

# VISIBILITY MEASUREMENTS WITH CCD IN ROAD LIGHTING

Eduardo R. MANZANO <sup>† #</sup> Alberto J. CABELLO <sup>‡ #</sup>

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 substrate 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 ( $N_g$ ) 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.

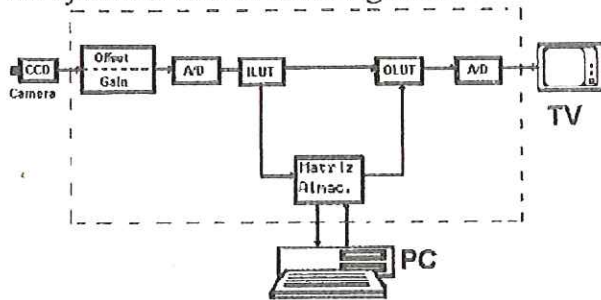


Fig. 1: Basic system outline

### 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  $N_{g_0} = 6$ . 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.

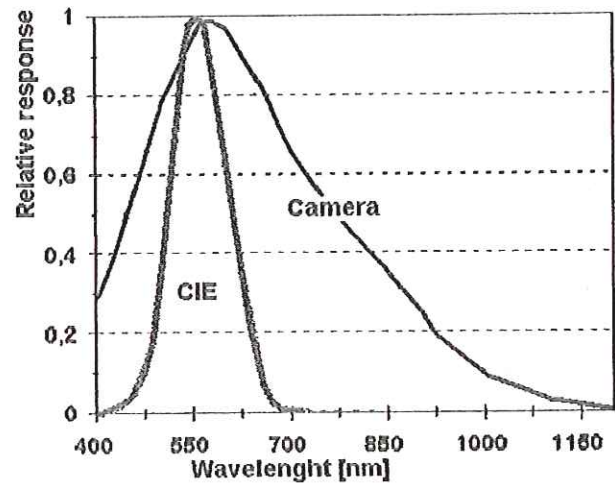


Fig. 2: Relative responses from CCD and from human eye according to CIE.

### 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:

$$N_g = m L + N_{g_0}$$

where  $m$  is the line slope and  $N_{g_0}$  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

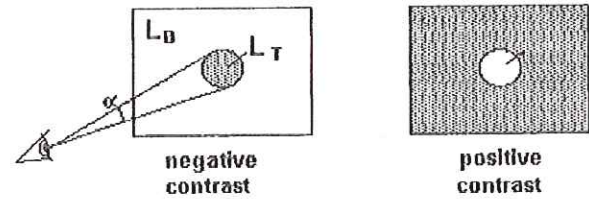


Fig. 3: Negative or positive contrast for a target with  $\alpha$  angular size

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.

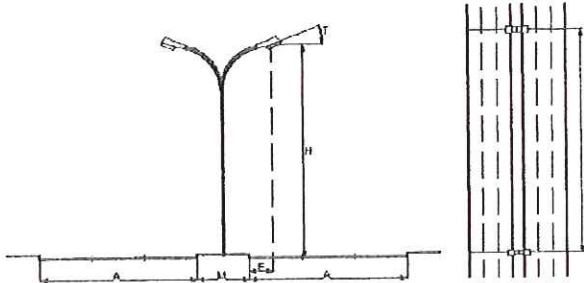
$VL$  considers the influence of the size of the target, the contrast polarity (if it is positive or negative), the time of exposure, the age of the observers and glare. Adrian  $VL$  model [1] [13] is applied in order to calculate  $VL$ .

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.



Road arrangement::	Central
Central width (M):	8m
Road width (A) :	12m
N° lanes:	3
Road surface:	CIE R3
Luminance coeff. Qo:	0.1
Height (H):	12m
Spacing (S):	36m
Overhang (E):	-0.5m
Tilt (T):	15°

Fig. 4: Experimental road lighting installation

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

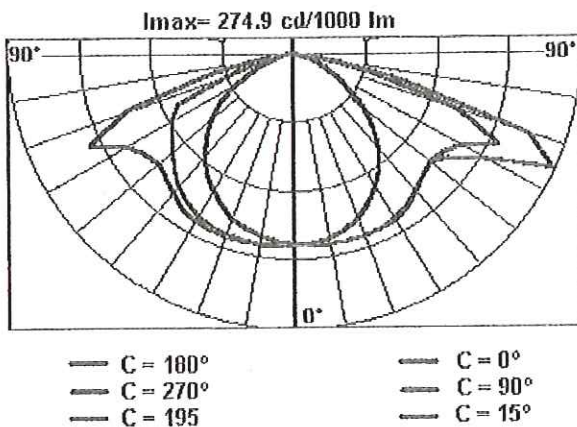


Fig. 5: Luminaire photometry from Strand MBA 70 CO, cut-off IP54. Lamp: Osram, high-pressure sodio tubular 400W. Lamp Flux: 44.861 lm.

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.



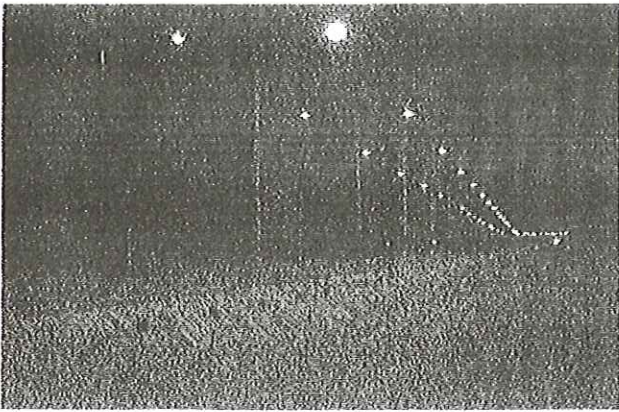


Fig. 6: Road lighting installation array with target aligned at  $x=1.2\text{m}$ .

## 7. Discussion

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

- a)  $E_{\text{ave}}$ , calculated, considering the existent depreciation of 0.9 and over the same grid has a 5% difference from the measured value.
- b) The  $L_{\text{ave}}$  obtained with CCD shows an acceptable difference within the 10% from calculated value. Similar results are found for  $U_{\text{O}}$  and  $U_{\text{L}}$ .
- 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  $L_{\text{med}}$ ,  $U_{\text{O}}$  and  $U_{\text{L}}$  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  $0.7 \text{ cd/m}^2$ . 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.



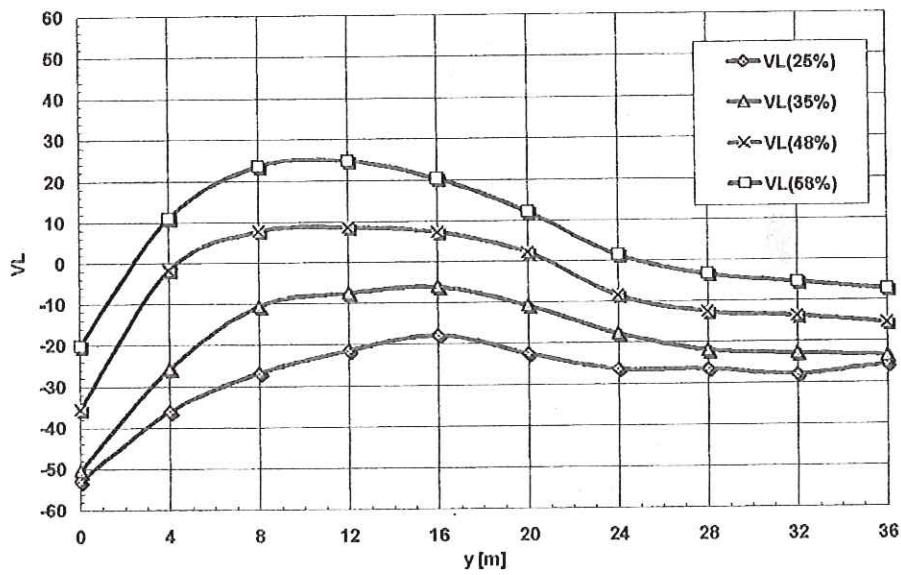


Figure 7: VL calculated from luminance measured with CCD at  $x = 1.2\text{m}$  with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.

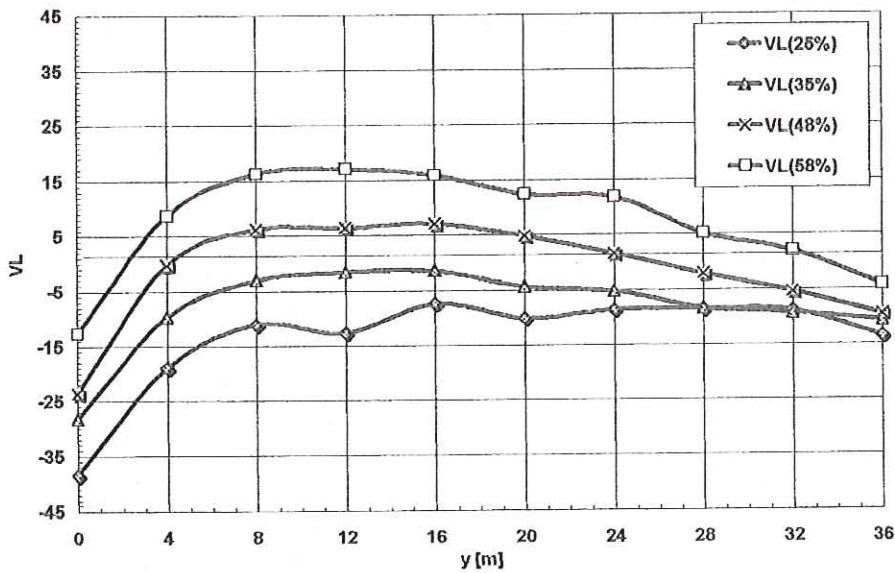


Figure 8: VL calculated from luminance measured with CCD at  $x = 6\text{m}$  with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.

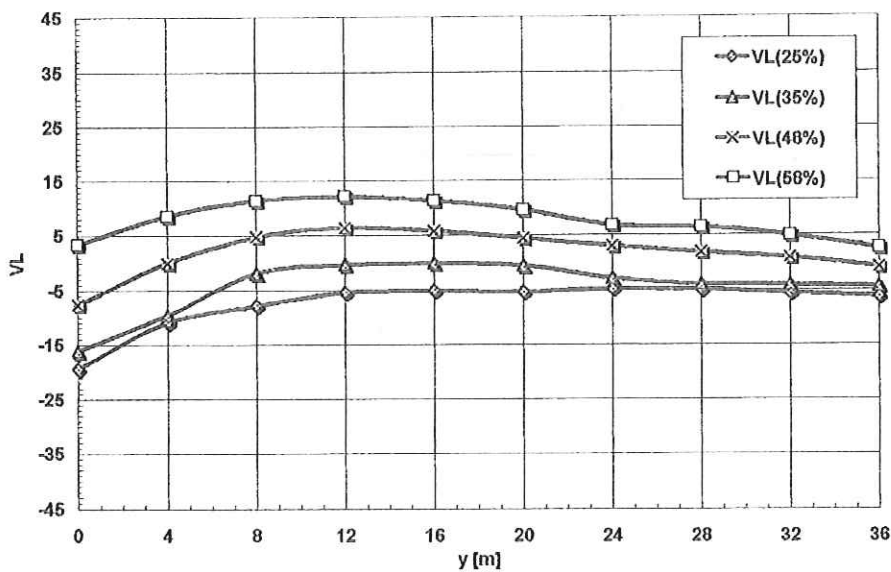


Figure 9: VL calculated from luminance measured with CCD at  $x = 10.8\text{m}$  with target surface reflection 25, 35, 48 and 58 %.



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

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

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

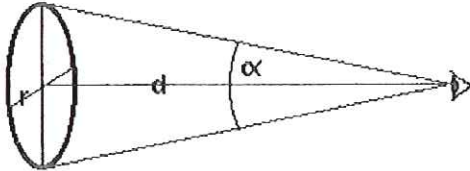
For  $0.00418 \text{ cd/m}^2 < L_B < 0.6 \text{ cd/m}^2$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$AF$  : 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 2<sup>nd</sup> International Symposium on Visibility an 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 ( $\lambda$ ) 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 2<sup>nd</sup> 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, histograme, 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 uneia 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  $Ng_0=6$ . 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 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  $Ng = mL + Ng_0$ , unde  $m$  este panta liniei;  $Ng_0$  – 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  $Ng$ . Procedeu 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:  $C = (L_T - L_B) / L_B$ ,

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  $\Delta L_{prag}$  – diferența de luminanță a sarcinii și a fondului.

Ecuatiile 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 aliniată 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 aliniată 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

Crearea 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 criteriile 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 criteriile luminotehnice 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 noaptea - 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 luminescente;
- 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.

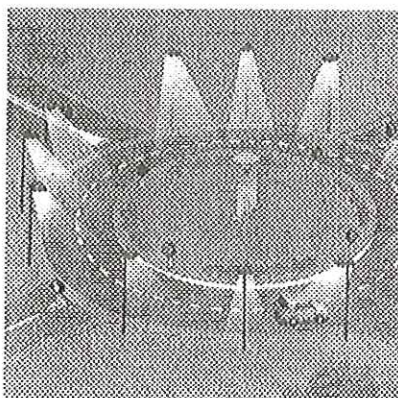
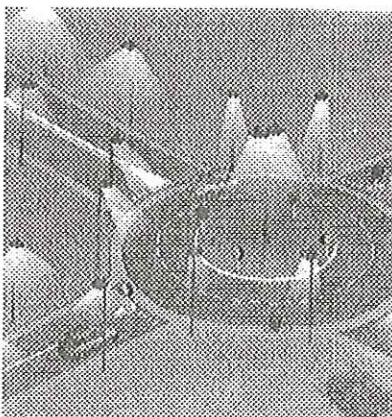
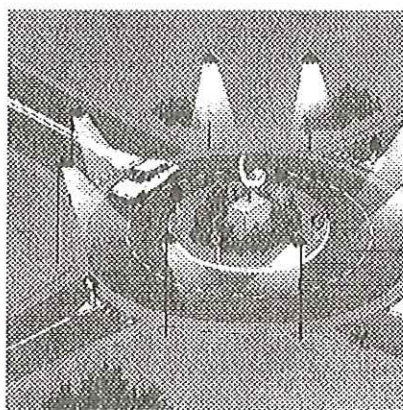
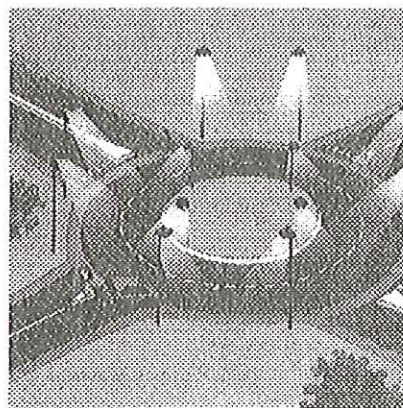
Sensurile giratorii de mărime medie sau mică pot fi iluminate prin intermediul a unu sau doi stâlpi de înălțime mare, echipați cu mai multe corpuri, amplasați în zona centrală.

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 luminescente.





## 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 stâlpii 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	$C(i-1)=M_i$
Intersecții cu căi ferate sau cu linii de tramvai:	
simple	$C_i = M_i$
complexe	$C(i-1)=M_i$
Sensuri giratorii fără semnalizare rutieră	
complexe sau mari	C1
complexitate medie	C2
simple sau mici	C3
Zone aglomerate (în care traficul se desfășoară greu):	
complexe sau mari	C1
complexitate medie	C2
simple sau mici	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 criteria 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.dntej.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 activității academice și de cercetare, atât pentru formarea studenților cât și pregătirea continuă a inginerilor care lucrează în domeniul Instalațiilor electrice și Iluminat. Sunt analizate modulele componente ale aplicației, care acoperă diferite aspecte ale proiectării sistemelor de iluminat. Sunt date și câteva detalii de implementare, interesante din punctul de vedere al inginerului de iluminat, care, astfel, va putea avea o motivație în a începe să își scrie propriile sale aplicații informatice, adaptate propriilor sale necesități.

## 1 Introducere

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

Studenții au posibilitatea:

- (a) să proiecteze diferite sisteme de iluminat pentru activități desfășurate în interiorul clădirilor, pentru iluminatul nocturn de siguranță, pentru spații de lucru exterioare, pentru străzi cu trafic de autovehicule, pentru terenuri sportive, pentru monumente sau fațade ale clădirilor;
- (b) să verifice aspectele calitative ale unei instalații de iluminat interior conform metodei curbei de luminanță limită;
- (c) să vizualizeze o reprezentare bidimensională sau tridimensională a distribuției iluminării.

## 2 Prezentarea aplicației

Aplicația LSD are o concepție modulară (fig. 1). Fiecare modul constă dintr-unul sau mai mulți algoritmi independenți și comunică cu celelalte module prin intermediul programului principal. Aplicația este realizată vizual, și oferă o interfață vizuală plăcută și un meniu apelabil folosind mouse-ul sau tastatura. Fiecare modul este prezentat în meniurile aplicației împreună cu componentele sale.

Aplicația este structurată în jurul modulelor principale de calcul și a modulelor auxiliare, de vizualizare a datelor:

### (1) Modulele de calcul

- **Interior** - proiectarea sistemelor de iluminat electric interior;
- **Emergency** - proiectarea sistemelor de iluminat de siguranță;
- **Exterior** - proiectarea sistemelor de iluminat exterior (platforme de lucru);
- **Daylight** - proiectarea iluminatului natural;
- **Road** - proiectarea sistemelor de iluminat rutier;
- **Sport** - proiectarea instalațiilor de iluminat ale arenelor sportive;
- **Buildings** - proiectarea instalațiilor de iluminat pentru monumente și fațadele clădirilor;
- **Costs** - calcularea costurilor unei instalații de iluminat.
- **Energy Management** – analiza parametrilor energetici ai instalației.

### (2) Modulele de vizualizare a rezultatelor

- **Report** - vizualizarea fișierului ASCII ce conține raportul de execuție a modulului de calcul rulat;



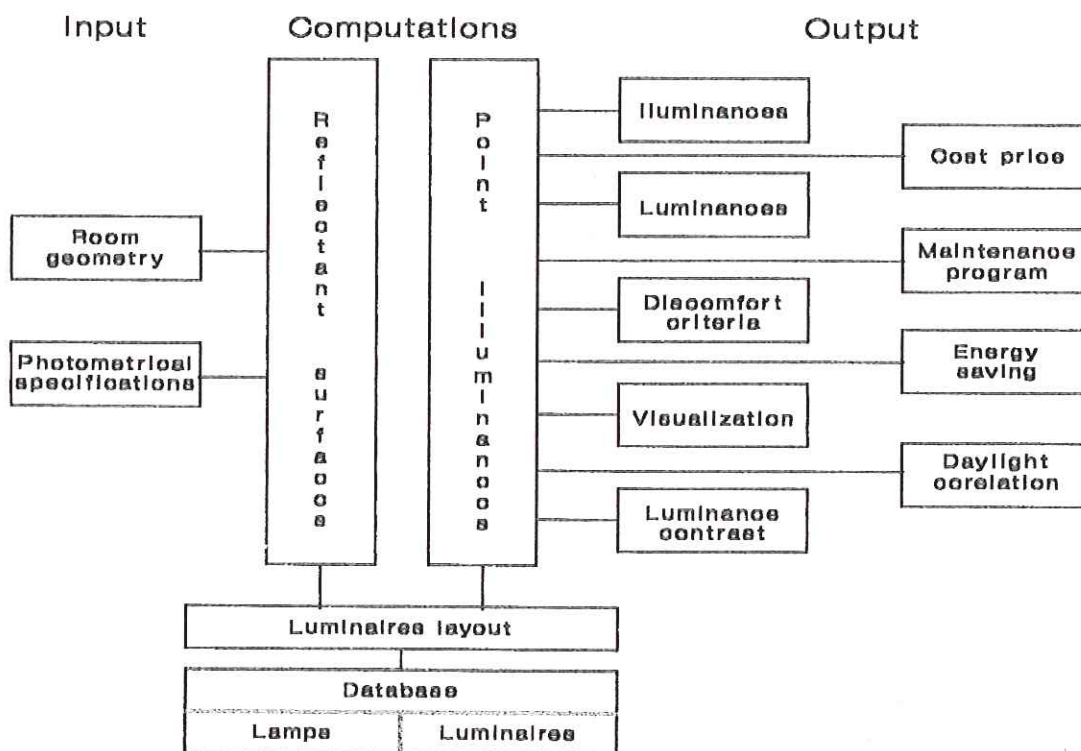


Fig. 1 Privire asupra relațiilor dintre diferitele componente ale aplicației

- **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 cumulativ 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 proiecteurului, 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 curățării 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 curbelor 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 alta 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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 inginerească 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 ingineresti 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 Politecnica 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 anecdotic 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 delieventii. 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 suntacompaniate 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, ineficient, 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, Bonguer<sup>1</sup> 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)<sup>2</sup>. 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)<sup>3</sup>, principiu în care cele două surse de lumină studiate iluminează două suprafețe albe așezate într-un anumit unghi – figura 1.

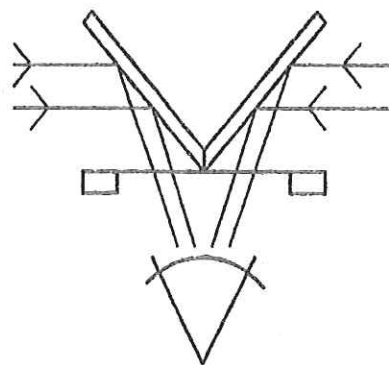


Fig. 1 Construcția teoretică a fotometrului de tip Richi

Această idee a fost dezvoltată de către Bunsen (1843)<sup>4</sup>, 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)<sup>5</sup>.



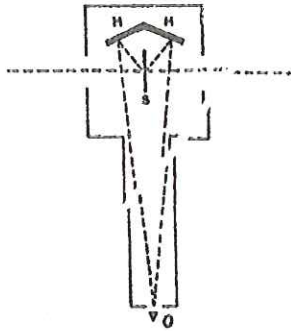


Fig. 2 Construcția teoretică a fotometrului de tip Bunsen

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.

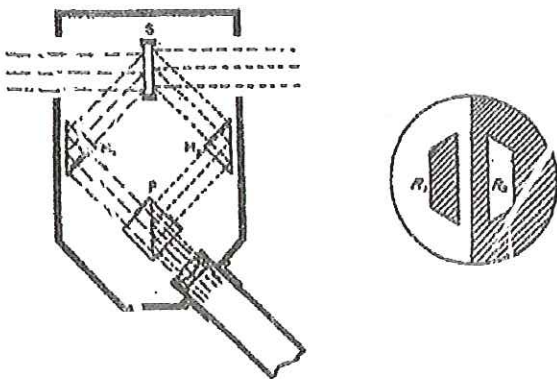


Fig. 3 Fotometru l "contrast" de tip Lummer - Brodhun

### 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"<sup>6</sup>.

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<sup>7,8</sup>.

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 mondial<sup>9</sup>.

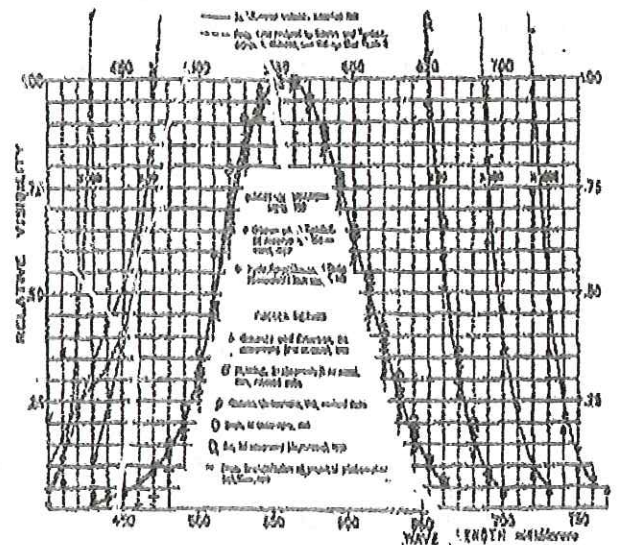


Fig. 4 Curbele caracteristice compariate



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 original<sup>10</sup>:

*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 1nm 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 fotică, 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 1951<sup>15</sup>.

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 culorii<sup>16</sup>, 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 fotică, care descrie mai corect curba de vizibilitate și în regiunea de undă de culoare albastru<sup>17</sup>. 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 culorii<sup>20</sup> standardizată pentru câmpul de vedere de 10° care, deși nu a fost standardizată pentru



scopuri fotometrice, este folosită în multe publicații.

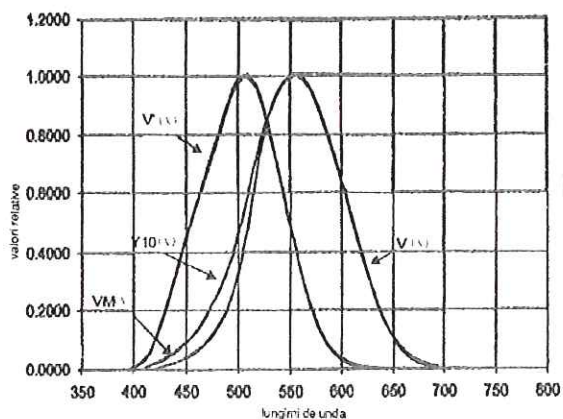


Fig. 5 Graficul curbei spectrale pentru funcțiile  $V(\lambda)$ ,  $V_M(\lambda)$ ,  $V'(\lambda)$  și  $y_{10}(\lambda)$

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 tehnic<sup>18</sup>, 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 corespondentului 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 procedeu<sup>21</sup> 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 arătat<sup>24</sup> 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"<sup>25</sup> 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 nm<sup>26</sup>.



#### 4. Vederea cu bastonașe în percepția luminii

În cele mai joase domenii ale densității de lumină (aproximativ sub  $10^{-3}$  cd/m<sup>2</sup>), 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/m<sup>2</sup>). Între 3 și 10 cd/m<sup>2</sup> (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 (sclipiri, palpații); 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<sup>29,30</sup> 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<sup>31,32</sup> 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<sup>34,35</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed. Constable, London, 1958
2. Rumford, lásd Walsh JWT, Photometry, 3<sup>rd</sup> ed. Constable, London, 1958



3. Richi, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3<sup>rd</sup> ed. Constable, London, 1958
4. Bunsen, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3<sup>rd</sup> ed. Constable, London, 1958
5. Lummer, lásd Walsh JWT, *Photometry*, 3<sup>rd</sup> 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<sup>e</sup> 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<sup>o</sup> 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. 8<sup>th</sup> 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 <sup>13</sup> 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. 12<sup>th</sup> 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, *JIES*, 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](mailto: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 24<sup>th</sup> 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 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> 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. ROSENLUND 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](mailto:drfaisal@uqu.edu.sa)

**Dr David Carter**, School of Architecture,  
University of Liverpool, Liverpool L693BX,  
England  
[eb09@liverpool.ac.uk](mailto:eb09@liverpool.ac.uk)



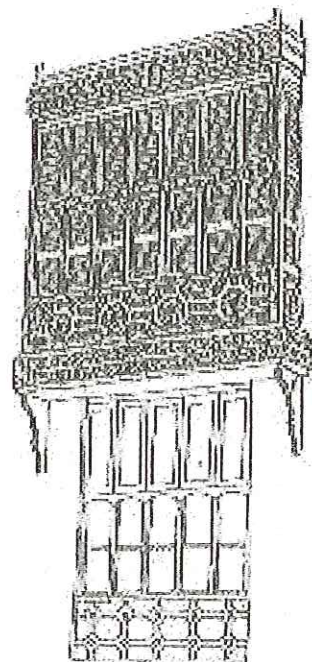
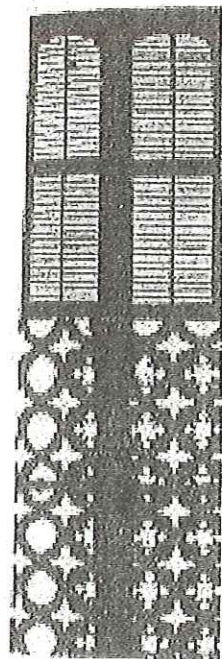
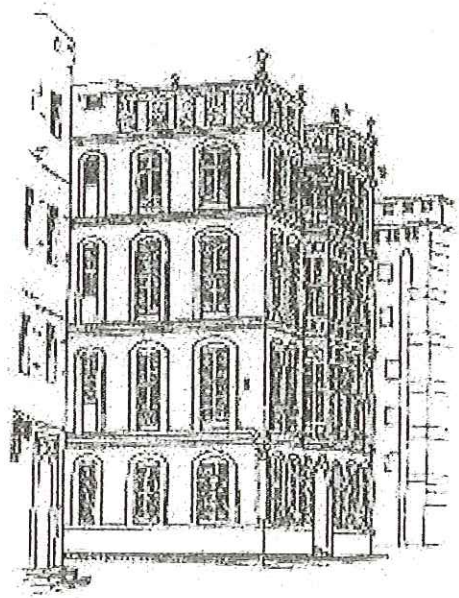
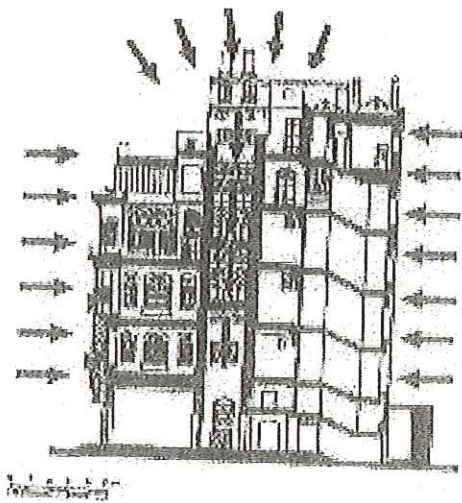


Figure 1 Rowshan and Mashrabiah as employed in the Hedjazi houses at the west of Saudi Arabia



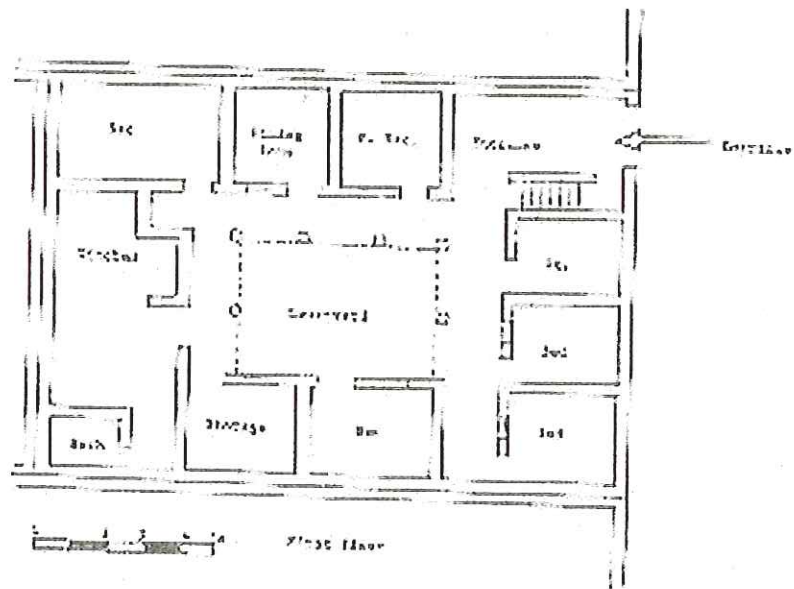
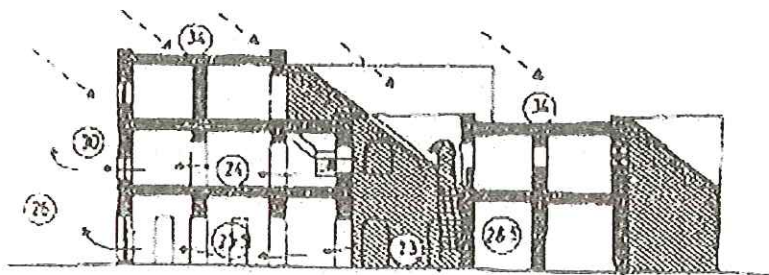
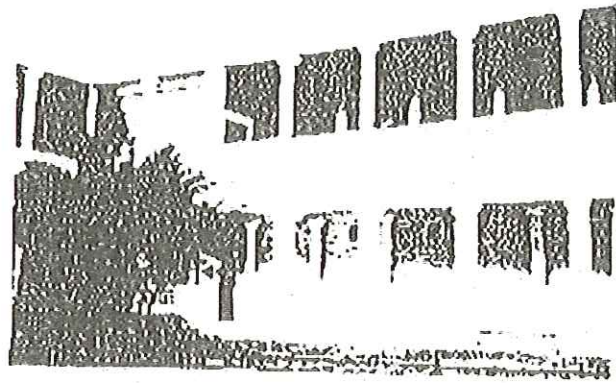
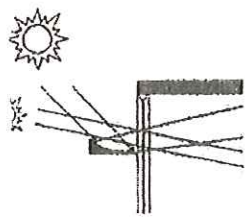
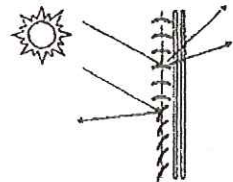


Figure 2 Traditional desert courtyard houses

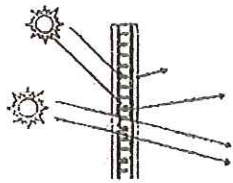




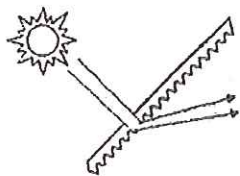
Lightshelf for redirection of sunlight



Louvres and blinds



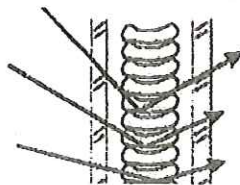
Laser cut panels



Prismatic panels



Holographic optical elements



Light guiding glass

Figure 3 Some advanced glazing systems



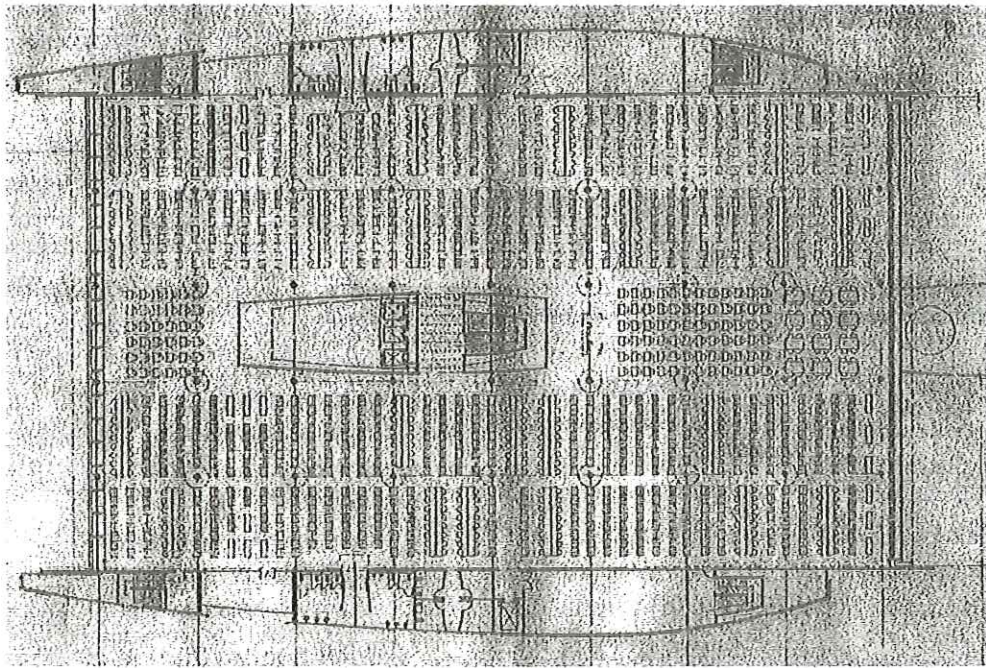


Figure 4 Plan of Phoenix Central Library

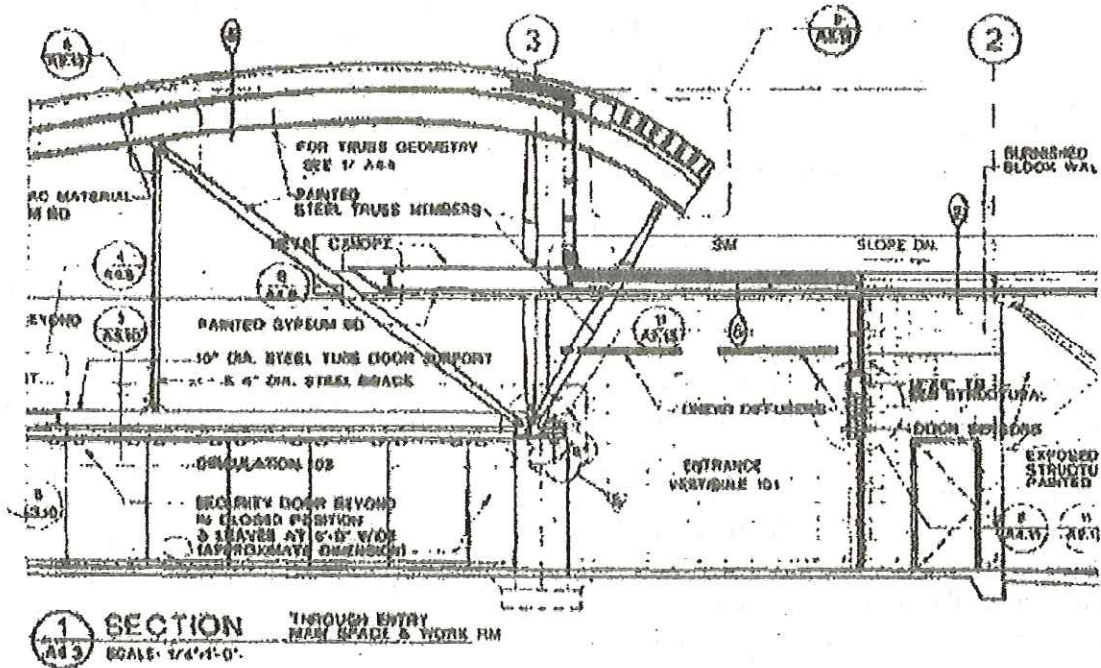


Figure 5 Section of College of the Desert



## 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 'vitrare inteligentă' (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 înorat 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<sup>2</sup> – praful fin din aer poate să o ridice la 10.000 cd/m<sup>2</sup>, în timp ce praful greu o poate reduce la 500 cd/m<sup>2</sup>.

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 disipării 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<sup>o</sup> 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 acesteia 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 perețele 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 luminatoare, 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 m<sup>2</sup> 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 corespunzător 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 coma 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 i 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 (llampeç, 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 comte 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 122hores 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 220Volts 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 altra banda a nivell de disseny de noves instal·lacions només és recomanable per instal·lacions de baixa potència instal·lada.

### **C) Tipus de Làmpades**

**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 incandescentes. 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 quantitius 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 Làmpada	Eficiència (lum/W)	Vida útil (hores)	Dimensions Emissor	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 Làmpada	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 tenir dades de consum,



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 te 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 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 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 tenim dades de consum,

Característiques de funcionament:

Tipus de llampada	Eficiència (lum/W)	Vida mitjana (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-	50-80	8000	Mitja	9-40W
Compactes	10-15	1000	Concentrat	15-1500W
Mescala	25	6000	Mitja	160-500W
VM	70-96	3000-6000	Petit	70-2000W
Halogenurs	70	60000	Mitja	55 i 85W

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
Mescala	Blanc	3600K	60
VM Halogenurs	Blanc	3000-4000K	70-95
Incidència	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% son 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





EDITURA MEDIAMIRA  
ISSN 1454-5837