. O aplicație în domeniul mezopic s-ar putea referi la problemele ivite în iluminatul rutier. CIE a avut multe încercări de a rezolva această problemă în ultimii 50 de ani, dar fără reușită până în prezent. Sumarul experimentelor efectuate pînă în 1988 a fost regăsit într-un raport tehnic¹⁸, cercetările după această dată apar doar în raporturile interioare ale comisiilor tehnice.

3. Funcția vizibilității: lumina și densitatea de lumină

Să efectuăm următorul experiment teoretic. Să alegem un stimul de lumină verde-albăstrui și unul roșu, și să încercăm să le comparăm cu ajutorul fotometriei de sclipire. Să luăm în considerare suma aditivă a celor două stimuluri considerate identice determinate mai sus, adică să proiectăm cele două fascicule de lumină pe aceeași suprafață a ecranului de protecție. Pe suprafața ecranului de protecție alăturat să proiectăm intensitatea dublată a unui stimul (de exemplu a celui roșu). Vom observa că stimulul de lumină roșu saturat va apărea mult mai luminos decât pata luminoasă galben-deschis văzută ca rezultanta aditivă a celor două stimuluri de culori inițiale (verde-albăstrui și roșu). Ca verificare, dacă comparăm cele două stimuluri ale experimentului descris mai sus cu fotometrul

de sclipire vom observa că senzația produsă de cei doi stimuli este identică.

Acest fenomen (dintre doi stimuli considerați identici prin fotometria de sclipire, cel saturat mai puternic pare mai luminos) este efectul Helmholtz-Kohlrausch sau abaterea dintre lumină și densitatea luminii (discrepanță).

În dezvoltările ulterioare, corespondentul psihofizic al senzației de lumină, a fost stabilită componenta Y sau transformata neliniară a acesteia. De exemplu, în descrierea spațiului de culori CIELAB, denumirea lui L^* este "factor de luminozitate CIE 1976". (CIE 1976 Lightness). Conform cunoștințelor actuale, această formulare nu a fost cunoscută pentru că, în urma efectului Helmholtz-Kohlrausch, relația dintre "densitatea de lumină" definită cu ajutorul fotometriei și "lumina" vizuală este mai complicată. Pentru definirea coresponden-tului luminozității avem nevoie de toate cele trei componente ale spectrului de culoare și de caracteristicile de culoare ale mediului înconjurător. CIE a propus experimentarea unui procedeu²¹ care poate fi folosit în stabilirea raportului dintre lumină și densitate de lumină, care se poate utiliza pentru a stabili care dintre mostre este mai puțin luminoasă.

Experimentele au arătat²⁴ că sensibilitatea spectrului de culoare a canalului fiziologic care face posibilă recunoașterea particulelor fine este identică cu curba de vizibilitate măsurată prin fotometria de sclipire. Deci, se poate afirma că s-a găsit corespondentul fiziologic, biologic al stimulului psihofizic al densității de lumină.

Alcătuirea senzației de luminozitate este mai complicată, la aceasta contribuie punctul urmărit și mediul înconjurător al acestuia, nu numai contrastul dintre suma aditivă a stimulurilor de lungimi de undă medii și lungi.

S-a introdus conceptul "densității de lumină echivalente"²⁵ care definește ca ordine de mărime a luminozității mostrei urmărite, densitatea de lumină a unei mostre comparative de luminozitate identică. În trecut s-a folosit în acest scop densitatea de lumină a unei suprafețe albastre. În prezent, în definirea densității de lumină echivalente se folosește ca câmp comparat densitatea de lumină a câmpului luminos monocromatic de 550 nm²⁶.

4. Vederea cu bastonașe în percepția luminii

În cele mai joase domenii ale densității de lumină (aproximativ sub 10^{-3} cd/m²), conurile (un tip de celule luminoase ale retinei) sunt deja insensibile, vederea noastră este transmisă în întregime prin bastonașe (alt tip de celule luminoase ale retinei). Aceasta este domeniul scotic al “vederii în întuneric”. Deoarece bastonașele nu pot “vedea” culorile, sistemului fotometric construit prin curba de vedere $V'(\lambda)$ este utilizabil în descrierea psihofizică a luminozității experimentate în cele descrise mai sus.

4.1 Fotometria vederii mezopice

În fotometria clasică, bastonașele nu au nici un rol în domeniul densității de lumină al vederii în timpul zilei (aprox. peste 3 cd/m²). Între 3 și 10 cd/m² (vedere mezopică) funcționează atât sistemul conurilor, cât și sistemul bastonașelor. Cu scăderea densității de lumină scade senzația creată prin intermediul conurilor și crește rolul vederii cu bastonașe.

Cu această presupunere s-au creat pentru fotometria mezopică modele de fotometrie care nu au fost recunoscute pe plan internațional. Una dintre cauzele posibile este că în domeniul vederii fotopice și scotopice, descrierea psihofizică modelează alte funcții ale văzului. În domeniul fotopic, densitatea de lumină descrie schimbările bruște (scipiri, palpitații); În domeniul scotic, densitatea de lumină este corespondentul luminozității. Mecanismul de vedere se transferă de pe fotometria caracterizată prin curba $V(\lambda)$ pe fotometria caracterizată prin curba $V'(\lambda)$, dar se schimbă criteriul de vedere descris de cele două sisteme.

Experimentele^{29,30} au arătat că observarea apariției bruște a unor obiecte mici în câmpul de vedere mezopic se conștientizează prin perceperea “densității luminoase – contrast” a vederii cu conuri. De aceea, în proiectarea sistemelor de iluminat stradal, chiar dacă nivelul de iluminare cade în domeniul mezopic, este preferabilă utilizarea fotometriei dezvoltate pentru vederea fotopică.

4.2 Vederea cu bastonașe în domeniul densității de lumină fotopică

În sistemul fotometric actual folosit nu se ia în considerare interacțiunea cu bastonașe. Pentru fotometria clasică, studiul realizat de Berman și

colaboratorii săi^{31,32} a însemnat o provocare. Ei au arătat că pentru vederea în timpul zilei, un rol important îl are vederea transmisă de bastonașe, deoarece pe retină, în timp ce ne îndepărtăm de la fovea care asigură vederea cu acuitate maximă, concentrația de bastonașe crește. În prelucrarea informațiilor care sosesc din lateral, rolul bastonașelor nu poate fi neglijat. De exemplu, contracția pupilei este influențată de un stimul periferic.

4.3 Spectru total/lumina pe lungimi de unde critice

Unele publicații oferă o altă interpretare a fenomenelor discutate mai sus. Acestea susțin, pe de o parte, ca pentru iluminare să folosim acea sursă de lumină care emite în întregul domeniu al spectrului vizibil. Pe de altă parte, pentru o obține o vedere clară, culori bune și recunoașterea detaliilor, să utilizăm energia în mod optim (adică să emitem în benzi înguste de radiație ale spectrului vizibil). Thornton și colaboratorii lui^{34,35} propun ca iluminarea să se facă cu o emisie de unde înguste radiate pe 450 nm, 533 nm și 611 nm. Se pare că în cazul unor asemenea iluminări este optimală perceperea constantei de culoare, adică să percepem în mod identic anumite culori în condițiile iluminărilor realizate la temperaturi de culoare diferite, în emisia de unde înguste (ex.: culoarea feței umane, culoarea ierbii).

5. Simpozionul de fotometrie CIE

După cum am încercat să arătăm în unele capitole ale lucrării, deși folosim cu succes sistemul de fotometrie CIE de 75 ani, se preconizează dezvoltarea acestuia în multe domenii de utilizare.

CIE a organizat un simpozion în acest domeniu la Budapesta în perioada 30 septembrie – 2 octombrie 1999. Rezumatele lucrărilor prezentate pot fi accesate de pe pagina de web <http://cie.kee.hu/symp99/symp99.html>

6. Bibliografie

1. Bouguer, lásd Walsh JWT, Photometry, 3rd ed. Constable, London, 1958
2. Rumford, lásd Walsh JWT, Photometry, 3rd ed. Constable, London, 1958

3. Richi, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3rd ed. Constable, London, 1958
4. Bunsen, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3rd ed. Constable, London, 1958
5. Lummer, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3rd ed. Constable, London, 1958
6. Ives, *Phil. Mag.* (6) 24 853 1912
7. Hyde EP, *CIE Cinquième Session*, Paris, July 1921. Recueil des Travaux et Compte Rendu des Séances, pp. 160-175.
8. Gibson KS, and Tyndall, *Bureau of Standards Scientific Papers*, No. 475 1923
9. Gibson KS, The relative visibility function, *CIE Sixième Session*, Genève, Julliet, 1924. Recueil des Travaux et Compte Rendu du Séances, Cabridge, the Univ. Press, 1926, pp. 232-238.
10. Principales décisions de la Commission Internationale de l'Éclairage (6^e Session, 1924), *CIE Sixième Session*, Geneve, Julliet, 1924. Recueil des Travaux et Compte Rendu du Séances, Cabridge, the Univ. Press, 1926, pp. 67-69.
11. Commission Internationale de l'Éclairage, CIE/ISO, CIE standard colorimetric observers, *ISO/CIE 10527* – 1991.
12. Commission Internationale de l'Éclairage, The basis of physical photometry, *CIE 18.2-1983*.
13. Commission Internationale de l'Éclairage, CIE/IEC, International Lighting Vocabulary, *CIE 17.2-1987*.
14. Magyar Szabvány, Fénytechnikai terminológia, A sugárzás alapfogalmai, mennyiségei és egységei, *MSZ 9620-1*, 1991
15. Yves le Grand, CIE Comité d'études sur la lumière et la vision, Rapport du Secrétariat, *CIE Douzième Session*, Stockholm, 1951, Receuil des travaux et compte rendu des séances, Vol. 1.4, p.1-30
16. ICI TC 7, Colorimetrz and artificial daylight, Report of Secretariat, *CIE Douzième Session*, Stockholm, 1951, Receuil des travaux et compte rendu des séances, Vol. 1. 7. p.1-60
17. Commission Internationale de l'Éclairage, 1988, 2^o spectral lumionus efficiency function for photopic vision, *CIE 86-1990*.
18. Commission Internationale de l'Éclairage, Mesopic photometry: history, special problems and practical solutions, *CIE 81-1989*.
19. Commission Internationale de l'Éclairage, Proc. 8th Session, Cambridge, pp.19-29 1931.
20. Commission Internationale de l'Éclairage, Colorimetry, *CIE 15.2-1986*.
21. Commission Internationale de l'Éclairage, Models of heterochromatic brightness matching, Res. note in, *CIE-Journa 5/2-1986*.
22. Farichild MD, Colour appearance models, Addison – Wesley Longman, Reading, 1998.
23. Commission Internationale de l'Éclairage, The CIE 1997 interim colour appearance model (simple version), *CIECAM97s*, *CIE 131-1998*.
24. Lennie P, Pokorny J, Smith VC, Luminance, *JOSA A10/6* 1283-93 1993.
25. Commission Internationale de l'Éclairage, lásd ¹³ 845-01-58 equivalent luminance definició.
26. Lásd CIE D1 1998-as ülésének jegyzőkönyve.
27. Commission Internationale de l'Éclairage, Vol. 3, Table II, pp. 37-39, Proc. 12th Session, Stockholm 1951.
28. Commission Internationale de l'Éclairage, Mesopic photometry: history, special problems and practical solutions, *CIE 81-1989*.
29. Rea M, He Y, Bierman T, Toward a system of mesopic photometry based upon M-channel response, *Proc. NPL-CIE-UK Conference, Visual scales, Photometric and colorimetric aspects*, pp. 47-51 1997.
30. Rea M, Bierman T, McGowan T, Dickey F, Havard J, A field test comparing effectiveness of metal halid and high pressure sodium illuminants under mesopic conditions, *Proc. NPL-CIE-UK Conference, Visual scales, Photometric and colorimetric aspects*, pp. 60-64 1997.
31. Berman SM, Jewett DL, Benson BR, Law TM, Despite different wall colors, vertical scotopic illuminance predicts pupil size, *J IES*, 26/2, 59-68 1997.
32. Berman SM, Jewett DL, Two-dimensional photometry for interieur surround lighting, *J IES*, 27 Winter 1998, 57-66 1997.
33. Brainard GC, The biological and therapeutic effects of light, in *Color for*

Science, Art and Technology, ed.: Nassau K, Elsevier Sci. BV 1998.

34. W.A. Thornton, Toward a more accurate and extensible colorimetry. *Color Res. Appl.* Part I, 17/2, 79-122 1992; Part II, 17/3, 162-186 1992; Part III, 17/4, 240-262 1992; Part IV, 22/3, 189-198 1997; Part V, 23/2, 92-103 1998; Part VI, 23/4, 226-233 1998.
35. Brill MH, Finlayson GD, Hubel PM, Thornton WA, Prime colors and color imaging, IS&T/SID *Sixth Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications* SunBurst Resort, Scottsdale, AZ, 1998.
36. Commission Internationale de l'Éclairage, Proceedings of the first CIE symposium in

lighting quality, Ottawa, Canada, May 1998, *CIE* x015-1998.

Dr. János SCHANDA

Head of Department

Image Processing and Neurocomputing

University of Veszprém

H-8201 Veszprém, P.O.B.158, Egyetem u. 10
Hungary

Phone: +36.88.422 022

E-mail: schanda@almos.vein.hu

Notă: Traducerea a fost efectuată după articolul original în limba maghiară de către ing. Șandor ORBAN și ing. Márton VERESS.

THE USE OF DAYLIGHT AS A SUBSTITUTE FOR ELECTRIC LIGHTING IN DESERT REGIONS

Faisal M AL-SHAREEF

Umm Al-Qura University

David CARTER

University of Liverpool

Abstract

This paper reviews the use of daylight as a light source in desert regions and outlines existing and potential techniques for harnessing this resource. Amounts of daylight in desert latitudes are considerable but despite this a major proportion of installed electric load in buildings in desert regions is used for electric lighting. Some of the traditional approaches to the problem in a number of desert areas are reviewed. Recent developments in technology of lighting systems and materials which may offer opportunities to make greater use of the daylight resource are described. Case studies of some modern approaches to the predominantly naturally lighted buildings demonstrate that daylight has potential to reduce energy consumption in desert areas and to contribute to a sustainable environment

Keywords

Daylight, electric lighting, desert regions, arid regions, energy

Introduction

This paper reviews the use of daylight as a light source in desert regions and outlines some existing and potential techniques for harnessing this resource. Amounts of daylight in desert latitudes are considerable but despite the amount of this natural resource available a major proportion of installed electric load in buildings in desert regions is used for electric lighting. This is clearly an issue for designers of sustainable environments. The main architectural design constraint in desert latitudes is exclusion of heat gain and this has

traditionally shaped the form, layout, structure and construction of buildings. For example the intense solar radiation and high temperature swings that are characteristic of dry continental climates favours deep plan massive construction but efficient daylight utilisation requires limited depth using conventional vertical glazing methods. The problem of getting daylight deep into buildings may be solved in temperate latitudes using roof-lights – a technique that is impossible to use in areas of high solar radiation.

This paper reviews some of the traditional approaches to the problem in a number of desert areas world-wide and describes some successful techniques. Building codes relating to daylight in a number of desert areas are outlined. Recent developments in technology of lighting systems and materials may offer opportunities to make greater use of the daylight resource. Materials such as chromogenic glazing that are commonly incorporated into 'smart glazing' systems, widely used in temperate latitudes, may have some application in desert latitudes. Systems such as light pipes offer the means to transmit natural light deep into buildings after prior removal of solar heat, thus offering a low heat gain solution to daylight usage. Similarly a variety of prismatic glazing materials are available whose solar rejection properties at specific sun angles may enable skylight to be used as a light source. Case studies of some modern approaches to the predominantly naturally lighted buildings demonstrate that daylight has major potential to reduce energy consumption in desert areas and to contribute to a sustainable environment.

Availability of daylight in desert latitudes

Desert regions worldwide are located between 15-32 degrees north or south of the equator. The desert areas among this range are characterised by the dominance of hot and dry climate which have high annual temperature with large daily variation, very hot days in summer and cool in winter, low rainfall, very strong solar radiation and ground glare. (Evans 1979) Humidity can be considered as a problem in some desert latitudes where sea and water surfaces are adjacent.

The abundance of solar radiation in such regions ensures that daylight is available but the magnitude of daylight available to designers for a given location is less certain. Little reliable measured daylight data is published for desert regions. The International Daylight Measurement Programme for example has 52 measurement stations worldwide mainly located in temperate regions in Europe, Japan and North America – the proposal to site a station in a desert area (Alice Springs in Australia) failed because of lack of funds. (Dumortier 1999) An alternative method of obtaining daylight data for design is to use illuminance models based on either locally recorded or calculated climatic data or using generic data for the characteristic type of local sky (Robbins 1986). Where none of the above methods are applicable estimates of available daylight can be made from total radiation measurements, which are routinely made at climatic station or airports. This is possible using values of the luminous efficacy of daylight, which was derived from simultaneous measurements of illuminance and radiation (Littlefair 1988). Clear and overcast skies vary little in luminous efficacy with solar altitude and a value of 110 lumens/watt for both types of sky can be assumed.

In desert latitudes the available daylight shown in Table 1 ranges from about 30000lux to 70000 depending on latitude, season, time of the day, altitude, sky and atmospheric conditions. This amount of daylight can potentially provide sufficient illumination to light the variety of tasks in most types of

building interior. The availability of daylight is affected by any atmosphere obstructions such as humidity, dust or other particles contained in the atmosphere. The typical clear sky luminance in desert areas is of the order of 2000 cd/sq.m. - light dust in the sky may increase this to 10000 cd/sq.m. whilst heavy dust may reduce it to 500 cd/sq.m.

MONTH	LATITUDES			
	17°	21°	25°	29°
Jan	39200	36100	32100	28300
Feb	45100	42600	39100	35800
Mar	52400	50500	48100	45700
Apr	57500	57000	56200	55200
May	59900	60800	61300	61300
June	60500	62200	63300	63900
July	60300	61800	62600	63000
Aug	59000	59300	59200	58800
Sep	55300	54000	52400	50700
Oct	48900	46700	43600	40800
Nov	41800	38900	35000	31600
Dec	37700	34400	30500	26700

Table 1: Availability of direct daylight (global illuminance) for selected desert latitudes on horizontal surfaces (lux)

The main design constraint for buildings in desert latitudes is exclusion of heat gain and this has traditionally shaped the form, layout, structure and construction of buildings. This results in small openings which may allow a view of the high altitudes rather than the horizon (to reduce glare for haze on the horizon and ground) but which are in all cases protected from direct solar radiation. Thus despite the abundance of daylight outside the amount of light reaching an interior can be insufficient to provide a level of working illuminance without supplementary electric lighting.

Consumption of electricity in desert regions

Electricity consumption in the desert regions such as Saudi Arabia and other Gulf States is very high. The building sector in these regions consume the majority of electrical power output e.g. Saudi Arabia 70%, UAE 90%, Bahrain 80%, Oman 95%, Qatar 80% and Kuwait 70%. The rest is consumed by industrial and agricultural sectors (Al Nagem, 1998). It should be remembered that

electricity generation has an efficiency of the order of 30%, the remaining 70% being wasted and it is unlikely that any major improvements will be achieved in the short term.

The use of electricity in buildings of desert regions is mainly devoted to lighting and air-conditioning. On a hot day the need to reduce high internal temperatures by air-conditioning requires additional electrical load. The use of electric lighting increases cooling load since in conventional mechanically conditioned buildings, each watt of electric lighting load requires one-half to one watt of air-conditioning (Millet et al, 1981). Therefore, the use of daylight is desirable in order to reduce electrical consumption both for lighting and cooling. The use of daylight in buildings provides a pleasant environment due to factors such as improved light colour and light modelling, and the provision of view out leads to a general sense of well being.

Traditional approach to daylight in desert areas

Traditionally daylight was considered in the planning and design of cities and houses in the desert regions. Planning considerations of daylight are manifested in different ways such as shape, size and heights of building, landscape of open spaces, treatments of external surfaces such as pavements and streets, and painting of the buildings facades. Shapes and layout of buildings have a significant effect on the distribution of daylight (Boyer, 1981).

Courtyards, terraces (Kharejah), light-wells (Minwar), and different types of windows, are the main elements which in particular affect the daylight provision in desert houses. Such design elements affect the provision of daylight whether by toplighting or sidelighting methods.

One example of traditional designs is the Hedjazi house which is built in the west of Saudi Arabia (Latitude 22 Deg North) and other surrounding areas. Jomah has analysed the Hedjazi house in the cities of Makkah, Jeddah and Al-Madinah and described some of the elements which can be considered as toplighting methods for provision of daylight in the interiors (Jomah, 1992). Some of those

elements are: open-court (Housh), light-well (minwar) and skylight (jila).

According to its availability the provision of daylight in traditional designs is controlled using different methods. Therefore techniques exist to adjust the relationship between control and provision of daylight and the other design requirements such as thermal comfort, view and ventilation. Rowshan and Mashrabiah (Figure 1) are one such technique where windows are designed for specific performance. The Rowshan window could be considered as a basic element of maintaining shade on the wide apertures of the Hedjazi house, controlling natural illumination and at the same time maintaining a passage of natural airflow through the spaces between the slats of the *Rowshan* sashes.

Other example of traditional designs in the desert is the courtyard house (Figure 2) which can be found in many areas of the world and mostly is predominant in most of desert regions such as Iraq, Egypt, Yemen, Spain, Arabia etc. and it employs similar principles. It creates internal micro climatic conditions providing comfort, security, privacy and protection from glare and sand storms. The courtyard acts as light well and ventilation shaft bringing in cooler air at night. When it is provided with greenery and water and is shaded, it acts as a cooling well and actually modifies the microclimate by lowering ground temperatures and radiation and by evaporation (Rapoport, 1969). In courtyard houses, external openings are different from the internal ones facing onto the courtyard. It is usual that most of the external openings are small and few in number to lessen the impact of the outside heat, radiation and glare on inside spaces. The north elevation of building is the most suitable one for openings because not subjected to excessive heat and has no direct radiation as other elevations. Therefore, natural illumination from north windows are most preferable as it is indirect, sufficient, constant, balanced and comfortable in such luminous environments. Therefore, other elevations from east, west and south have few or no openings. To substitute the loss of external openings over the elevations, the courtyard and the internal openings looking towards it, are used because of the climatic

extremes of hot dry climates. Because of the need for ventilation the few, small openings that exist are high on the walls on the ground floors which admit little heat and dust and prevent ground glare. A larger number of wider openings are located on the first and second floors.

New technologies for daylight

A number of new glazing and daylight systems which have been developed in recent years for directing daylight into buildings have a number of characteristics that make them potentially very valuable for use in desert latitudes. The first class of device – advanced glazing systems – are high-performance glazing and reflecting systems for otherwise conventional windows which offer spectral and/or angular selectivity, intended to improve illumination quantity and quality while reducing solar radiant heat gain to improve human comfort and energy conservation. Advanced glazing systems may include a variety of attachments such as shades, blinds, screens, fixed and movable louvres, or mirrored surfaces for re-directing daylight entering conventional glazing apertures. They may also include glazing types such as those containing electrochromic layers. The use of holographic material for this purpose is still in the research stage. The second class of devices – advanced daylight systems – are intended for “core daylighting”, the process of introducing daylight into the core spaces of buildings, spaces distant from the building envelope, or other locations where conventional daylighting apertures cannot be located. They are mainly based on “light pipe” technology which has been developed for many applications (Ayers and Carter 1995). Because of their complexity the performance of both types of device are difficult to predict for desert locations. Some of the features of these devices that are of potential use for desert applications are examined.

Advanced glazing systems have incident angle-dependent optical properties and make use of a number of techniques to control admission of direct beam and diffuse sky light into a building, including vertical and

horizontal fixed louvers, both inside and outside the building, exterior shading screens, and operable interior and exterior louvered shades, shutters, and awnings (see Figure 3). The glazing materials used exhibit strong spectral selectivity. This works as follows. Only a limited portion of the solar spectrum contains visible light and all the rest, including infrared and ultraviolet, is invisible to the eye and hence not capable of producing illumination. All portions of the solar spectrum, however, produce heat when absorbed by the building envelope. A strongly spectrally selective glazing can transmit adequate quantities of daylight illumination while rejecting much of the solar radiant heat gain. A disadvantage of these systems is that with the exception of spectrally selective glazing, determining the solar heat gain performance of complex systems is not a straightforward engineering process and thus reliable design data for specific locations is difficult.

Advanced daylighting systems consist of a daylight collector connected to a light transport system of mirrors and/or light pipes, and one or more terminal emitters, which serve the same purpose as luminaires in electric lighting systems, but take light from the light transport system and deliver it to the occupied space. Some core daylighting systems have either tracker or concentrator system to collect, whilst others have a simple passive collector in which the degree of concentration is traded off with the angular acceptance or field of view of the collector. Passive collectors require reasonably large views of the sky, allowing direct beam sunlight to be collected without moving the concentrator. And these optical components are also used (in reverse) in emitters. At their most complex, some advanced daylighting systems can have sophisticated and expensive collection and concentration mirrors with arrangements for directing the concentrated sunlight into the transport system. These can involve light pipes or arrays of mirrors inside light housings, for directing the light around corners and over significant distances to the emitters. Inevitably the light losses in these systems are substantial but must be traded against the plentiful ‘free’ light source. The

major problem with advanced daylight systems is that there are no reliable methods for prediction of their thermal properties and this is a major constraint in their use in desert areas. Some work has been undertaken on the steady state thermal performance of passive collector systems (mainly in the context of heat loss in temperate climates) but to the authors knowledge no work on the thermal performance of these devices under the conditions of intense solar radiation has been done. Some work on the light transmission properties of passive collection light pipe systems has established likely output for a limited range of sky conditions and pipe geometry and this research continues.

Some modern approaches – case studies

It was argued earlier that one of the main reasons for small windows in traditional buildings in desert areas was to avoid heat gain. Research has shown that window size in hot and dry climates has a minor effect on the indoor air temperature as long as shading is provided. On the South-North orientation a horizontal shading device is sufficient because of the high altitude of the sun during the summer, but on the East-West façade vertical or lattice screen shading is required (see for example Al-Azzawai (1985), Rosenlund (1989)). Advances in design tools in recent years, notably software for building thermal analysis, have meant that these concepts have been widely applied in practice. The following case studies illustrate some of the principles.

Phoenix Central Library, Arizona, USA (Latitude 33 Deg North)

The 5-storey building is constructed in concrete and covered on the East/West facades by steel framed services zones covered in continuous copper sheet. Plan dimensions are approximately 80m by 50m and the building has a central atrium that is the main circulation space. The North/South windows are 100% glazed to take advantage of mountain views (Figure 4). In order to withstand the Phoenix climate they are protected by horizontal louvres on the South and vertical 'sails' on the North, the

latter to prevent ingress of mid summer sun. The South wall louvres are some 500mm wide and control via software the degree of solar penetration, some of which is allowed in mornings as a heat source. The atrium serves to bring daylight down to all five levels from an advanced daylight system at its top. Nine circular skylights house mirrors that automatically track to sun at the azimuth angle, their tilt angles being adjusted to reflect light vertically as much as 30m down. The skylights are glazed with an advanced glazing system that transmits visible light and absorbs infrared. Other skylights, constructed of the same material, are located over the roof and each contains a lens at ceiling level. These are made of laminated glass with layers of polyvinyl butyl that are tinted to appear sky blue and hence give the appearance of a pleasant view.

College of the Desert, Palm Desert, California, USA (Latitude 33 Deg North)

This library is an example of integrated daylighting apertures, low-emissivity glazing and shading devices that provide abundant natural light while protecting against direct beam penetration and solar heat gain into the spaces (Figure 5). The 4100 square-metre, single-story library is organised around a North/South vaulted circulation space that connects stack and reading areas. Shaded vertical glazing in high clerestories over the vaulted areas, punched windows adjacent to offices, and roof monitors over the reading carrels were included in the design to ensure ample illumination without solar heat penetration. Window size was minimised in the stack areas due to concerns about fading of printed material. Because of the range of apertures employed in the design, several shading devices—each appropriate to its orientation were adopted. These include on the west side of the library, a 4 metre-deep colonnade which spans the entire front side of the building, shading the windows that provide light into the ground floor offices and work areas. On the south side of the building a 3 metre painted metal sunshade covers the concourse and overhangs spaced every metre vertically from the bottom to the top of the aperture shade the south-facing vault

clerestory. An arched tube steel sun louver, constructed of metal fins and mounted to follow the curving roof, extends out over the west and east side clerestories. Below the east-facing sun louver are three horizontal perforated metal sheets shading elements to shade the clerestory from the morning sun. A vertical perforated metal sheet mounted directly in front of the glazing minimises summer sun penetration through the north-facing glass in the vault clerestory. The double-pane clear advanced glazing units incorporating a clear low-emissivity coating that allowed light transmission with full colour rendition, while providing resistance to heat gain. The electric lighting system uses fluorescent lamps with electronic ballasts in the offices and reading/stack areas that are dimmable as supplementary natural light is available

Conclusions

This paper has examined the contribution of daylight to the debate on building sustainability in desert areas. Despite abundant daylight there has been a reluctance among building designers to exploit this resource and correspondingly the electrical load due to lighting represents a major proportion of the total. Traditional buildings in desert areas are characteristically of high thermal mass with small apertures to prevent heat gain and glare and to offer privacy to their occupants. Issues of sustainability were clearly understood, if only implicitly, by their designers and builders. The various new techniques described offer lighting solutions that could be considered to be improvements on those that went before and additionally may be incorporated into building forms and methods of construction that differ radically from those traditionally used. This paper should not be read, however, as a universal endorsement of their use. Any consideration of sustainable development needs to consider all of the energy and environmental issues. At a simple level an environmental system such as lighting has an influence on other services – notably mechanical – and also on the structure due to for apertures. Other issues include the amount of embodied energy incorporated in the new devices and the

sustainability implications of repair and maintenance of these sophisticated devices located in a harsh climate.

References

1. AL-NAGEM A, Strategic Economical Circle for the Future of Electrical Sector in Saudi Arabia, (Arabic), Arab Electricity Journal, General Secretary of Arab Union of Producers, Connectors and Distributors of Electricity, 7, p140-8, 1998
2. AL-AZZAWAI M, The design of buildings for energy conservation in hot climates, PhD Thesis, UMIST, Manchester, UK, 1985
3. AYERS M and CARTER D Remote source electric lighting systems, Lighting Research and Technology, 27(1), p1-15, 1995
4. BOYER L L, "Evaluation of Energy Savings Due to Daylighting" Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, Nov. 6-16, Miami Beach, Fla, USA, p.343-7, 1981
5. DUMOTIER D, Status of the international daylight measurement programme, Proceeding of 24th Session of Commission Internationale del'Eclairage, Warsaw, 1, p282-286, 1999
6. EVANS M "Tropical Design" in TUTT P and ALDER D, New Metric Handbook, Planning and Design Data, The Architectural Press, London, p.403, 1979
7. JOMAH H, The traditional process of producing a house in Arabia during the 18th and 19th Centuries ; A case study of Hedjaz, Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, UK, p 74
8. LITTLEFAIR P, Measurements of luminous efficacy of daylight, Lighting Research and Technology, 20 (4), p 177-188, 1988
9. MILLET M, LAKIN J and MOORE J, "Light without Heat: Daylight and Shading", Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, Nov. 6-16, Miami Beach, Fla, USA, p.333-7, 1981
10. RAPOPORT A, House form and culture, Prentice Hall Inc., New York, p 90
11. ROBBINS C L Daylighting , Van Nostrand Reinhold, New York, p29-58, 1986
12. ROSEN LUND H, Design of energy efficient houses in a hot and arid climate, Department of Building, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, p 27-43, 1989

Dr Faisal M Al-Shareef, Islamic Arch.
Dept., College of Eng. and Islamic Arch.,
Umm Al-Qura University, Makkah PO Box
7644, Saudi Arabia
drfaisal@uqu.edu.sa

Dr David Carter, School of Architecture,
University of Liverpool, Liverpool L693BX,
England
eb09@liverpool.ac.uk

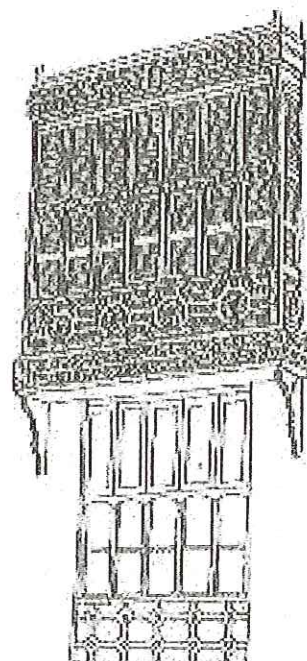
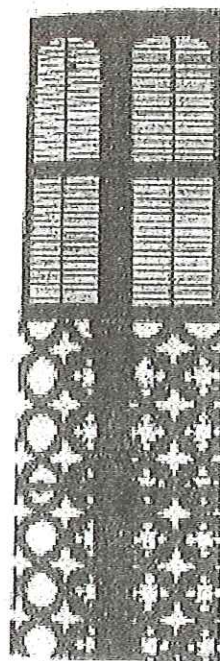
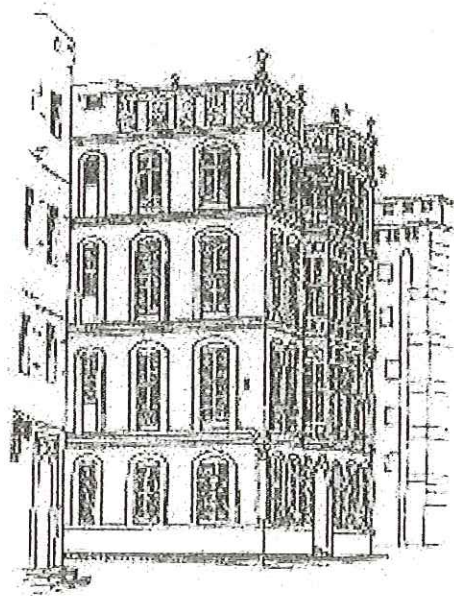
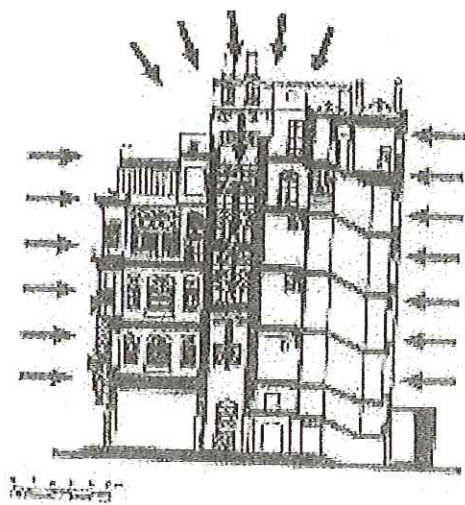


Figure 1 Rowshan and Mashrabiah as employed in the Hedjazi houses at the west of Saudi Arabia

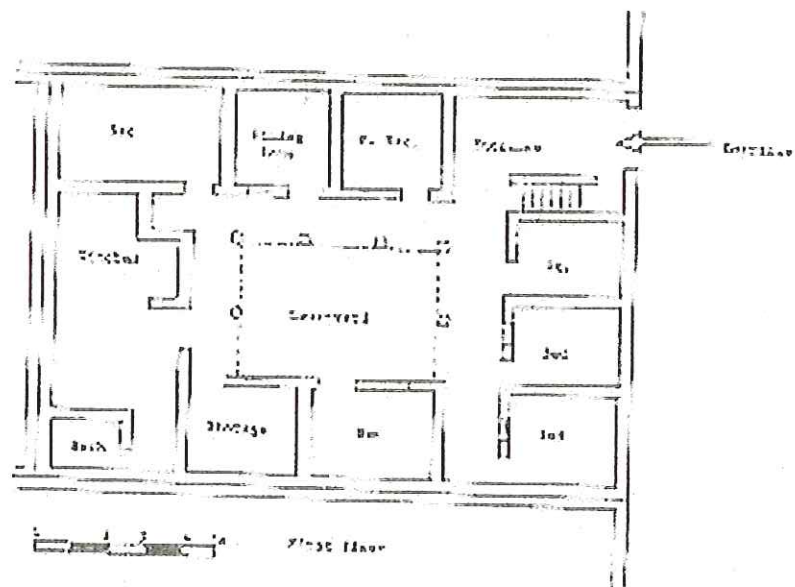
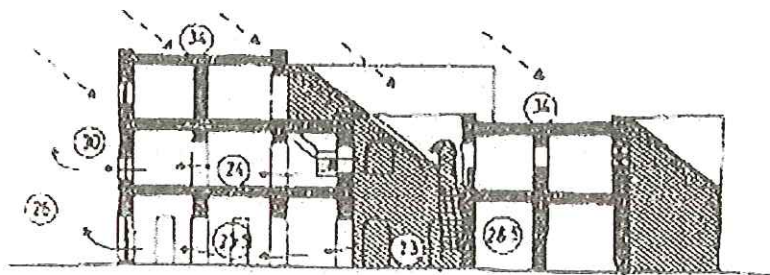
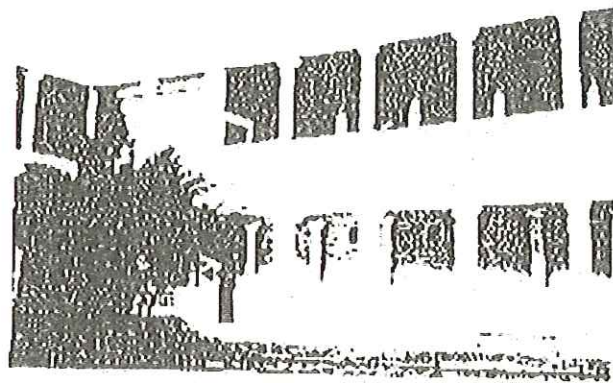
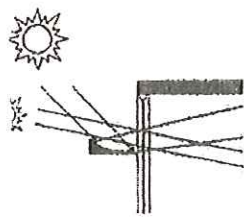
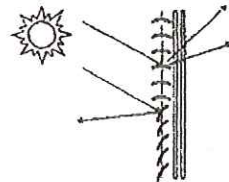


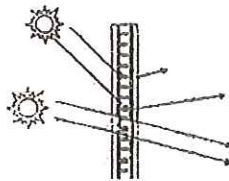
Figure 2 Traditional desert courtyard houses



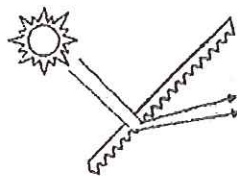
Lightshelf for redirection of sunlight



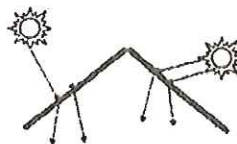
Louvres and blinds



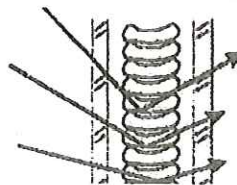
Laser cut panels



Prismatic panels



Holographic optical elements



Light guiding glass

Figure 3 Some advanced glazing systems

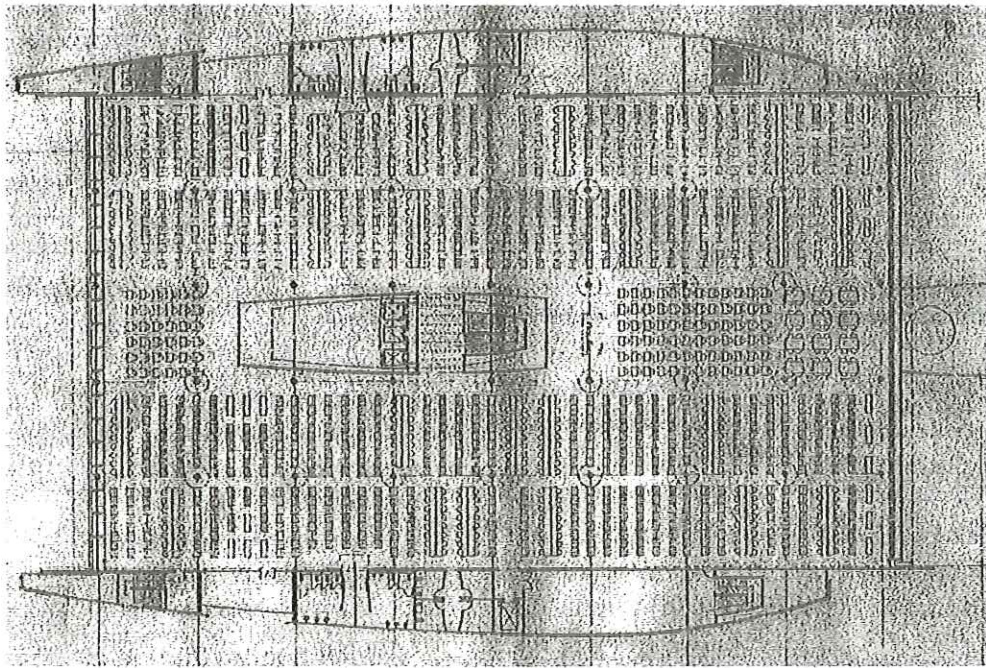


Figure 4 Plan of Phoenix Central Library

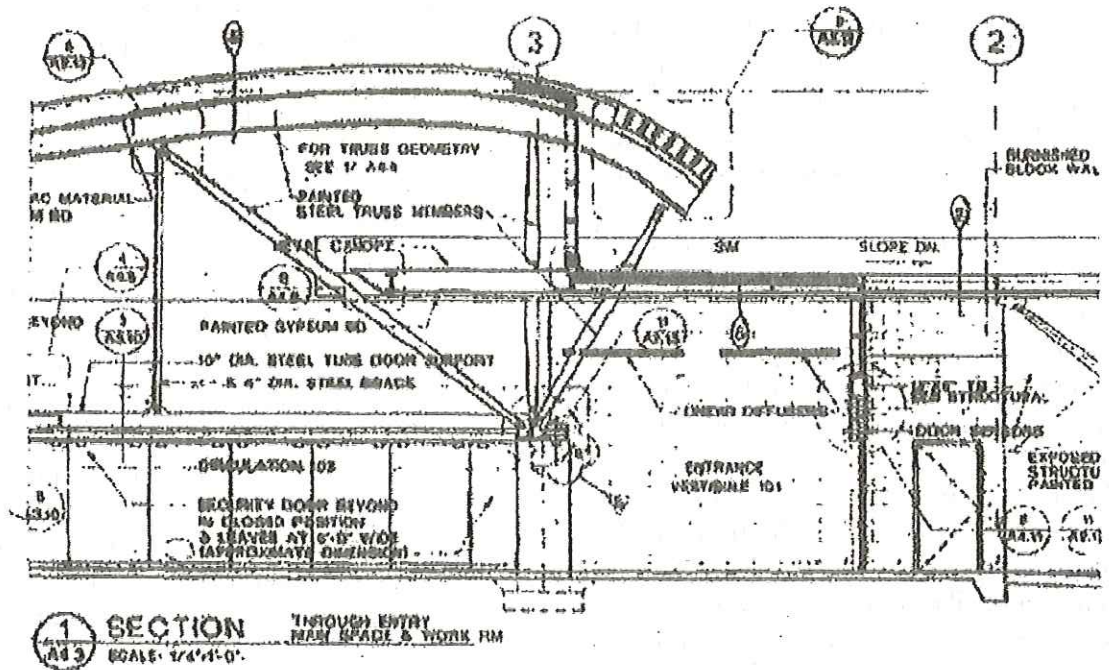


Figure 5 Section of College of the Desert

UTILIZAREA LUMINII NATURALE CA ÎNLOCUIITOR PENTRU ILUMINATUL ELECTRIC ÎN REGIUNILE DEȘERTICE

Rezumat

Acest articol abordează utilizarea luminii naturale ca sursă de lumină în regiunile deșertice și evidențiază tehnicile existente și potențiale pentru exploatarea acestei resurse. Cantitatea de lumină naturală la latitudinile deșertice este considerabilă, dar, în pofida acestui aspect, cea mai mare parte din sarcina electrică instalată în clădirile din regiunile deșertice este utilizată pentru iluminat electric. Sunt studiate unele din abordările tradiționale ale problemei din unele zone deșertice. Sunt descrise dezvoltări recente ale tehnologiei sistemelor și materialelor de iluminat care pot oferi oportunitate utilizării mai intense a luminii naturale. Studii de caz ale unor abordări moderne, în clădiri iluminate preponderent natural, demonstrează faptul că lumina naturală are posibilitatea de a reduce consumul de energie în regiunile deșertice și de a contribui la protecția mediului.

Introducere

Acest articol abordează utilizarea luminii naturale ca sursă de lumină în regiunile deșertice și evidențiază tehnicile existente și potențiale pentru exploatarea acestei resurse. Cantitatea de lumină naturală la latitudinile deșertice este considerabilă, dar, în ciuda acestui aspect, cea mai mare parte din sarcina electrică instalată în clădirile din regiunile deșertice este utilizată pentru iluminat electric. Aceasta este o provocare pentru proiectanții preocupați de protecția mediului. Principala constrângere arhitecturală la latitudinile deșertice este necesitatea disipării căldurii excesive iar acest lucru a stabilit o formă, aspect și structură tradiționale de construcție. De exemplu, radiația solară intensă și oscilațiile mari de temperatură care sunt caracteristice climei continentale uscate favorizează o construcție masivă în adâncime, dar utilizarea eficientă a iluminatului natural necesită o adâncime redusă folosind metode convenționale de ferestre verticale. Problema introducerii luminii naturale în interiorul

clădirilor se rezolvă cu ajutorul luminatoarelor — în zonele temperate —, dar este o tehnică inutilizabilă în zonele cu radiație solară puternică.

Acest articol studiază abordările tradiționale ale problemei în unele zone deșertice din întreaga lume și descrie unele tehnici care au succes. Sunt evidențiate codurile clădirilor referitoare la iluminatul natural. Dezvoltări recente ale tehnologiei sistemelor și materialelor de iluminat pot oferi oportunitate utilizării mai intense a luminii naturale. Materiale, cum ar fi sticla cromogenică, ce sunt de obicei încorporate în sisteme 'vitrate inteligente' (smart glazing), folosite pe scară largă în zonele de climă temperată, ar putea avea unele aplicații în zonele deșertice. Sisteme cum ar fi conductele de lumină transmit lumina naturală adânc în interiorul clădirilor după îndepărtarea anterioară a căldurii solare, oferind astfel o soluție de reducere a căldurii în utilizarea luminii naturale. În mod similar, există o varietate de materiale prismatice ale căror proprietăți de reflectare a luminii solare la anumite unghiuri de incidență pot permite utilizarea luminii solare directe ca sursă luminoasă. Studii de abordări moderne ale clădirilor iluminate predominant natural demonstrează faptul că lumina naturală prezintă potențialul major de a reduce consumul de energie în zonele deșertice și contribuie la protecția mediului.

Disponibilitatea luminii naturale la latitudinile deșertice

Regiunile deșertice ale lumii sunt situate între 15-32 grade latitudine nordică sau sudică. Regiunile deșertice din acest interval sunt caracterizate de predominanța climei uscate și calde care prezintă o temperatură anuală ridicată și variații zilnice puternice, zile fierbinți vara și reci iarna, cantitate scăzută de precipitații, radiație solară puternică și strălucirea solului (Evans 1979). Umiditatea poate fi considerată o problemă în anumite zone deșertice în care suprafețele de apă sunt adiacente.

Abundența radiației solare în astfel de regiuni asigură lumina naturală, dar, pentru o anumită

zonă, magnitudinea luminii naturale disponibile proiectanților este mai puțin verificată. Există puține date publicate privind lumina naturală din zonele deșertice. De exemplu, Programul Internațional de Măsurare a Luminii Naturale are 52 de stații de măsurare în întreaga lume, în principal amplasate în zone temperate din Europa, Japonia și America de Nord. Propunerea de amplasare a unei stații într-o zonă deșertică (Alice Springs în Australia) nu s-a realizat datorită lipsei de fonduri (Dumortier 1999). O metodă alternativă de a obține date pentru proiectare este de a utiliza modele de iluminare bazate, fie pe date climatice locale înregistrate sau calculate, fie pe date generale pentru tipul caracteristic de cer local (Robbins 1986). În cazul în care nici una din aceste metode nu este aplicabilă, se pot face estimări ale luminii naturale disponibile pe baza măsurărilor de radiație totală, care sunt realizate în mod obișnuit la stațiile meteo sau la aeroporturi. Acest lucru este posibil folosind valori ale eficacității luminoase a luminii naturale, care a fost derivată din măsurările simultane ale iluminării și radiației (Littlefair 1988). Cerul senin și cel înnorat variază puțin în eficacitate luminoasă cu altitudinea solară și o valoare de 110 lumen/watt poate fi considerată pentru ambele tipuri de cer.

La latitudinile deșertice lumina naturală disponibilă, prezentată în tabelul 1, variază de la aproximativ 30.000 lux la 70.000 lux în funcție de latitudine, anotimp, moment al zilei, altitudine, condițiile atmosferice și aspect al cerului. Această cantitate de lumină naturală poate produce suficientă iluminare pentru a lumina majoritatea tipurilor de interioare de clădiri. Cantitatea de lumină naturală este afectată de orice obstrucții atmosferice, cum ar fi umiditatea, praful sau alte particule prezente în atmosferă. Luminanța tipică a cerului senin în zonele deșertice este de ordinul a 2000 cd/m^2 – praful fin din aer poate să o ridice la 10.000 cd/m^2 , în timp ce praful greu o poate reduce la 500 cd/m^2 .

Tabel 1: cantitatea de lumină naturală directă disponibilă (iluminare globală) pentru

latitudini deșertice, pe suprafețe orizontale (lux).

Principala constrângere arhitecturală la latitudinile deșertice este necesitatea d'isipării căldurii excesive iar acest lucru a stabilit o formă, aspect și structură tradiționale de construcție. Aceasta înseamnă deschideri înguste care permit mai degrabă vederi de altitudine decât vederi de orizont (pentru a reduce orbirea pe sol și orizont) dar care sunt întotdeauna protejate de radiația solară directă. Astfel, în pofida abundenței de lumină naturală din exterior, cantitatea de lumină care ajunge în interior este insuficientă pentru a produce iluminarea necesară lucrului fără iluminare electrică suplimentară.

Consumul de electricitate în regiunile deșertice

Consumul de electricitate din regiunile deșertice, cum ar fi Arabia Saudită și alte state din Golf, este foarte ridicat. Sectorul clădirilor din aceste regiuni consumă majoritatea energiei electrice, de exemplu în Arabia Saudită 70%, Emiratele Arabe Unite 90%, Bahrain 80%, Oman 95%, Qatar 80% și Kuweit 70%. Restul este consumat de sectoarele industriale și agricole (Al Nagem 1998). Trebuie reamintit că producerea energiei electrice are un randament de 30%, restul de 70% fiind pierdut și este improbabil că se vor realiza îmbunătățiri majore în viitorul apropiat.

Folosirea electricității în clădirile din zonele deșertice este în principal destinată iluminatului și aerului condiționat. Într-o zi caniculară, necesitatea de a reduce temperatura din interior cu ajutorul aerului condiționat determină un consum electric adițional. Utilizarea iluminatului electric crește consumul de energie deoarece, în clădirile ventilate convențional mecanic, fiecare watt de iluminat electric necesită 0,5 până la 1 watt consumat de aparatul de aer condiționat (Millet et al, 1981). De aceea, utilizarea iluminatului natural este de dorit, pentru a reduce consumul de energie electrică atât pentru iluminat cât și pentru climatizare. Utilizarea iluminatului natural în clădiri produce un mediu plăcut datorită unor factori

cum ar fi o culoare a luminii îmbunătățită, iar posibilitatea unei vederi în exterior duce la o senzație generală de confort.

Abordarea tradițională a iluminatului natural în zonele deșertice

În mod tradițional lumina naturală a fost luată în considerare în planificarea și proiectarea orașelor și locuințelor din zonele deșertice. Considerațiile de planificare a iluminatului natural se materializează în moduri diferite, cum ar fi forma, mărimea și înălțimea clădirilor, amenajarea spațiilor deschise, tratarea suprafețelor exterioare cum ar fi pavajul și străzile, și zugrăvirea fațadelor. Formele și structura clădirilor au efecte semnificative în distribuția luminii naturale (Boyer 1981).

Curțile, terasele (Kharejah), puțurile (fântânile) de lumină (Minwar), diferitele tipuri de ferestre sunt elementele principale care influențează în particular accesul luminii naturale în casele din deșert. Aceste elemente de proiectare influențează accesul luminii în interior prin metode de iluminare fie de deasupra, fie din lateral. Un exemplu de construcție tradițională este casa *Hedjazi* care este amplasată în vestul Arabiei Saudite (22° latitudine nordică) și alte zone înconjurătoare. Jomah a analizat casa *Hedjazi* în orașele Makkah, Jeddah și Al-Madinah și a descris unele elemente care pot fi considerate ca metode de iluminare de deasupra (Jomah 1992). Unele din aceste elemente sunt: curte deschise (Housh), puț (fântână) de lumină (minwar) și luminator (jila). În funcție de disponibilitatea sa, accesul luminii naturale este controlat prin diverse metode. De aceea, tehnicile existente permit ajustarea relației între controlul și furnizarea luminii naturale și alte cerințe de proiectare cum ar fi confortul termic, vederea în exterior și ventilația. *Rowshan* și *Mashrabiah* (Fig.1) sunt o astfel de tehnică în care ferestrele sunt proiectate pentru anumite cerințe. Fereastra *Rowshan* poate fi considerată ca un element de bază în menținerea umbrei pe deschiderile largi ale casei *Hedjazi*, controlând iluminatul natural și, în același timp, menținând un pasaj de circulație naturală a aerului prin spațiile dintre benzile cadrelor *Rowshan*.

Un alt exemplu de casă tradițională în deșert este casa cu curte interioară (fig.2) care poate fi găsită în multe regiuni ale lumii și predomină în zonele deșertice din Irak, Egipt, Spania, Arabia etc. și folosește principii asemănătoare. Aceasta creează condiții microclimatice interne ce oferă confort, siguranță, intimitate și protecție față de lumină puternică și furtuni de nisip. Curtea interioară funcționează ca un puț (fântână) de lumină și coloană de ventilație, aducând aer rece noaptea. Când este completată de vegetație și apă, și este umbrită, funcționează ca o coloană de răcire și de fapt modifică microclimatul prin coborârea temperaturii și radiației solului prin evaporare (Rapoport 1969). În casele cu curte interioară (rectangulare), deschiderile exterioare sunt diferite de cele interioare care sunt orientate spre curtea interioară. De obicei deschiderile din exterior sunt înguste și puține pentru a reduce impactul căldurii exterioare, radiației și orbirii asupra spațiului interior. Peretele nordic al clădirii este cel mai potrivit pentru aceste deschideri pentru că nu este expus la căldură excesivă și nu are radiație directă, spre deosebire de ceilalți pereți. De aceea, iluminatul natural de la ferestrele nordice este cel mai preferabil deoarece este indirect, suficient, constant, echilibrat și confortabil în astfel de medii luminoase. Ceilalți pereți dinspre est, vest și sud au puține deschideri sau chiar deloc. Pentru a compensa lipsa deschiderilor exterioare, se utilizează curtea interioară și deschiderile care dau spre ea, datorită extremelor înregistrare de clima caldă și uscată. Datorită necesității ventilației, deschiderile înguste de la parterul locuințelor sunt amplasate în partea de sus a pereților, limitând accesul căldurii și al prafului și evitând efectul de orbire dat de sol. La primul și la al doilea etaj, deschiderile sunt mai largi și mai numeroase.

Noi tehnologii pentru iluminatul natural

În ultimii ani au fost dezvoltate noi sisteme și materiale pentru iluminatul natural direct al clădirilor prezintă anumite caracteristici ce le fac foarte potrivite pentru latitudinile deșertice. Prima clasă de dispozitive – sisteme avansate de vitrare – sunt sisteme de reflexie

și vitrare de înaltă performanță pentru tipurile convenționale de ferestre, oferind selectivitate spectrală și/sau unghiulară, prevăzute pentru a îmbunătăți calitatea și cantitatea iluminatului natural și de a reduce radiația solară termică, îmbunătățind confortul uman și economia de energie. Sistemele avansate de vitrare pot include o varietate de accesorii, cum ar fi jaluzele, parasolare, filtre, obloane fixe sau mobile, suprafețe reflectorizante (oglinzi) pentru a devia lumina ce pătrunde prin protecțiile convenționale. Aceste sisteme mai pot include și straturi electrocromice. Utilizarea materialelor holografice este încă în stadiul de cercetare.

A doua clasă de dispozitive – sisteme avansate de iluminat natural – sunt prevăzute pentru “iluminatul natural central”, procesul de introducere a luminii naturale în spațiul central al clădirilor, la distanță de pereții exteriori, sau alte locații unde nu se pot instala ferestre convenționale. În principal se bazează pe tehnologia “conductă de lumină” care a fost dezvoltată pentru numeroase aplicații (Ayers și Carter 1995). Datorită complexității lor, performanțele ambelor tipuri de dispozitive sunt greu de evaluat în cazul utilizării lor pentru locațiile deșertice. Se examinează unele caracteristici ale acestor dispozitive care pot fi utile pentru zonele deșertice.

Sistemele avansate de vitrare emailate au proprietăți optice în funcție de unghiul incident și utilizează anumite tehnici de control al accesului luminii directe. Difuzează lumina solară în clădire, incluzând jaluzele fixe orizontale și verticale, atât în interiorul cât și în exteriorul clădirii, ecrane interioare și exterioare, și obloane, parasolare și copertine (vezi Fig. 3). Materialele folosesc selectivitatea spectrală crescută. Principiul acestuia este explicat în continuare. Lumina solară are doar o porțiune limitată de spectru vizibil, iar restul spectrului, inclusiv infraroșu și ultraviolet, sunt invizibile pentru ochi și, în consecință, nu produc lumină. Toate componentele spectrului solar, oricum, produc căldură când sunt absorbite de pereții clădirii. Un material puternic selectiv spectral poate transmite cantități adecvate de lumină, respingând

totodată cea mai mare parte din radiația termică. Un dezavantaj al acestor sisteme este faptul că, exceptând materialul selectiv spectral, determinarea performanțelor de eliminare a căldurii pentru sisteme complexe nu este un proces complet științific, de aceea obținerea datelor relevante pentru aplicații și locații specifice este foarte dificilă.

Sistemele avansate de iluminat natural constau dintr-un colector de lumină naturală conectat la un sistem de transport al luminii format din oglinzi și/sau conducte de lumină, și unul sau mai multe emițătoare terminale, care au același rol ca și corpurile luminoase din sistemele de iluminat electric, dar principiul lor este de a prelua lumina de la sistemul de transport al luminii și de a-l reda spațiului interior. Unele sisteme de iluminat central au ori sistem de urmărire, ori sistem concentrator pentru colectarea luminii, în timp ce altele au un simplu colector pasiv în care gradul de concentrare este dat de acceptanța unghiulară sau de deschiderea colectorului. Colectoarele pasive necesită deschideri largi spre cer, care să permită captarea luminii fără deplasarea colectorului. Aceste componente optice sunt de asemenea folosite în emițători (inversate). În aplicațiile cele mai complexe, sistemele de iluminat pot conține oglinzi sofisticate de colectare și concentrare a luminii, cu amplasare pentru direcționarea luminii concentrate în sistemul de transport. Acesta poate fi constituit din conducte de lumină sau panouri de oglinzi, pentru direcționarea luminii după colțuri și la emițători la distanțe semnificative. Inevitabil, pierderile de lumină sunt substanțiale, dar trebuie considerate în raport cu sursele de lumină ‘liberă’. Problema majoră a sistemelor avansate de iluminat natural este inexistența metodelor exacte de predicție a proprietăților termice iar aceasta este o restricție majoră pentru folosirea în zone deșertice. S-au desfășurat unele cercetări asupra performanțelor termice ale sistemelor cu colectori pasivi (în principal în contextul pierderii de căldură în climă temperată), dar autorii nu au cunoștință de cercetări asupra performanțelor termice în condiții de radiație solară intensă. Unele studii asupra proprietăților de transmisie a luminii a

sistemelor cu conducte de lumină cu colectare pasivă au stabilit rezultate asemănătoare pentru un domeniu limitat de condiții atmosferice și geometrie a conductelor. Aceste studii continuă.

Câteva studii de caz – abordări moderne

S-a argumentat anterior că unul din principalele motive pentru instalarea ferestrelor mici în locuințele tradiționale din zonele deșertice este de a evita încălzirea. Cercetările arată că dimensiunile ferestrelor în zonele deșertice au un efect minor asupra temperaturii din interior atât timp cât se aplică ecranarea. Pe orientarea Sud – Nord este suficient un dispozitiv de umbrire orizontal datorită înălțimii mari a soarelui în timpul verii, dar pe fațada Est – Vest este necesar un dispozitiv de umbrire vertical (vezi de exemplu Al-Azzawai (1985), Rosenlund (1989)). Progresele în designul instrumentelor din ultimii ani, software-ul pentru realizarea analizelor termice arată aplicarea pe scară largă a acestor concepte. Următoarele studii de caz ilustrează unele principii.

Biblioteca Centrală Phoenix, Arizona, USA (latitudine 33° N)

Clădirea de 5 etaje este construită din beton și acoperită pe fațadele Est-Vest cu folie de cupru în ramă de oțel. Dimensiunile planului sunt de aproximativ 80m pe 50m iar clădirea are un atrium central care este spațiul principal de circulare. Ferestrele Nord/Sud sunt 100% sticlă pentru a profita de vederile montane (Fig. 4). Pentru a rezista climei din Phoenix sunt protejate cu jaluzele orizontale pe partea sudică și cu jaluzele verticale pe partea nordică, acestea din urmă pentru a evita lumina soarelui de vară. Jaluzelele de pe peretele sudic sunt de aprox. 500 mm lățime. Gradul de penetrare solară se controlează prin computer, o parte fiind permisă dimineața ca sursă de căldură. Atriumul servește la iluminarea cu lumină naturală pentru toate cele cinci etaje de la un sistem performant aflat la ultimul nivel. Acest sistem este format din nouă oglinzi circulare care se orientează automat după unghiul de azimut al Soarelui, unghiurile lor de înclinare fiind reglate pentru a reflecta lumina vertical pe 30 m în jos.

Luminatoarele sunt acoperite cu un material de vitrare care transmite lumina vizibilă și absoarbe infraroșii. Alte luminatoarele, construite din același material, sunt amplasate pe acoperiș și fiecare conține o lentilă la nivelul plafonului. Acestea sunt confecționate din sticlă laminată cu straturi de butil polivinil, care sunt vopsite în albastru și creând astfel o vedere plăcută.

College of Desert, Palm Desert, California, USA (Latitudine 33° N)

Această bibliotecă este un exemplu de combinare a ferestrelor pentru lumină naturală, dispozitive de umbrire și vitrare, de emisie scăzută ce oferă o mare cantitate de lumină naturală și protejează în același timp împotriva căldurii și a luminii solare directe (Fig. 5). Biblioteca cu un singur nivel, de 4100 m² este organizată în jurul unui spațiu semicircular Nord-Sud care conectează sălile de lectură cu cele de depozitare. Vitralii, ferestre perforate lângă birouri și monitoare de tavan deasupra locurilor de citit asigură o iluminare puternică evitând căldura Soarelui. Datorită dimensiunilor deschiderilor, au fost adaptate diverse dispozitive de umbrire. Acestea include o colonadă de 4 metri adâncime pe partea vestică a bibliotecii ce se întinde pe toată fațada, umbrind ferestrele de la parter. Pe partea sudică este instalat un parasolar de 3 metri din metal vopsit ce acoperă holul și este proiectată vertical din metru în metru de la baza la vârful deschiderii vitraliului sudic. Jaluzele arcuite din oțel, confecționate din nervuri de metal și montate pentru a urmări curbura acoperișului, se extind peste vitraliile din partea estică și cea vestică. Sub jaluzeaua de est sunt montate trei elemente orizontale de umbrire din metal perforat care umbresc vitraliul de soarele de dimineață. O foaie de metal perforat vertical montată direct în fața geamurilor diminuează lumina solară ce cade pe geamul vitraliului de nord. Unitățile cu panouri duble clare încorporează un strat cu emisivitate redusă care permit transmiterea luminii cu spectru complet, și rețin căldura. Sistemul de iluminat electric utilizează corpuri fluorescente cu balast electronic în birouri și în sălile de lectură, care își pot diminua luminozitatea deoarece este disponibilă și lumina naturală.

Concluzii

Acest articol a examinat contribuția luminii naturale la dezbaterile asupra menținerii clădirilor în zonele deșertice. În pofida luminii naturale abundente, a existat o ezitare din partea arhitecților de a exploata această resursă și corespundent încărcarea rețelelor electrice datorită iluminatului electric reprezintă o pondere majoră din încărcarea totală. Construcțiile tradiționale din zonele deșertice sunt în mod caracteristic cu masă termică mare cu deschideri înguste pentru a preveni încălzirea și orbirea, și pentru a oferi intimitate locatarilor. Problemele de viabilitate au fost clar înțelese, măcar cele implicite, de către proiectanții și constructorii lor. Noile tehnici descrise oferă soluții de iluminat care ar putea fi considerate ca

îmbunătățiri ale celor anterioare și, în plus, pot fi încorporate în forma și metoda de construcție a clădirilor, ce diferă radical față de cele tradiționale. Acest articol nu ar trebui, totuși, considerat ca o recomandare universal valabilă a noilor tehnici. Orice considerent privind dezvoltarea viabilă trebuie să țină seama de toate aspectele de energie și mediu. La un nivel simplu, un sistem, cum este cel de iluminat, are influență asupra altor servicii – în principal mecanice – și, de asemenea, asupra structurii datorită deschiderilor. Alte aspecte includ cantitatea de energie încorporată în dispozitivele noi și viabilitatea implicațiilor ce decurg din repararea și întreținerea acestor dispozitive sofisticate amplasate într-un climat aspru.

AUDITORIA ENERGÈTICA A L'ENLLUMENAT PÚBLIC

Carles URETA

Institut Català d'Energia, Barcelona

L'auditoria energètica s'ha d'entendre com una acció puntual que te per objectius l'anàlisi i diagnòstic de les instal·lacions actuals i les característiques de servei. Diem que és una acció puntual ja que ens donarà una informació de les característiques de l'enllumenat en el moment en que s'ha realitzat l'auditoria. És com si fos un fotografia energètica en la que es veu l'estat de les instal·lacions en el moment en que s'ha fet. Degut a l'evolució i depreciació de les instal·lacions d'enllumenat públic aquesta informació que ens donarà l'auditoria energètica serà vàlida durant un temps limitat, pel que s'haurà de realitzar de forma periòdica.

L'auditoria es pot estructurar fàcilment en 3 fases,

1.- Inventari: En aquesta fase es recopilarà tota la informació tècnica necessària i característiques de les instal·lacions.

2.- Anàlisi: En aquesta fase s'analitzen les dades recollides.

3.- Diagnòstic: En aquesta es detecten les accions a emprendre per millorar l'eficiència energètica de les instal·lacions.

D'aquestes tres fases, la que requereix més temps i dedicació és sens dubte la part d'inventari ja que caldrà recorre les instal·lacions acuradament per obtenir dades fiables per les fases següents.

A continuació es descriu de forma concreta les accions a realitzar en cada fase.

1.- Inventari

Per tal de recopilar les dades necessàries per poder arribar a fer un diagnòstic adequat, cal seguir els següents apartats. En cada apartat es recull la informació en taules per facilitar la lectura i la recollida de les dades. Incloses en el model de qüestionari per la realització d'inventari de L'Institut Català d'Energia.

Apartat 1: Inventari d'escomeses: Per l'inventari cal recollir com a mínim les dades següents:

- N° d'escomesa
- Situació
- Potència instal·lada
- Potència Contractada
- Tarifa
- Discriminació Horària
- Tipus Comptador
- Sistema d'encesa
- Sobre tensions
- Sistema de regulació de flux existent

Per omplir aquesta taula ens pot ajudar tenir alguna factura, el més recent possible, de la companyia elèctrica per observar la tarifa contractada i també serà necessari desplaçar-se fins l'emplaçament de l'escomesa per poder realitzar l'inventari de punts de llum de l'escomesa que ens servirà per calcular la potència instal·lada, i observar el quadre de comandament. També serà útil un plànol de les instal·lacions per concretar la seva situació.

La potència instal·lada, que és la que realment tenim en la línia i la potència contractada, que és la que apareix en el contracte amb la companyia elèctrica són dades imprescindibles per el control de consums i costos, a l'igual que la tarifa i el tipus de discriminació horària contractades i el percentatge mig per complement de discriminació horària.

Pel tipus de comptador, cal especificar si el comprador es de propietat o de lloguer, si té discriminació horària i si és de doble o triple tarifa. També cal anotar si existeix comptador de reactiva. Aquesta informació ens servirà per avaluar els costos d'un canvi de tarifa.

Pel sistema de regulació de flux s'ha d'indicar, si n'hi ha i de quina mena, mitja apagada, doble reactància o regulador de flux en capçalera.

Les sobre tensions afecten exponencialment sobre el consum de les Làmpades i també n'escurça la vida útil i per tan cal tenir dades de quins nivells de sobre tensions podem tenir en les nostres escomeses.

Apartat 2: Inventari de Làmpades. En aquest cas cal recollir el nombre de Làmpades que hi han de cada tipus en cada escomesa.

- N° d'Escomesa
- Quantitat de làmpades de Vapor de Mercuri i potència
- Quantitat de làmpades de Vapor Sodi Alta pressió i potència
- Quantitat de làmpades de Altres tipus i potència

Per omplir aquesta taula es imprescindible realitzar un treball de camp per obtenir de forma fiable totes les dades.

Apartat 3: Inventari de Suports i Llumínaries.

En aquest cas cal fer una relació del tipus de suports i llumínaries utilitzats en la població estudiada. En una columna s'indica el tipus de suport o llumínaria i en l'altre el nombre total que hi han en totes les escomeses. Aquesta informació ens donarà una idea de l'estat de les instal·lacions.

Apartat 4: Consums i costos d'energia. La informació necessària es troba majoritàriament en el rebut de la companyia. Per tenir dades de consum significatives, sense que estiguin afectades per fluctuacions de consums puntuals cal que, com a mínim, es calculin els consums anuals per escomesa. És important el percentatge mig del recàrrec de reactiva, ja que pot ser un sobre cost important de fàcil solució.

- N° Escomesa
- Consum kWh anuals Activa
- Consum kWh anuals Reactiva
- Cost econòmic anual
- Percentatge mig Recàrrec Reactiva
- Terme d'Energia
- Terme de Potència
- Comentaris

Apartat 5: Pressupostos. Per tal d'elaborar el pla d'acció que ens permetrà portar a terme les accions detectades, ens cal informació sobre les pressupostos del ajuntament per tal de poder preparar les inversions d'una forma realista i d'acord amb els recursos del municipi. Les dades pressupostaries han de ser el més recents possibles i de més d'un any per poder veure l'evolució de les partides.

- Instal·lació nou enllumenat
- Renovació enllumenat existent
- Manteniment
- Consum d'energia
- Total per enllumenat
- Total del municipi

En el cas que l'auditoria es realitzi a través d'una entitat aliena al municipi caldrà una informació complementària per millorar i ampliar la comprensió de les dades. Aquesta informació complementària es pot estructurar de la següent forma,

Dades del Municipi:

- Comarca
- Habitants
- Habitants de la comarca
- Estructura dels serveis tècnics

Estat General de les Instal·lacions:

- Processos de manteniment.
- Percentatges d'avaries
- Depreciació del flux
- Antiguitat
- Característiques urbanístiques per poder jutjar al voltant de l'adequació o dèficit del nivell d'enllumenat.

Malgrat que l'inventari anterior està pensat per realitzar-lo sense cap eina informàtica, actualment hi ha la possibilitat de tenir els plànols de les instal·lacions d'enllumenat de forma digitalitzada en suport informàtic. Això suposa una rapidesa i comoditats molt elevades comparant amb un sistema de plànols tradicional ja que els plànols es poden editar, corregir i imprimir en minuts i per tant el fet de tenir un inventari actualitzat i fiable es torna una tasca periòdica, però molt ràpida. Aquests sistemes es poden subcontractar a empreses que es dediquen professionalment a la informatització d'inventaris d'enllumenat públic. Amb aquestes dades que s'han obtingut en aquesta primera fase, el responsable de l'explotació de les instal·lacions d'enllumenat serà capaç de realitzar l'anàlisi que es presenta en la fase següent.

2.- Anàlisi

En aquest apartat es relacionaran les dades anteriors de forma que ens puguin donar informació orientativa sobre les mancances i necessitats de les instal·lacions. Aquestes

relacions o índexs els pot determinar i definir cada responsable tècnic segons els seus interessos i experiència sempre i quan ens permetin l'anàlisi de les dades del inventari d'una forma concreta i àgil.

Càlcul d'Índexs: Una metodologia de treball còmoda per obtenir els valors del índexs és crear un full de càlcul que ens els calculi a mesura que introduïm les dades. A continuació es comenten una sèrie d'índex que creiem poden ser molt útils.

En qualsevol cas en que els valors obtinguts en un índex dels comentats estiguin molt lluny del marge prefixat, cal repassar les dades obtingudes en l'inventari per assegurar-se de que no hi ha cap errada en la presa de l'informació.

Una bona forma de visualitzar l'informació que ens donen aquests índex és mitjançant eines gràfiques. A continuació hi ha un exemple del que seria una gràfica del índex d'hores teòriques de funcionament per una població amb deu escomeses en el que es veu ràpidament quines son les escomeses que surten dels marges normals.

Amb les gràfiques de cada un dels índexs tindrem informació concreta sobre les escomeses per treure conclusions sobre les mesures a prendre. En aquest capítol es descriuran les mesures més freqüents per millorar l'eficiència energètica de les instal·lacions, però en alguns casos caldrà adequar les condicions del enllumenat (interruptors, comptadors, legalitzar instal·lacions, eliminar connexions alienes...etc) abans de aplicar les mesures següents.

Mesures d'eficiència energètica a l'enllumenat públic: Les diferents mesures per reduir el cost el consum de les instal·lacions d'enllumenat es poden agrupar en dos grans grups; Actuacions sobre la contractació que no afecten a l'estalvi energètic però si que poden suposar un estalvi econòmic important. I aplicacions de tecnologies per millorar l'eficiència energètica.

D'ara en endavant ens centrarem en l'explicació de les mesures tecnològiques que tenen com objectiu l'estalvi energètic.

A) Sistemes d'encesa

Descripció: Aquests sistemes son els que

s'encarreguen d'encendre les instal·lacions d'enllumenat públic quan realment és necessari i tancar-les quan ja no fan falta. El correcte funcionament d'aquests sistemes eviten que les instal·lacions funcionin de dia i malbaratin la vida de les llampades i l'energia i per altre banda també eviten que sigui fosc i no hi hagi llum al carrer.

Hi han diferents sistemes; les cèl·lules fotoelèctriques és un dels sistemes més difosos. L'impuls de maniobra és emès en funció de la il·luminació ambient, amb la qual cosa s'adapta a les variacions estacionals i meteorològiques El funcionament correcte exigeix:

- Situació correcta de la cèl·lula que impedeixi que l'afecti la il·luminació artificial.
- Sistema de retard que impedeixi l'accionament per variacions momentànies de la il·luminació (llampec, etc.).

Aquest sistema te com a desavantatge que les cèl·lules són de difícil manteniment i instal·lació, però en contra partida si estan ben instal·lades s'adapten molt bé a la demanda de llum fins i tot quan hi han turmentes i fenòmens extraordinaris.

Un altre sistema són els rellotges astronòmics que funcionen amb petits programes informàtics que encenen l'enllumenat tenint en compte la sortida i la posta del Sol segons la latitud i longitud del lloc on hi han les instal·lacions. Aquest sistema te una avantatge molt gran, i és que es controla totalment les hores d'encesa i apagada de les instal·lacions ja que es programen informàticament, com ja hem dit. Aquest fet comporta un estalvi energètic important ja que l'enllumenat funciona les hores en que és rigorosament necessari. Per altre banda no tenim la flexibilitat de la cèl·lula fotoelèctrica en front a turmentes i fenòmens extraordinaris.

En quan a la qüestió econòmica, hi han cèl·lules fotoelèctriques molt barates que tenen una depreciació molt ràpida en l'exterior i que per tant perden les seves característiques de sensibilitat a la llum i deixen de funcionar correctament. Si per el contrari utilitzem cèl·lules fotoelèctriques de qualitat els preus seran molt semblants als dels rellotges astronòmics. En general el canvi dels sistemes d'encesa en unes instal·lacions velles, sol tenir un període de retorn curt entre, un i dos anys,

sempre que s'instal·lin equips de qualitat.

Conclusions: Per tenir en compte la importància del bon funcionament d'aquests sistemes cal dir que només que s'encenguin les instal·lacions deu minuts abans i s'apaguin deu minuts després del que és realment necessari, al cap de l'any tenim encès l'enllumenat 122 hores inútilment. Això fa que la revisió i control del bon funcionament d'aquests sistemes sigui fonamental per tal de tenir unes instal·lacions eficients.

Per altre banda a nivell energètic sempre és recomanable la instal·lació de rellotges astronòmics degut a la seva fiabilitat. Malgrat això en llocs on els fenòmens climatològics, turmentes, nuvolades...etc, siguin freqüents pot ser recomanable la instal·lació de cèl·lules per tal de tenir una millor adaptació a les necessitats de llum.

B) Regulació de flux

Descripció: Per tal d'obtenir un estalvi energètic en les hores en les que hi ha menys demanda d'il·luminació (altes hores de la nit en les que no hi ha mobilitat als carrers), existeixen aquests sistemes que disminueixen el flux lluminós amb l'estalvi corresponent. Per realitzar aquesta disminució del flux lluminós existeixen varis sistemes.

Apagada parcial. En aquest cas, a partir d'una certa hora de la nit (normalment mitja nit) s'apaguen una part de les llampades de les instal·lacions. Aquest sistema es poc recomanable, malgrat que obté un estalvi important no és gens recomanable per les següents raons,

- La inversió realitzada per les instal·lacions d'enllumenat no s'està rendibilitzant a l'utilitzar només una part d'aquestes.
- Aquest sistema afecta molt a la uniformitat de la llum en els carrers, creant zones fosques i ombres que afecten molt a la qualitat de la visió.
- Aquest sistema implica tenir instal·lacions amb doble cable, amb el que implica un cost important.

Regulació del flux lluminós amb balast commutat (doble nivell). Aquesta regulació està condicionada a la utilització d'equips auxiliars especials. Els equips auxiliars son necessaris per tal de que la llampada s'encengui i un cop encesa mantingui unes condicions estables

d'intensitat i voltatge. Aquests equips auxiliars especials a més permeten tenir dos nivells de il·luminació en cada llampada. Amb el seu ús es pretén reduir el consum d'energia en cada punt de llum, sense perjudicar sensiblement el comportament de la llampada en allò que fa referència a l'estabilitat del funcionament, període d'arrencada, vida, eficiència lluminosa. Aquest sistema també implica instal·lacions amb doble cable, però estem aprofitant més les instal·lacions al fer-les funcionar més hores i no perdem qualitat d'il·luminació.

Regulació del flux lluminós a capçalera. Els reguladors de flux a capçalera de línia són equips que permeten regular la tensió de tota la línia de subministrament de les llampades. D'aquesta forma es pot reduir el flux lluminós, el consum elèctric de la instal·lació i al mateix equip serveix per reduir sobre tensions a les instal·lacions.

De fet, aquests equips es van projectar inicialment com a estabilitzadors de tensió. En reduir sobre tensions, s'allarga la vida de les llampades i dels equips auxiliars, i es produeix un estalvi d'energia elèctrica. Després es va afegir la possibilitat de reduir el flux. Amb aquest sistema el primer que s'aconsegueix es mantenir estable la corrent de xarxa a 220 Volts sense oscil·lacions que envelleixen prematurament les llampades i que augmenten el consum. I en segon lloc es pot reduir aquesta tensió en les hores que es cregui convenient segons les demandes lumíniques s de cada cas. La tensió durant les hores de reducció de flux lluminós es pot establir al voltant de 190 V en llampades de VMAP i de 175 V en VSAP.

A continuació s'adjunta la gràfica que representa el comportament de l'equip en els diferents horaris.

L'equip es col·loca en el quadre de comandament d'una línia d'enllumenat. En el moment en què l'equip rep tensió, s'inicia el cicle de posada en marxa mitjançant una rampa d'encesa suau que parteix d'una tensió de 200 V fins assolir la tensió nominal en uns 10 minuts. Cal assenyalar que en cas d'un tall de subministrament, el restabliment del servei també es realitza de manera gradual.

Un cop finalitzat el procés de posada en marxa, l'equip segueix subministrant a la línia una tensió estabilitzada en el valor nominal (amb

una precisió de 1%), fins al moment en què rep l'ordre de reducció de flux. L'ordre es pot enviar per un programador horari connectat als terminals de l'equip. Llavors s'inicia un procés de reducció progressiva de la tensió fins al nivell d'estalvi, que es manté fins que es torna a rebre l'ordre de tornar al valor nominal de la tensió, o des d'una fotocèl·lula o rellotge astronòmic es rep l'ordre de desconexió de la línia.

Aquest procediment d'encesa progressiva i d'estabilització de la tensió permet allargar la vida útil de les llampades.

D'una altra banda, l'equip incorpora un circuit de realimentació que realitza un mostreig de la tensió de sortida, per mantenir-la el més estable possible al voltant del punt de consigna.

Un altre dels avantatges de l'equip és la possibilitat de regular el nivell de tensió nominal d'alimentació dins un interval de valors continu. Això té una gran importància pel fet que els quadres s'acostumen a situar prop de les estacions transformadores i, sovint, les línies d'enllumenat reben unes tensions mitjanes superiors al valor nominal. Amb la regulació es pot fixar la tensió en uns 210 V, un valor inferior al nominal (220 V), a fi de limitar el consum d'energia durant el període de funcionament de la línia d'enllumenat a nivell normal.

Conclusions: La regulació de flux en capçalera al implicar inversions importants es recomana en instal·lacions en bon estat i amb una potència instal·lada gran (per sobre del 15 kW) per tal de que surtin més rentables econòmicament. Els períodes de retorn de la inversió amb aquesta tecnologia són del ordre dels 2,5 als 3 anys, i és el sistema que ens permet una millor explotació i gestió de l'enllumenat.

El sistema de doble balast és un sistema que és molt costós d'implantar en instal·lacions ja existents, ja que s'ha de fer passar cable de nou. Per altre banda a nivell de disseny de noves instal·lacions només és recomanable per instal·lacions de baixa potència instal·lada.

C) Tipus de Llampades

Descripció: Per procedir a una correcta selecció de les fonts de llum dins de l'àmplia oferta del mercat, no sols s'han de considerar les diferències de tipus quantitatiu entre les diverses llampades, sinó també les que fan referència a

aspectes qualitatius.

Les necessitats relatives a una adequada identificació dels colors dels elements que formen part de l'entorn il·luminat, es determina mitjançant l'índex de reproducció cromàtica (IRC), també anomenat rendiment en color, especificat en tant per cent, atribuint el valor màxim (100%) al que s'obté amb les fonts incandescent. Per tant, com més proper al 100% sigui l'IRC d'una font de llum, millor permetrà distingir els colors dels objectes que il·lumina.

En l'aspecte estètic i ambiental, l'únic concepte que pot influir és el que fa referència a la reproducció del color de la llum emesa per la llampada. Es pot dir que la preelecció d'un o altre tipus de font de llum, a efectes d'estimació de l'aspecte estètic, dependrà essencialment de les característiques de la zona il·luminada.

Un cop definits els aspectes qualitatius d'una font de llum, es passarà a relacionar els quantitatius que, des del punt de vista de costos, tenen més rellevància. En primer lloc, hi ha el concepte d'eficiència lluminosa, també conegut com rendiment lluminós (lm/W), que és la relació entre la quantitat de llum produïda per una font, normalment mesurada en lumens (lm), i l'energia elèctrica absorbida de la xarxa per al seu funcionament. En segon lloc, hi ha el cost d'inversió de la font de llum en servei, que inclou el preu de la mateixa llampada més el de l'equip addicional mínim que requereix per funcionar (reactàncies, transformadors, etc). De la mateixa manera, el cost d'explotació de la font de llum en servei, que depèn de les hores de funcionament i de l'eficiència lluminosa de la font, també ha de recollir tant els consums de la llampada com els atribuïbles als equips addicionals, en els casos en què siguin necessaris.

Finalment, hi ha la vida mitjana útil, referida no a la durada de la llampada fins deixar de funcionar, sinó al temps mitjà, en hores, que triga a disminuir en un percentatge determinat (normalment, el 20%) la seva intensitat lluminosa nominal, moment en el qual s'hauria de substituir per una nova llampada.

En aquest sentit, segons els tipus de llampades utilitzats habitualment en l'enllumenat públic i industrial, les seves característiques cromàtiques i d'eficiència energètica són:

Característiques de funcionament:

Tipus de Llampada	Eficiència (lum/W)	Vida útil (hores)	Dimensions Emisor	Gamma
VM	45-55	10000-12000	Mitjà	50-2000W
VSAP	90-120	8000-10000	Petit- Mitjà	50-1000W
VSBP	100-200	8000-10000	Gran	18-180W
Fluorescents	60-93	8000-10000	Gran	18-65W
Fluor-Compactes	50-80	8000	Mitjà	9-40W
Incandescència	10-15	1000	Concentrat	15-1500W
Mescla	25	6000	Mitjà	160-500W
VM	70-96	3000-6000	Petit	70-2000W
Halogenurs				
Inducció	70	60000	Mitjà	55 i 85W

Característiques de color:

Tipus de Llampada	To	Temperatura	IRC
VM	Blanc	3800K	40-46
VSAP	Groguenc	2000K	20-60
VSBP	Groc	1800K	0
Fluorescents	Blanc	Molt variada	50-95
Fluor-Compactes	Blanc	2700-4000K	82
Incandescència	Blanc	2700K	100
Mescla	Blanc	3600K	60
VM Halogenurs	Blanc	3000-4000K	70-95
Inducció	Blanc	3000-4000K	80

L'eficiència energètica augmenta segons augmenta la potència de la llampada, per tant els nombres d'eficiència energètica de la taula corresponen al de la potència més baixa i més alta de la gamma que hi ha en el mercat per cada llampada.

Fins fa pocs anys les llampades més utilitzades en l'enllumenat públic eren les de Vapor de Mercuri de Alta pressió (VMAP) que tenen una eficiència energètica acceptable i un índex de reproducció cromàtica del 60% aproximadament, però darrerament s'estan substituint massivament per llampades de Vapor de Sodi Alta Pressió (VSAP) ja que malgrat que aquestes tenen un índex de reproducció cromàtica més baix, 20-30% són molt més eficient energèticament. Tot seguit es mostrarà en la gràfica 6 on s'observen les diferències de rendiment existents entre una llampada de vapor de mercuri a alta pressió i una de vapor de sodi a alta pressió. Una llampada de VSAP amb una potència molt menor de les llampades de VMAP tenen un flux lumínic similar o fins i tot superior.

Les tendències actuals en el camp de l'estalvi elèctric també afavoreixen l'ús de les llampades

de vapor de sodi de BAIXA pressió (VSBP). Aquestes llampades, de major eficiència lluminosa que les de VSAP, tenen el gran inconvenient de la qualitat del color emès, ja que té un índex de reproducció cromàtica nul, cosa que provoca una distorsió dels colors reals (tonalitat groga).

A pesar d'aquesta circumstància, cada cop és més estesa la seva aplicació en l'enllumenat públic de carreteres, autovies, autopistes, túnels, vies ràpides, enllumenat de vigilància, seguretat, zones industrials, zones rurals aïllades, etc.

Conclusions: Les empreses de llampades treuen al mercat llampades de sodi amb un Índex de reproducció cromàtica cada cop superior, amb el que aquestes llampades són recomanables pràcticament en qualsevol instal·lació d'enllumenat públic, no només per l'estalvi energètic sinó per les següents raons:

- Les noves instal·lacions dissenyades amb VSAP al necessitar menys potència instal·lada per donar la mateixa llum, tenen un dimensionat d'equips elèctrics inferior i menys pèrdues abaratint l'obra.

- La substitució en instal·lacions existents de llampades de VMAP per VSAP tenen un període de retorn de la inversió de 2,5-3,5 anys (Sempre tenint en compte que la substitució es fa quan la llampada de VMAP ha arribat al final de la seva vida i s'hauria de fer la substitució igualment.)

- En instal·lacions amb regulació de flux en capçalera l'estalvi econòmic encara és més gran

D) Telegestió com a eina de gestió de les instal·lacions d'enllumenat

Aquests sistemes s'utilitzen per tenir una informació en temps real, és a dir instantània, del que passa a les instal·lacions d'enllumenat públic. Això s'aconsegueix amb un ordinador PC, connectat via ràdio o telefònicament amb unes unitats de capçalera que estan en els quadres d'enllumenat. Aquestes unitats de capçalera recullen dades del quadre que ens interessin per portar una gestió de les instal·lacions i les envien al PC o també anomenat unitat central. És pot baixar més de nivell i arribar a posar una unitat en cada llampada per tenir un control llampada a llampada. Això vol dir tenim dades de consum,

L'eficiència energètica augmenta segons augmenta la potència de la llampada, per tant els nombres d'eficiència energètica de la taula corresponen al de la potència més baixa i més alta de la gamma que hi ha en el mercat per cada llampada.

Fins fa pocs anys les llampades més utilitzades en l'enllumenat públic eren les de Vapor de Mercuri de Alta pressió (VMAP) ja que malgrat que aquestes tenen un índex de reproducció cromàtica més baix, 20-30% són molt més eficient energèticament. Tot seguit es mostrarà en la gràfica 6 on s'observen les diferències de rendiment existents entre una llampada de vapor de mercuri a alta pressió i una de vapor de sodi a alta pressió. Una llampada de VSAP amb una potència molt menor de les llampades de VMAP tenen un flux lumínic similar o fins i tot superior.

Les tendències actuals en el camp de l'estalvi elèctric també afavoreixen l'ús de les llampades

Tipus de llampada	To	Temperatura	IRC
VM	Blanc	3800K	40-46
VSAP	Groguenc	2000K	20-60
VSBP	Groc	1800K	0
Fluorescents	Blanc	Molt variada	50-95
Fluor-Compacts	Blanc	2700-4000K	82
Incandescentia	Blanc	2700K	100
Mesccla	Blanc	3600K	60
VM Halogenurs	Blanc	3000-4000K	70-95
Inducció	Blanc	3000-4000K	80

Característiques de color:

Tipus de llampada	Eficiència (lum/W)	Vida útil (hores)	Dimensions	Gamma
VM	45-55	10000-12000	Mitja	50-2000W
VSAP	90-120	8000-10000	Petit-Mitja	50-1000W
VSBP	100-200	8000-10000	Gran	18-180W
Fluorescents	60-93	8000-10000	Gran	18-65W
Fluor-Compacts	50-80	8000	Mitja	9-40W
Incandescentia	10-15	1000	Concentrat	15-1500W
Mesccla	25	6000	Mitja	160-500W
VM Halogenurs	70-96	3000-6000	Petit	70-2000W
Inducció	70	60000	Mitja	55 i 85W

Característiques de funcionament:

de vapor de sodi de BAIXA pressió (VSBP). Aquestes llampades, de major eficiència lumínica que les de VSAP, tenen el gran inconvenient de la qualitat del color emès, ja que té un índex de reproducció cromàtica nul, cosa que provoca una distorsió dels colors reals (tonalitat groga).

A pesar d'aquesta circumstància, cada cop és més estesa la seva aplicació en l'enllumenat públic de carreteres, autopistes, túnels, vies ràpides, enllumenat de vigilància, seguretat, zones industrials, zones rurals, etc.

Conclusions: Les empreses de llampades troben al mercat llampades de sodi amb un índex de reproducció cromàtica cada cop superior, amb el que aquestes llampades són recomanables pràcticament en qualsevol instal·lació d'enllumenat públic, no només per l'estalvi energètic sinó per les següents raons:

- Les noves instal·lacions dissenyades amb VSAP al necessitar menys potència instal·lada per donar la mateixa llum, tenen un dimensionat d'equips elèctrics inferior i menys pèrdues abaratint l'obra.
- La substitució en instal·lacions existents de llampades de VMAP per VSAP tenen un període de retorn de la inversió de 2,5-3,5 anys (Sempre tenint en compte que la substitució es fa quan la llampada de VMAP ha arribat al final de la seva vida i s'hauria de fer la substitució igualment).
- En instal·lacions amb regulació de flux en capçalera l'estalvi econòmic encara és més gran

D) Telegestió com a eina de gestió de les instal·lacions d'enllumenat

Aquests sistemes s'utilitzen per tenir una informació en temps real, és a dir instantània, del que passa a les instal·lacions d'enllumenat públic. Això s'aconsegueix amb un ordinador PC, connectat via ràdio o telefònicament amb unes unitats de capçalera que estan en els quadres d'enllumenat. Aquestes unitats de capçalera recullen dades del quadre que ens interessa per portar una gestió de les instal·lacions i les envien al PC o també anomenat unitat central. Es pot baixar més de nivell i arribar a posar una unitat en cada llampada per tenir un control llampada a llampada. Això vol dir tenir dades de consum,



EDITURA MEDIAMIRA
ISSN 1454-5837