

ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING

between regulations and reality

Florin POP

Technical University of Cluj-Napoca, Lighting Engineering Centre

Abstract

The paper analyses the concordance between the regulations concerning the energy efficiency of interior lighting in buildings and the state-of-the-facts of the existing installations. There are presented the outcomes of a study related to two areas of investigation - the EU countries, based on the data exposed in some of the last conferences proceedings and Romania - north-western area (area of the Lighting Engineering Centre activity), based on the data revealed by the statistics and lighting professionals' opinions. The study is targeted to the interconnection between standard illuminance levels, users needs and comfort, lighting control costs and implementation, installed power and energy consumption. Based on it, there is presented the recommended Energy Efficient Lighting in Ten Steps and the expectancy of their accomplishment in the near future in Romania, as a candidate country for the EU.

Performances on efficient lighting in European Union *(presentation based on the mentioned references)*

The primary function of an electric lighting installation is to enable people to see, in order to perform their tasks comfortably and safely. Direct energy use alone is an insufficient measure and itself must be carefully considered in relation to the overall design and aims of the project. For avoiding an undesirable outcome from an electric lighting installation which achieves energy-efficiency at the cost of lighting but makes people uncomfortable and puts their safety at risk, it is necessary to consider lighting quality as well as energy-efficiency when designing or evaluating lighting. An optimum solution is considering

all environmental issues – energy use, materials and equipment, maintenance programme, optimum quality of the light in space (photometric and colorimetric aspects), the users comfort and satisfaction.

Lighting systems design trends are dynamics both in time and between countries. The recommended illuminance level represents only one of the design parameters, but it is determinant for a lighting system. Beginning from 1930s, there was an increase in levels until the oil crisis (early 1970s) and then a decrease, with a large variation among countries – table 1

Table 1 Some illuminance levels recommended on EU countries – [14]

Country	Year	General Area	Task Area	Reading	Design
Austria	1984	500	---	---	750
Belgium	1992	300-750	500-1000	500-1000	1000
Czech Rep.		200-500	300-500	500	750
Denmark		200-500	---	500	1000
Finland	1986	150-300	500-1000	500-1000	1000-2000
France	1997	425	425	425	850
Germany	1990	500	500	-	750
UK	1994	500	500	300	750
Netherlands	1991	100-200	400-500	400	1600
Romania	2002	300	300-400	300	400
Russia	1995	300	300	300	500
Suisse	1997	500	300	500	1000
Sweden	1994	100	300	500	1500
CIE Guide	1996	500	500	500	750

Visual performance and visual comfort are not synonym factors. Muck and Bodman (1961) studies revealed that a high illuminance level may allow a better visual performance, but in the same time creating a visual discomfort. So, an optimum level of the illuminance could be at around of 2000 lx.

The EN 12464 (Lighting of work places) and EN 12665 (General terms and criteria for specifying lighting requirements) offer a new quality of further lighting installations – responsibility of the illumination design author for results of his work and responsibility of the users for proper maintenance of the installations. Their responsibilities will be under the legally and financially pressure. A minimum daylight factor is specified on the work plane so that at 3 m from the windows does not fall below 1%; this daylight will allow the use of suitable lighting controls to help manage and limit the energy use by electric lighting. The standard considers two zones on the working area – respectively the task and its immediate surrounding, the second being illuminated to at least 60% of that on the task. Comparative with a lighting system based on general lighting, a localised lighting system (for task area) with additional ambient lighting (for immediate surrounding) may fall the specific power from 10-15 W/m² to 6-10 W/m², representing about 50% savings [8].

A pilot study aimed to find the appropriate light distribution for carrying out visual task, while keeping a constant illuminance level within the task area [6]. The lighting installation was based on a conventional general lighting systems using a uniform array of suspended indirect/direct luminaires. The preferred light distribution was 44% downward and 56% upward.

Lighting in UK housing therefore has two problems [12, 15]. The first is how to encourage better lighting design, and the second is how to encourage greater energy efficiency. For the second there is the Building Regulations 2000 England and Wales, where is stipulated the use of light fittings that are only suitable with ‘low energy lamps’ – efficacy ≥ 40 lumens/circuit watt, in one location for every three rooms. The main matters to implement an energy efficient housing lighting consist on the limited range of domestic light fittings using fluorescent lamps, the preconceived ideas on the poor aesthetics of CFLs and that energy savings is only important for those on low incomes.

The requirements for non-domestic buildings are brief and functional performance statements: ‘to provide lighting systems which are energy efficient’.

An option in the Belgian regulations allowed a blanket 20 W/m² to be assumed as the lighting power [11].

The rate of the households owning a CFL covers the range from 0,8 CFLs per household in UK to more than 3 CFLs per household in Denmark. The SAVE projects have found that there is at least room for 8 CFLs per home [10, 12, 15].

An analysis on the lighting pattern in 100 Danish homes denotes that the monthly average lighting consumption varies between 5% and 21% of the total respective monthly consumption, and 24% of the lamps are energy efficient lamps (linear fluorescent lamps or CFLs).

Information is particularly scarce in the area of industrial lighting energy issues. An industrial lighting survey [18] carried out on 15 manufacturers on Turkey (not an UE country) denotes that 80% of the companies did not comply with the recommended illuminances. However, 85% of their users stated that they were happy with the illuminance levels and 19% considered the illumination level as sufficient. The company ratio that provide the required color specifications are 7%.

Four EU countries - Belgium, France, Greece, and Netherlands – had a detailed calculation procedure for lighting as part of their building energy requirement [11].

Lighting represents an important part of building energy consumption in the EU – around 10% of the total electricity consumption, ranging from 5% (Belgium, Luxemburg) to 15% (Denmark, Netherlands, and also Japan). The global electric lighting energy use may be split in four sectors: services 48%, residential 28%, industrial 16% and street lighting and other 8% [13]. Lighting electricity consumption accounts for about 20 to 30% of the total energy required by an office building [6]. On average, the investment cost of lighting facilities for an office building works out at around 1 to 2% of total investment. The power density for standard fluorescent lighting

installations varies from 13 to 20 W/m². Recent progress in equipment and design demonstrates the possibility to reduce these values in the range of 7 to 10 W/m² [6]. A minimum acceptable lighting power density of about 7 W/m² will lead to annual lighting consumption of 16 kWh/m². Dimming or extinction of lamps of ambient lighting may lead to annual consumption below 10 kWh/m² [6]. Based on the few comprehensive estimates studies, there is stipulated an approximate commercial sector lighting savings potential in the range of 25% to 40% [13]. In practice savings will vary by country, depending on existing baseline conditions. Energy saving measures in lighting must be accepted by the users and must be associated with an improvement of their standards working condition, having in mind even the fact that the annual lighting consumption of an office worker is of the order of one hour of the his/her salary cost [6].

A status of energy efficient lighting in Romania

National building energy regulations

The legal frame for an energy efficient lighting approach is constituted by the general set of laws, referring to the whole building or energy consumer: • Law 10/1995 “Law of the quality in constructions” which establish the quality system, one of its compulsory regulations to be achieved and maintained during the entire life of construction referring to the law energy level of consumption and energy savings. • Law 199/ 2000 “Law of the energy efficiency” according to the national policy on efficient use of energy, in conformity with the Energy Cart and Energy Efficiency and Environmental Protocol, which establish duties and stimulating measures for the energy producers and consumers regarding to its efficient use.

The countries entering to EU will reduce the national standards below 10% in relation with the European standards. For the moment, the interior lighting installations are guided by two national recommendations – SR 6646-97 - *Artificial lighting* and NP-061-02 - *Guide for design and execution of the buildings artificial lighting systems*. The specialists may also use

the Romanian translation of the CIE Guide on interior lighting and CIE 008/E-2001 – *Lighting of indoor work places*. Romanian norms include the recommended values of the illumination levels, maintenance factors and other parameters, but do not stipulate the specific requirement on energy efficiency for lighting equipment and systems, only the functional performance statement mentioned before: ‘to provide lighting systems which are energy efficient’.

Energy aspects

There are no many detailed information about the electric consumption of the residential customers. In 2000, the average electric energy production was at about 2315 kWh/person. In 1999, for 7.836.246 households, the electric energy consumption was 7841 GWh from the total of 45.320 GWh. A recent survey [2], reported to a reduce number of cases, denotes that the lighting in households is responsible of about 20-30% of the total electric energy consumption (measurements made in November). There is interesting to notice the important consume of about 20% of a very small appliance – water pump of the home heating unit -, due to its continuous working state.

A survey with 150 people (during the last five years) revealed the following values for the weighting factors of the main quality parameters (on the 1-10 scale) [16]: illuminance level of the working plane – 9; luminance contrast – visual task/background – 8; color rendering index – 7; energy efficiency – 9.

There are two natural barriers to implement an energy efficient lighting: economical and educational. The low level of people income (monthly average of about €125) does not permit the purchasing of energy efficient and color rendering lamps. The cost of a CFLs lamp - €4-8 - is about 10 times greater than GLS. The lighting knowledge is very poor even through the educated people, and there are now media dedicated programmes to improve it.

A questionnaire related with the energy efficiency in lighting was spread through the local area of the Lighting Engineering Centre

UTC-N, at about 30 lighting designers and dealers, receiving back a third part of them (it will be presented at the NAS-EnerBuild Budapest Workshop). The answers refer to the offices and small manufacturers. The installed specific power is in the range of 13–22 W/m², and 3-5 W/m²/100 lx for offices. There were not use the correlation with the daylight availability and users needs/presence due to the lack of interest from the owners. Some designers do not know the infrared control system. The weighted factors (in a 1-3 scale) for lighting features are the following: • importance of the control facilities – individual or building central - 1, zones of activity - 3; • mention the specific power – 3; • high technology ballasts and lamps – 2 to 3; • mention/use of the proper lamps (efficacy, color temperature, color rendering index) – 3; • energy labels – 1; • maintenance schedule – 1; • photometric measurements – 1 to 2; • lighting installation history book – 1. The national norms are considered unsatisfactory to acceptable.

Energy Efficient Lighting in Ten Steps

Significant savings in energy consumption, and therefore cost, of providing lighting without reducing standards can be achieved by applying an energy-effective-design approach to lighting installations. Many existing lighting installations are far from energy/cost effective.

Consequently, opportunities exist to convert them by using more efficient equipment to provide the same, or sometimes better, lighting for a lower energy consumption and cost. The objective is clearly to provide lighting to the quantity and quality standards required, with the minimum usage of electrical energy. To meet this basic requirement it is necessary to evaluate the equipment, techniques and services available for both existing and proposed installations [20]. The energy consumed by a lighting installation depends upon *the installed load* and *the hours of use*. It is important to know the energy consumption of an existing or proposed lighting installation when considering the cost-effectiveness of measures to improve its energy efficiency. Such

measures will usually cost money to implement but will reduce the future energy consumption. The hours of use of a lighting installation depend upon the occupancy patterns of the space, the daylight available in the space and the control system used. The ultimate aim must be to achieve the desired lighting solution at the lowest practical energy use. It is possible that a higher installed load combined with a suitable control system to give low hours of use will result in lower energy consumption than an alternative installation with a lower loading but poorer control. It is important to consider both aspects.

Even nowadays, the new and modernized lighting installations designed by young and devoted specialists meet requirements of new European standards, on the energy efficient and quality features. But to recommend a maintenance schedule is a “terra incognita” for entire lighting market.

The following basic rules for achieving energy-effective lighting should be considered, based on [16, 17, 19, 20]

- (1) Savings measures in respect of the users comfort and safety
- (2) Illuminance level in accordance with the task requirements
- (3) Most efficient lamps, according with adequacy of their parameters (color, life)
- (4) Luminaires lumen output and lighting system design to assure an optimum use of the lamps emitted lumens
- (5) Low level of power losses in the electric network by the right choose and design of the components
- (6) Correlation of the functioning schedule of the electric lighting installation with the daylight availability and users needs/presence
- (7) Flexibility of the illuminance levels and lit zones to adapt them to the space and time change
- (8) Adequacy of the energy electric tariff system to the specific consumers and the analysis of the hourly discriminatory tariff
- (9) Compensation of the reactive power
- (10) Maintenance schedule of the lighting installation on the design stage on an optimum methodology.

References

1. Bertoldi, P., *The European design competition "Lights of the Future" for energy-efficient lamp dedicated fixture: A successful example of market transformation*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
2. Beu, D., Pop F., *Residential and Commercial Survey for a Romanian Energy Efficient Lighting Program*, ENEF 2002, Banska Bystrica, 2002
3. Boyce, P.R. *Illuminance Selection Based on Visual Performance - and Other Fairy Stories*, Journal of the IES, Summer, 1996
4. Boyce P.R., Eklund, N.H., *Evaluating lighting quality*, Proceedings from the 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting, Newcastle upon Tyne, 1995
5. Dehoff, P., *The impact of changing light: on the well-being of people at work*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
6. Fontoynt, M., Escaffre, L., Marty, Ch., *Solutions for reducing lighting consumption and improving lighting quality in office buildings*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
7. Goven, T., Bangens, L., Persson, Bo, *Preferred luminance distribution in working areas*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
8. Goven, T., *Energy efficient lighting of indoor work places*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
9. Grzonkowski, J., Witakowski, W., *Standardisation of lighting in Poland*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
10. Kofod, C. *End-use analysis on domestic lighting*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
11. Littlefair, P., Slater, A., *Regulations for lighting in Europe*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
12. Loe, J., Jones, N., *A new and energy efficient approach to domestic lighting*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
13. Mills, E., *Why we're here: The \$230-billion global lighting energy bill*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
14. Mills, E., Borg, N. *Rethinking Light Levels*, IAEE newsletter, 1, 1998
15. Palmer, Jane, Boardman, Brenda, *DELIGHT, Domestic efficient lighting*, Technical report in the SAVE programme, University of Oxford, 1998
16. Pop, Mihaela, Pop, F., Chindris, M., *A quality approach of the lighting installations*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
17. de Ranitz H.E., *Quality lighting and energy saving: socially desirable "Yes", but what is be realised in*

- practice?* Proceedings from the 7th European Lighting Conference Lux-Europe, Edinburgh, 1993
18. Ünver, Rengin, *Visual comfort and industry buildings*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
 19. Walawalkar, M., *Computer aided efficient lighting design practices in developing countries*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
 20. * * * *Guía de ahorro y eficiencia energetica en iluminacion*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía - IDA, Comte Español de Iluminación, Madrid, 1994

Florin POP

Professor, Ph.D.

Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

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

Tel.: + 40.264.197254

Fax: + 40.264. 192055

e-Mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

Web: <http://bavaria.utcluj.ro/~florin>



Professor in Electrical Installations and Lighting, 1990. Ph.D. supervisor, 1994. Vice-president of the Romanian National Committee on Illumination, head of the 7th Division.

Co-ordinator and/or member of research projects and international co-operation on Tempus, Socrates, Leonardo

programs. Author/co-author of 15 titles printed by the national companies, participant at national and international conferences on lighting and electrical installations - Right Light, Lux Europa, Light&Lighting. Founding member of the Lighting Engineering Centre LEC - UTC-N (2000) and chief editor of the Ingineria Iluminatului review (1999)

Received at 25.01.2003

The paper was presented at the NAS EnerBuild Workshop Budapest, January 17-18, 2003

Questionnaire concerning with energy efficiency of the interior lighting installations

Please fill a sheet for every presented work.

By agreement, please mention your name, age, professional status/background, company and contact address (mail, tel./fax, e-mail)

1 Work title – Design unit (Designer), Executed unit (Constructor), Finalized Investment (Beneficiary), Lighting Offer (Dealer) – City, Year

2 Did you included in your design/executed/investment unit?

2.1 Correlated electric lighting with available daylight

YES (characteristics) / NO (why)

2.2 Correlated electric lighting with the users presence in the room

YES (characteristics) / NO (why)

2.3 Infrared individual control by users

YES (characteristics) / NO (why)

2.4 Other lighting control/command systems

characteristics

3 Please note the specific parameters of the lighting systems of some representative rooms

3.1 Room destination, area

3.2 Lighting equipment – lamp, ballast, luminaire

3.3 Average illuminance level, Installed Power, Installed Power Density - W/m^2

4 Please specify the importance which you consider for (low - 1, medium - 2, great - 3)

4.1 Lighting control facility

individual, zone/group, general on room, centralized on building

4.2 Installed Power Density

W/m^2 or/and $W/(m^2 \cdot 100\text{ lx})$

4.3 Equipment

electronic ballast, high technology lamps

4.4 Lamp characteristics

luminous efficacy, color temperature, rendering color index

4.5 Lamp energy label

4.6 Luminaire electric parameters

ballast losses, power factor

4.7 Maintenance of the lighting installation

included equipment on the design stage, periodical cleaning, fallen lamps change - individual or group

4.8 Photometric measurements

initial, periodical

4.9 Technical history book of the lighting installation

5. Please consider the present norms and regulations content (unsatisfactory - 1, acceptable - 2, good - 3)

I7-2002 (low voltage electrical installations), NP 061-2002 (Interior lighting), SR 6646 - 1, ..., 5 (working places and interior lighting systems)

6. Other considerations would you like to mention

EFICIENȚA ENERGETICĂ ÎN ILUMINAT

între reglementări și realitate

Rezumat

Lucrarea analizează concordanța între reglementările referitoare la eficiența energetică a iluminatului interior în clădiri și starea de fapt a instalațiilor existente. Sunt prezentate rezultatele unui studiu efectuat în două zone de investigare – țări ale UE, pe baza informațiilor din volumele de lucrări ale câtorva dintre cele mai recente conferințe și, respectiv, din România – aria de nord-vest (în care își desfășoară activitatea Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N), pe baza datelor statistice și a celor relevate de opiniile unor specialiști în iluminat. Studiul este orientat spre interconexiunea între nivelurile de iluminare standard, dorințele și confortul utilizatorilor, introducerea și costurile controlului în iluminat, puterea instalată și consumul de energie. Pe această bază este prezentată recomandarea unui Iluminat Eficient Energetic în Zece Pași și speranțele în îndeplinirea acestui deziderat în viitorul apropiat în România, țară candidată pentru UE.

Performanțe în iluminat eficient în Uniunea Europeană *(prezentare bazată pe referințele bibliografice menționate)*

Funcția primară a unei instalații electrice de iluminat este aceea de a asigura oamenilor posibilitatea de a vedea, pentru ca să-și îndeplinească sarcinile în confort și siguranță. Energia utilizată în mod direct nu este suficientă și ea însăși trebuie atent corelată cu scopurile și dezvoltarea proiectului în ansamblul său. Pentru a evita o instalație de iluminat eficientă în energie și costuri, dar care crează utilizatorilor disconfort și le pune sănătatea în pericol, este necesar să se considere calitatea iluminatului în aceeași măsură ca și eficiența energetică în proiectarea sau evaluarea unei instalații de iluminat. O soluție optimă este de a avea în vedere toate componentele ambientale – energie utilizată, materiale și echipament, program de întreținere, calitatea optimă a luminii în spațiul de activitate (aspecte fotometrice și colorimetrice), confortul și satisfacția utilizatorilor.

Tendențele proiectării sistemelor de iluminat sunt foarte dinamice. Nivelul de iluminare recomandat reprezintă doar unul dintre parametrii ce trebuie luați în considerare la proiectarea sistemelor de iluminat, dar el este întotdeauna determinant pentru un sistem. Începând cu anul 1930, nivelul de iluminare a cunoscut o schimbare rapidă în majoritatea țărilor. În prima fază a crescut, până la criza petrolului (începutul anilor 1970), după care a scăzut din nou, variația nivelului de iluminare de la o țară la alta fiind foarte mare – tabel 1.

Performanța vizuală și confortul vizual nu sunt doi factori sinonimi. Studiile lui Muck și Bodman (1961) demonstrează că este posibil ca un nivel de iluminare anumit să permită o performanță vizuală înaltă, dar în același timp să producă disconfort. Diferența este determinată de deosebirile între modurilor lor de evaluare. Performanța vizuală măsoară ceea ce poate fi făcut, în timp ce confortul vizual măsoară ceea ce este mai ușor de făcut. Aceasta sugerează că performanța vizuală și confortul vizual reprezintă două cerințe obligatorii, succesive în stabilirea nivelurilor de iluminare recomandate. Astfel, nivelul de iluminare optim se situează în jurul valorii de 2000 lx.

Reglementările EN 12464 (Iluminatul locurilor de muncă) și EN 12665 (Termeni generali și criterii pentru precizarea cerințelor în iluminat) oferă o nouă calitate a viitoarelor instalații de iluminat – responsabilitatea autorului proiectului de iluminat pentru rezultatele muncii sale și responsabilitatea utilizatorului (beneficiarului, investitorului) pentru o întreținere corespunzătoare a instalațiilor. Responsabilitățile lor vor fi urmărite legal și financiar. Este specificată o valoare minimă a factorului de lumina zilei pe planul de lucru, astfel încât la 3 m de la fereastră să nu coboare sub valoarea de 1%; această lumină naturală va permite utilizarea unui sistem de control al iluminatului adecvat, pentru a spijini programul de întreținere și pentru a limita utilizarea energiei în iluminatul electric. Standardul consideră două zone pe suprafața de lucru – respectiv sarcina și vecinătatea acesteia, cea de-a doua fiind iluminată cu cel puțin 60% din iluminarea sarcinii. Comparativ cu sistemul de iluminat

bazat pe iluminatul general, un sistem de iluminat localizat (pentru suprafața sarcinii) cu un iluminat ambiental aditional (pentru zona imediat învecinată) poate să reducă puterea specifică de la 10-15 W/m² până la 6-10 W/m², ceea ce reprezintă o economie de circa 50% [8].

Un studiu pilot a avut ca scop găsirea unei distribuții a luminii adecvate executării sarcinii vizuale, păstrând constant nivelul de iluminare pe suprafața de lucru [6]. Instalația de iluminat a fost convențională, un sistem de iluminat general cu amplasarea uniformă a corpurilor de iluminat suspendate cu distribuție directă-indirectă. Distribuția preferată a luminii a fost de 44% în jos și, respectiv, 56% în sus.

Iluminatul locuințelor în Marea Britanie cunoaște două probleme [12, 15]. prima constă în modalitatea prin care se poate încuraja o proiectare a iluminatului mai bună, iar a doua – modalitatea prin care se poate încuraja o eficiență energetică mai mare. pentru cea de-a doua există Reglementările Clădirilor 2000 Anglia și Țara Galilor (Building Regulations), în care este stipulată utilizarea doar a acelor armături care sunt adaptate “lămpilor cu energie scăzută” – eficacitatea ≥ 40 lm/circuit watt, în cel puțin o locație la fiecare trei încăperi. Problema principală constă în gama limitată a unor armături cu lămpi fluorescente pentru locuințe, și a ideilor preconcepuate privind aspectul estetic scăzut determinat de lămpile fluorescente compacte și a faptului că economiile de energie ar fi importante doar pentru cei cu venituri mici.

Cerințele pentru clădiri cu alte destinații decât locuințe sunt puține și constau în referiri funcționale ‘utilizarea unor sisteme de iluminat care sunt eficiente energetic’.

Reglementările belgiene oferă o limită de 20 W/m² pentru puterea în iluminat [11].

Rata locuințelor echipate cu lămpi fluorescente compacte este de la 0,8 unități pe locuință în Marea Britanie până la peste 3 unități pe locuință în Danemarca. Studii efectuate în programul SAVE sugerează o limită de 8 lămpi fluorescente compacte pe locuință [10, 12, 15].

O analiză a comportării iluminatului în 100 de case din Danemarca evidențiază un consum mediu în iluminat între 5% și 21% din consumul

total și că 24% din lămpi sunt economice (lămpi fluorescente liniare sau compacte).

Informațiile sunt sărace în privința consumului de energie în iluminatul industrial. O analiză a iluminatului industrial [18] efectuată în 15 societăți de producție din Turcia (care nu este, însă, o țară membră UE) denotă că 80% din societăți nu îndeplinesc nivelurile de iluminare recomandate. Cu toate acestea, 85% din utilizatori consideră că ei sunt foarte satisfăcuți de nivelurile de iluminare și 19% consideră că nivelul de iluminare este suficient. Societățile care asigură cerințele colorimetrice sunt de 7%.

Patru țări europene - Belgia, Franța, Grecia și Olanda – dispun de o procedură de calcul detaliată pentru iluminat, ca parte a cerințelor energetice ale clădirii [11].

Iluminatul reprezintă o parte importantă a consumului de energie în clădiri în UE – în jur de 10% din totalul consumului de electricitate, mergând de la 5% (Belgia, Luxemburg) la 15% (Danemarca, Olanda și, de asemenea, Japonia). Consumul de energie electrică în iluminat global (la nivel mondial) poate fi secționat în patru sectoare: servicii 48%, rezidențial 28%, industrial 16% și rutier (public) și alte aplicații 8% [13]. Consumul de electricitate în iluminat este de la 20 până la 30% din consumul de energie total al unei clădiri de birouri [6]. În medie, costurile de investiții în facilitățile de iluminat pentru o clădire de birouri sunt la nivelul de 1 - 2% din investiția totală. Puterea instalată specifică pentru instalațiile de iluminat fluorescent standard variază de la 13 la 20 W/m². Progrese recente în echipament și proiectare demonstrează posibilitatea de a reduce acest nivel până la 7 - 10 W/m² [6]. Un minimum acceptabil al puterii instalate specifice în iluminat de circa 7 W/m² va conduce la obținerea unui consum anual în iluminat de 16 kWh/m². Regajul sau deconectarea lămpilor iluminatului ambiental ar putea să reducă consumul anual sub 10 kWh/m² [6]. Pe baza unor puține studii comprehensive de evaluare, se consideră că în sectorul comercial există un potențial de economisire a energiei în iluminat de aproximativ 25 - 40% [13]. În practică, economiile vor varia de la țară la țară, în funcție de condițiile de bază existente. Măsurile de economisire a energiei

trebuie să fie acceptate de utilizatori și trebuie să fie asociate cu o îmbunătățire a condițiilor de muncă, având în vedere chiar și faptul că consumul anual în iluminat pentru un funcționar din birouri este de ordinul a unei ore din salariul acestuia [6].

O imagine a eficienței energetice în iluminat în România

Reglementări naționale privind energia în clădiri

Cadrul legal pentru o abordare eficientă energetic în iluminat este constituit de pachetul general de legi ce se referă la întreaga clădire sau la consumatorul de energie: • Legea 10/1995 “Legea calității în construcții” care instituie sistemul calității, una din condițiile sale obligatorii care trebuie îndeplinită și asigurată pe întreaga durată de viață a construcției referindu-se la nivelul scăzut al consumului de energie și la economiile de energie. • Legea 199/ 2000 “Legea eficienței energiei” în concordanță cu politica națională a utilizării eficiente a energiei, în conformitate cu Carta Energiei și Protocolul Eficienței Energiei și Mediului, care stabilește îndatoriri și măsuri stimulatoare pentru producătorii și consumatorii de energie privind utilizarea eficientă a sa.

Țările ce intră în UE vor reduce standardele naționale sub 10% în relația cu standardele europene. În prezent, instalațiile de iluminat interior sunt ghidate de două recomandări naționale - SR 6646-97 – *Iluminatul artificial* și NP-061-02 - *Ghid pentru proiectarea și executarea sistemelor de iluminat artificial pentru clădiri*. Specialiștii pot să folosească traduceri în românește ale *CIE Guide on interior lighting* și *CIE 008/E-2001 – Lighting of indoor work places*. Normele românești menționează niveluri de iluminat recomandate, factori de întreținere și alți parametri, dar nu stipulează cerințe specifice de eficiență energetică pentru echipamentul și sistemul de iluminat, doar performanțele funcționale menționate anterior: ‘utilizarea unor sisteme de iluminat care sunt eficiente energetic’.

Aspecte energetice

Sunt puține informații privind consumul de energie electrică în sectorul rezidențial. În

2000, producția medie de energie electrică a fost în jur de 2315 kWh/persoană. În 1999, consumul de energie electrică pentru 7.836.246 locuințe a fost de 7841 GWh dintr-un total de 45.320 GWh. Un studiu recent [2] raportat la un număr redus de cazuri, evidențiază că iluminatul în locuințe este responsabil pentru 20-30% din consumul de energie electrică total (măsurători efectuate în luna Noiembrie). Este interesant de notat un consum important de circa 20% a unui receptor foarte mic – pompa de apă a microcentralei termice de apartament, datorită regimului de funcționare continuu.

Un studiu la care au participat 150 de persoane (pe durata ultimilor cinci ani) a scos în evidență următoarele valori ale factorilor de ponderare pentru principalii parametri de evaluare a calității iluminatului interior (pe o scară valorică de la 1 la 10) [16]: nivelul de iluminare pe planul de lucru – 9; contrastul de luminanță sarcină vizuală/fond – 8; indicele de redare a culorii – 7; eficiența energetică – 9.

Există două bariere naturale pentru implementarea unui iluminat eficient energetic: economică și educațională. Nivelul scăzut al venitului populației (în medie de €125 pe lună) nu permite cumpărarea unor lămpi eficiente energetic, cu caracteristici de redare a culorilor superioare. Costul unei lămpi fluorescente compacte - €4-8 – este de circa 10 ori mai mare decât al lămpilor cu incandescență normale. Cunoașterea noțiunilor de iluminat este extrem de redusă chiar și printre persoanele cu studii superioare (educate), și nu există programe media dedicate îmbunătățirii acestora.

Un chestionar privind eficiența energetică în iluminat a fost distribuit în zona Centrului de Ingineria Iluminatului – Transilvania – la circa 30 proiectanți și comercianți, primind răspunsuri de la o treime. Răspunsurile se referă la birouri și mici societăți de producție. Puterea instalată specifică este de 13 – 22 W/m², respectiv 3-5 W/m²/100 lx pentru birouri. Nu se face corelarea iluminatului electric cu lumina naturală disponibilă și cu prezența/dorințele utilizatorilor, în principal datorită lipsei de interes din partea investitorului. Unii proiectanți nu cunosc sistemul de comandă în infraroșu.

Factorii de apreciere (într-o scară de la 1 la 3) pentru anumiți parametri ai iluminatului sunt următorii:

- importanța facilităților de control - individual sau centralizat pe clădire - 1, pe zone de activitate - 3;
- menționarea în proiect a puterii instalate specifice - 3;
- utilizarea lămpilor/balasturilor de înaltă tehnologie - 2 la 3;
- menționarea/folosirea lămpilor adecvate (eficacitate, temperatură de culoare, indice de redare a culorilor) - 3;
- etichetarea energetică - 1;
- program de întreținere - 1;
- măsurări fotometrice - 1 to 2;
- cartea tehnică a instalației de iluminat (cu istoricul acesteia) - 1.

Normele naționale sunt considerate nesatisfăcătoare spre acceptabile.

Iluminat eficient energetic în 10 pași

Economii semnificative în consumul de energie electrică, și astfel în costuri, prin asigurarea unui iluminat fără reducerea standardelor poate fi obținut aplicând o proiectare eficientă energetic a instalațiilor de iluminat. Multe instalații în funcțiune sunt departe de a fi corespunzătoare sub aspectul energie/cost. Desigur, există oportunități pentru a le converti prin utilizarea unui echipament mai eficient ce oferă aceeași sau, uneori, mai bună lumină cu un consum de energie și costuri mai scăzute. Obiectivul clar este cel de a oferi lumina la standarde de calitate și cantitate, cu un consum minim de energie. Pentru a putea îndeplini aceste cerințe de bază este necesar să fie evaluat echipamentul, tehnica și serviciile disponibile pentru ambele tipuri de instalații: existente și proiectate.[20]. Energia consumată de iluminat depinde de *puterea instalată* și de *numărul orelor de funcționare*. Este important să se cunoască consumul de energie pentru o instalație existentă sau propusă când se iau în considerare eficiența costurilor măsurilor de îmbunătățire a eficienței energetice. Astfel de măsuri costă bani pentru a fi introduse, dar vor reduce consumul de energie viitor. Orelor de funcționare a instalației de iluminat depind de

modul de ocupare a încăperilor, lumina naturală disponibilă și sistemul de control folosit. Scopul final trebuie să fie cel al obținerii soluției de iluminat dorite la cel mai scăzut nivel de energie consumată. Este foarte probabil ca o instalație cu o putere instalată mare combinată cu un sistem de control eficient să conducă la un număr scăzut de ore de funcționare și, astfel, să rezulte un cosum de energie redus, spre deosebire de o instalație cu sarcină redusă dar cu un control de slabă calitate. Este important să fie luate în considerare ambele aspecte.

În prezent, instalațiile noi și modernizate proiectate de tineri specialiști întrunesc condițiile cerute de noile standarde europene, cu considerarea parametrilor de calitate și eficiență. Însă, a recomanda un program de întreținere este o "terra incognita" pentru întreaga piață a iluminatului.

Se pot avea în vedere următoarele reguli de bază pentru obținerea unui iluminat eficient energetic [Pop, de Ranitz, San Martin, Walawalkar]

- (1) Măsuri de economisire cu considerarea confortului și siguranței utilizatorilor
- (2) Niveluri de iluminare în concordanță cu cerințele sarcinii
- (3) Cele mai eficiente lămpi, cu parametri corespunzători (culoare, durată de viață)
- (4) Caracteristicile corpurilor de iluminat și ale sistemului de iluminat proiectat să asigure utilizare optimă a fluxului luminos emis de lămpi
- (5) Nivel scăzut al pierderilor de putere în rețeaua electrică prin proiectarea și alegerea corectă a componentelor
- (6) Corelarea programului de funcționare al instalației electrice de iluminat cu lumina naturală disponibilă și prezența/dorințele utilizatorilor
- (7) Flexibilitatea nivelurilor de iluminare și a zonelor iluminate pentru a se putea adapta schimbărilor în spațiu și timp
- (8) Adoptarea unui sistem de tarifyare a energiei electrice pentru consumatori specifici și analiza unui tarif orar discriminator
- (9) Compensarea puterii reactive
- (10) Program de întreținere prevăzut cu o metodologie de lucru optimă din faza de proiectare a instalației de iluminat