

LIGHTING IN THE NEW WORLD

Cristian ȘUVĂGĂU
BC Hydro, Vancouver

The ASHRAE/ IESNA Energy Code

The world is dependent on energy - for home, office, industry, lighting, heating, fuel, transportation and all delivery of goods. In the mid 70's, the Middle Eastern oil export embargo has found North America and most of the Western world, with weak national policies on energy issues, and generally high consumption, triggering a world-wide energy crisis. On a positive note, the 70's energy crisis was a significant wake-up for the way the whole world was using and consuming energy. Many states have since then revised their energy policies and downsize the energy consumption, in parallel with significant research and investments in alternative non-fossil energies.

While important measures have been focused on producing energy more efficiently in United States and Canada, a significant effort was orientated to the efficient energy consumption as well. It has been estimated that as much as 40% of the energy that used to heat, cool and illuminate buildings would be saved through the effective application of existing technology without reducing building performance or occupant comfort.

Therefore in 1973, NCS/BCS (National Conference of States on Building Codes and Standards) solicited recommendations on content of standards to become basis for energy codes for buildings. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers) started to develop an energy code in 1974 and a year later the first version, ASHRAE standard 90-75 was published. Politicians got involved and the

energy code for building has been continuously reviewed and its endorsement debated. In 1989 the ASHRAE standard 90.1 was adopted as national energy policy and became energy law for buildings in all of the 50 American states.

ASHRAE/IESNA standard 90.1-1989

The standard is aimed at new buildings except low-rise residential buildings. It was approved and published jointly by ASHRAE and IESNA (Illumination Engineering Society of North America). ASHRAE/IESNA 90.1 covers the building envelope lighting, power and HVAC with the purpose to:

- set minimum requirements for energy efficiency in new buildings
- provide criteria for evaluating the energy efficiency of the design
- provide guidance for sound design

The document does not dictate design procedure, but the maximum power that may be used for the lighting. The lighting designers and engineers are given the mandate to design and select the appropriate lighting equipment that meets the wattage limitations and also provides adequate lighting. Also 90.1 focuses on comfort conditioning rather than industrial, manufacturing or commercial purposes.

Lighting requirements for 90.1-1989 cover all interior and exterior lighting for new constructions except lighting for: stage/television, audio-visual presentation, outdoor sport arenas, displays for museum and art galleries, signs, plant grow as well as for medical/ dental luminaires.

In order for a lighting design to comply with the standard, it has to satisfy several general and mandatory requirements and the proposed calculated lighting power should be less than the estimated LPA (Lighting Power Allowance).

General requirements

- **Ballasts:** all ballasts must have a power factor of 0.9 or greater, except for CF, HID under 100W and dimming ballasts. Ballasts for T12 lamps must meet given minimum BEF (Ballast Efficiency Factors represents the ratio between the Ballast Factor in percents and the power input to the lamp-ballast system) values.
- **Controls:** all lighting, except for emergency or exit, must be controlled with manual, automatic or programmable controls, located within the room. Each room should have a minimum of one control. Additional controls are required depending on the size of the room, number of task locations and total connected load. For example, office tasklights may be counted as additional controls if they are readily accessible. Occupancy sensors for daylighted spaces must have manual-on or photocell-on override. The standard offers control credits; a multiplier can reduce interior lighting load if automated controls are used.

Compliance Calculation Paths

Interior and exterior calculated power for lighting must not exceed their calculated LPA. The LPA value is a sum of the building's ILPA (Interior Lighting Power Allowance) and the ELPA (Exterior Lighting Power Allowance) values.

For interior lighting, the designer has a choice of two calculation pathways/ methods for the ILPA:

- **Prescriptive Criteria** – simple criteria based on building type only; fast but with limited accuracy and flexibility.
- **System Performance Criteria** – greater flexibility and accuracy; requires more detailed and time-consuming procedure.

For exterior lighting, the ELPA is easier to calculate tabulated values per area type.

In a multi-building facility ILPA and ELPA must be calculated separately and trade-offs involving ILPA or ELPA are not allowed.

Prescriptive Criteria

This calculation method is based on the primary occupancy for which the building is intended (offices, retail, school, etc.). The ILPA (in Watts) is calculated as a product between UPLA (Unit Power Lighting Allowance- W/ft^2) and Gross Lighted Area. UPLA maximum values are tabulated function of size ranges for the lighted areas. Where building occupancies are different and each over 10% of the total building surface, they can be processed separately and then ILPA's totalled.

System Performance Criteria

This method is much more detailed and time consuming than the PC but much more accurate; requires knowledge of how space will be used. The system calculates the LPB (Lighting Power Budget) for each area within the space and then totals them; LPB is a product between the UPD (Unit Power Density - W/ft^2), the AF (Area Factor for the room) and A (the space area - ft^2).

UPD values are tabulated and given according to the area and activity much like the illuminance values in the IESNA guidelines. AF's have to be determined from a diagram function of the space area (A) and a family of curves that represent various ceiling heights. The process could go on a room-by room or same activity area basis.

For example, let's calculate the LPA for a McDonald's Restaurant with 4,000 ft^2 :

- **Prescriptive Method** - under this method the building would be allowed an UPLA of 1.34 W/ft^2 resulting in an LPA of 5520 Watts.
- **System Performance Criteria** – the building was broken into specific activity spaces and given the proper ceiling height. The UPD tabulated values vary from 1.4 W/ft^2 for the kitchen, to 1.3 W/ft^2 for eating area and to 0.8 W/ft^2 for corridors and washrooms.

The total value for the LPA is 6080 Watts under this method.

ASHRAE/IESNA standard 90.1-1999

In its first version, the code has been criticised for its disadvantages and therefore was subject to multiple revisions mainly as a result of market feedback. The latest version represents a complete revision of ASHRAE/ IESNA 90.1-1989. Reorganised for ease of use, the new 90.1-1999 standard clarifies requirements and provides simplified compliance paths as well as separate tables for imperial (IP) and metric (SI) units. More importantly, the 1999 edition expands the code's scope to new and existing buildings and systems.

Changes in the Document

The lighting section has also been revised. Changes in this section are intended to encourage energy conservation, primarily by requiring the use of lighting controls and creating total building wattage limitations. Both interior and exterior applications are included. These revisions include:

- Interior lighting control requirements are designed to ensure that lighting is turned off when facilities are unoccupied (except where safety or security is involved), primarily through programmable building lighting controls and occupancy sensors.
- Exterior lighting control requirements are designed to ensure that the lights are off during daylight hours, primarily through photosensors.
- There are individual manual control requirements for accent, task, and demonstration lighting. The connected power associated with the following lighting equipment is not included for the calculation of the total connected lighting power: *specialised medical, dental and research lighting, professional sports arena and playing field lighting, display lighting (for exhibits galleries, museums, and monuments), guest room lighting (in hotels, motels, etc.), emergency lighting automatically off during normal building operation.*

The standard specifies limits on the total wattage used for lighting throughout a building

by establishing a total LPA (lighting power allowance). The ILPA (Interior LPA) is calculated as the product between the building/specific area square footage and the LPD (Lighting Power Density - total lighting W/ft² specified for that building type). Using LPD tables, ILPA can be determined in two ways:

- *Building area method:* LPD tabled information for building type. Total wattage may be used at the lighting designers discretion.
- *Space-by-space method:* Wattage for each individual space is allowed to build a total lighting wattage budget. This budget can be used as the lighting designer chooses.

LPD values for both individual spaces and whole buildings have been developed by IESNA using currently available efficient lamp/ballast/fixture data, and illuminance values from current IESNA illuminance recommendations. In this way, the needs of the occupants are taken into account and energy-efficient design is promoted through the resulting lighting power densities (see www.iesna.org).

Additional lighting power is allowed for decorative lighting, luminaires designed to minimize glare on VDT screens, and retail accent lighting. If this lighting equipment is not installed, no additional power is allowed.

The standard also specifies limits on the total wattage used for exterior building entrance and exit lighting by establishing a total exterior lighting power budget. This is determined by totalling the lighting power allowed for all exits, entrances, and canopied areas of entrances. This budget can be used at the lighting designer discretion.

Additional lighting power is also allowed for facade lighting. This power budget is based on the total area of the exterior building surface being illuminated. It is not part of the total

exterior lighting budget and is only allowed if façade lighting is installed.

Code Enforcement

The USA Energy Policy Act (EPAct) requires each state to certify that their energy codes meet or exceed the ASHRAE/ IESNA Standard 90.1-1989. Also EPAct requires that the US Department of Energy (DOE) evaluate subsequent revisions of the standard to determine whether they improve energy efficiency in commercial buildings. The DOE posted results of its quantitative analysis on its own web site at www.eren.doe.gov. The report observes that the 1999 edition could increase the energy efficiency with 8-12% when compared with the 1989 edition.

ASHRAE/ IESNA Standard 90.1-1999 has already begun to be incorporate in US states energy codes and is set to be adopted by all the American states by the end of 2002. Moreover, the 1999 standard has been included in the International Energy Conservation Code (IECC) model 2000 code proposed by the International Code Council (ICC).

Canada has supported the 90.1-1989 standard as well, however the regulations are not enacted at federal levels, but left with the municipalities. At present, not all the Canadian municipalities endorse this particular energy code. Some municipalities have begun to enforce the 1999 edition over the old standard. Also, Canada has developed its own energy code, the Model Energy Code for Buildings (MNECB) in 1995, that differs from the ASHRAE/IESNA code by referencing Canadian standards and regulations, using metric (SI) units and including only enforceable requirements.

In conclusion, the ASHRAE/IESNA energy code offers only minimum energy standards. Consequently, property owners and their design professionals are urged to exceed these minimums to create more productive, profitable and comfortable environments.

Next episode: Current and upcoming research topics in lighting

Cristian ȘUVĂGĂU
PhD, P.Eng, Lighting Engineer
LC, MIES, MCIE

BC Hydro, Power Smart
Suite 900, 4555 Kingsway
Burnaby, BC, V5H 4T8, Canada

Tel.: + 604 - 453-6478
Fax. + 604 - 453-6286
e-Mail: cristian.suvagau@bchydro.bc.ca



Lighting engineer at BC Hydro, in Vancouver, Canada. Member of CIE and IESNA Board of Directors for BC. Numerous lighting research, technical articles and project designs for institutional, commercial and industrial indoor and outdoor facilities in North America. Received his doctorate from the Technical University of Construction Bucharest in 1995. Assistant Professor at the Lighting and Electrical Installations Chair, Faculty of Installations, UTCB until 1995.

Received at 17.04.2002

ILUMINATUL ÎN LUMEA NOUĂ

Codul energetic ASHRAE/IESNA

Lumea este dependentă de energie – pentru locuințe, birouri, industrie, iluminat, încălzire, combustibil, transport și toate livrările de bunuri. La mijlocul anilor '70, embargoul exportului de petrol din Estul Mijlociu a găsit America de Nord și majoritatea Vestului, cu politici naționale șubrede privind problemele legate de energie și, în general, privind consumul ridicat, cauzând o criză energetică în toată lumea. Ca o notă pozitivă, criza energetică a anilor '70 a fost momentul de revelație asupra modului în care întreaga lume utiliza și consuma energia. Multe state și-au revizuit apoi politicile energetice și au redus consumul de energie, în paralel cu desfășurarea unor cercetări și investiții semnificative în energii alternative non-fosile.

Statele Unite și Canada au luat măsuri importante pentru producerea mai eficientă a energiei și, de asemenea, au făcut eforturi semnificative pentru un consum energetic eficient. S-a estimat că 40% din energia utilizată pentru încălzirea, climatizarea și iluminatul încăperilor ar putea fi economisită printr-o aplicare eficientă a tehnologiei existente, fără a reduce performanțele clădirii sau confortul ocupanților. De aceea, în 1973, NCS/BCS (Conferința Națională a Statele Unite privind codurile și standardele clădirilor) a solicitat recomandări astfel încât standardele să constituie baza codurilor energetice pentru clădiri. ASHRAE (Societatea Americană a Inginerilor de Încălzire, Frigorifice și Climatizare) a inițiat un cod energetic în 1974 și, un an mai târziu, a fost publicat primul standard ASHRAE 90-75. Politicienii s-au implicat și codul de energie pentru clădiri a fost continuu revizuit și s-a dezbătut aprobarea sa. În 1989 a fost adoptat standardul ASHRAE 90.1 ca politică națională energetică și a devenit legea privind energia pentru clădiri în toate cele 50 de state americane.

Standardul ASHRAE/IESNA 90.1 – 1989

Standardul este destinat noilor clădiri, cu excepția spațiilor rezidențiale de mică înălțime. S-a aprobat și publicat de către ASHRAE împreună cu IESNA (Societatea de Inginerie a Iluminatului din America de Nord). Standardul ASHRAE/IESNA 90.1 acoperă iluminatul, alimentarea cu energie și HVAC (încălzire, ventilare, aer condiționat) pentru anvelopa clădirii, cu scopul:

- de a stabili cerințele minime de eficiență energetică în noile clădiri;
- de a asigura criteriile de evaluare a eficienței energetice a proiectului;
- de a oferi un ghid de proiectare acustică.

Documentul nu impune procedura de proiectare, doar puterea maximă care poate fi utilizată pentru sistemul de iluminat. Proiectanții și inginerii în iluminat trebuie să proiecteze și selecteze echipamentul de iluminat corespunzător, care să se încadreze în limitele de putere și, de asemenea, să asigure iluminatul adecvat. De asemenea, standardul 90.1 este orientat mai mult spre

asigurarea condițiilor de confort, decât în scopuri industriale, de producție sau comerciale.

Cerințele iluminatului pentru standardul 90.1 – 1998 acoperă întregul iluminat interior și exterior pentru noile construcții, cu excepția iluminatului pentru prezentări audio-video, TV, arene sportive în aer liber, galerii de artă, muzee, indicatoare, cultivarea plantelor precum și corpurile de iluminat pentru stomatologie. Pentru ca un proiect de iluminat să respecte standardul, el trebuie să respecte câteva cerințe generale și obligatorii, iar puterea calculată să fie mai mică decât puterea limită admisibilă - *LPA*.

Cerințe generale

- *Balasturi*: toate balasturile trebuie să aibă un factor de putere de 0,9 sau mai mare, cu excepția lămpilor fluorescente compacte (CF), a lămpilor cu vapori de mercur cu ioduri (HID) sub 100 W și a balasturilor variatoare (dimming). Balasturile pentru lămpile T12 trebuie să respecte valorile minime ale factorului de eficiență a balastului (BEF – reprezintă raportul dintre factorul balastului, în procente, și puterea de intrare în sistemul lampă-balast).
- *Sisteme de control*: întregul iluminat, cu excepția iluminatului de evacuare și urgență, trebuie să fie prevăzut cu sisteme de control manual, automat sau programabil, localizate în interiorul încăperii. Fiecare încăpere ar trebuie să fie prevăzută cu minim un sistem de control. Sisteme de control adiționale sunt necesare în funcție cu dimensiunea încăperii, numărul locațiilor sarcinii vizuale și puterea totală conectată. De exemplu, sistemele de iluminat al diferitelor sarcini în birouri pot fi considerate ca sisteme adiționale, dacă sunt ușor accesibile. Senzorii de prezență pentru spațiile cu iluminat natural trebuie să dispună de dispozitive de conectare manuale și cu fotocelulă. Standardul oferă credite de control; un multiplicator poate reduce puterea iluminatului interior dacă sunt utilizate sisteme de control automate.

Metode de calcul de conformitate

Puterea calculată iluminatul interior și exterior nu trebuie să depășească valoarea admisibilă *LPA*. Valoarea *LPA* este suma dintre *ILPA* (puterea limită admisibilă a iluminatului interior) și *ELPA* a clădirii (puterea limită admisibilă a iluminatului exterior).

Pentru iluminatul interior, proiectantul poate alege dintre două metode de calcul pentru *ILPA*:

- *Criterii Prescriptive* – criterii simple bazate numai pe tipul clădirii; rapide, dar cu acuratețe și flexibilitate limitate;
- *Criterii de Performanță a Sistemului* – flexibilitate și acuratețe mai mare; necesită o procedură mai detaliată și mai îndelungată.

Pentru iluminatul exterior, *ELPA* este mai ușor de calculat pe baza valorilor tabelare pe tip de suprafață. Într-o clădire multi-funcțională, *ILPA* și *ELPA* trebuie calculate separat și schimburile care implică *ILPA* sau *ELPA* nu sunt permise.

Criterii Prescriptive

Metoda de calcul se bazează pe funcția primară a clădirii (birouri, centre de afaceri, școli etc). *ILPA* (în watt) se calculează ca produsul dintre *UPLA* (puterea unitară admisibilă a iluminatului – W/ft^2) și suprafața totală iluminată. Valorile maxime ale *UPLA* sunt prezentate tabelar în funcție de dimensiunea suprafeței iluminate. Dacă activitățile desfășurate în clădire sunt diferite și dacă fiecare acoperă peste 10% din suprafața totală a clădirii, acestea pot fi calculate separat și apoi *ILPA*-urile totalizate.

Criterii de Performanță a Sistemului

Această metodă este mult mai detaliată și consumatoare de timp decât cea anterioară, dar oferă mult mai multă acuratețe; necesită cunoștințe asupra utilizării spațiului. Sistemul calculează *LPB* (Bugetul de Putere al Iluminatului) pentru fiecare suprafață din interiorul spațiului și apoi le totalizează; *LPB* este produsul dintre *UPD* (Densitatea de Putere Specifică – W/ft^2), *AF* (Factorul de Suprafață al încăperii) și *A* (aria încăperii – ft^2).

Valorile *UPD* sunt prezentate tabelar, în conformitate cu suprafața și activitatea, într-un mod foarte asemănător cu valorile iluminărilor din ghidul IESNA. *AF* se va determina din diagramă, în funcție de suprafața încăperii și o familie de curbe care reprezintă diferite înălțimi ale tavanului. Procesul se derulează pentru fiecare cameră sau pe zone cu activități identice.

De exemplu, se va calcula *LPA* pentru un Restaurant McDonald cu o suprafață 4000 ft^2 :

- *Metoda Prescriptivă* – clădirea permite o *UPLA*=1,34 W/ft^2 , rezultând *LPA*=5520 W.
- *Criterii de Performanță a Sistemului* – clădirea a fost împărțită în spații cu activitate specifică, cu o înălțime corespunzătoare a tavanului. Valoarea tabelară a *UPD* variază de la 1,4 W/ft^2 pentru bucătărie la 1,3 W/ft^2 pentru zona de luat masa și la 0,8 W/ft^2 pentru coridoare și băi. Valoarea totală *LPA*=6080 W.

Standardul ASHRAE/IESNA 90.1-1998

În prima sa versiune, codul a fost criticat pentru dezavantajele sale și, prin urmare, a fost supus mai multor revizui, în principal ca rezultat al reacției pieței. Ultima versiune reprezintă o revizuire completă a standardului ASHRAE/IESNA 90.1-1989. Reorganizat pentru a fi utilizat cu ușurință, noul standard 90.1-1999 clarifică cerințele și asigură metode de conformitate simplificate, precum și tabele separate pentru unitățile imperiale (IP) și metrice (SI). Mai important este faptul că ediția 1999 extinde scopul codului la sisteme și clădiri noi și existente.

Modificări ale Documentului

Secțiunea privind iluminatul a fost, de asemenea, revizuită. Modificările în această secțiune intenționează să încurajeze conservarea energiei, în principal prin cerința privind utilizarea sistemelor de control al iluminatului și prin crearea limitelor de putere totală a clădirii. Sunt incluse atât aplicații interioare cât și exterioare. Aceste revizui includ:

- Cerințele privind controlul iluminatului interior au rolul de a asigura că iluminatul este deconectat când spațiile nu sunt ocupate (exceptând situațiile în care sunt implicate siguranța și securitatea), în principal prin

introducerea sistemelor de control programabile și a senzorilor de prezență.

- Cerințele privind controlul iluminatului exterior sunt desemnate pentru a asigura că luminile se sting pe parcursul orelor din zi, în principal prin intermediul fotosenzorilor.
- Există cerințe privind controlul manual individual pentru iluminatul demonstrativ, al sarcinii și de accent. Puterea conectată asociată cu următoarele echipamente nu este inclusă în calculul privind puterea totală conectată: *iluminatul specializat pentru cercetare, medical și stomatologic, iluminatul arenelor sportive profesionale și al locurilor de joacă, iluminatul pentru prezentări (pentru galeriile de artă, muzee și monumente), iluminatul camerelor de oaspeți (hoteluri, moteluri etc), iluminatul de urgență întrerupt automat pe durata operării normale a clădirii.*

Standardul specifică limite privind puterea totală utilizată pentru iluminatul întregii clădiri prin stabilirea *LPA* total (puterea admisibilă a iluminatului). *ILPA* (puterea admisibilă a iluminatului interior) se calculează ca produsul dintre suprafața specifică (ft^2) și *LPD* (densitatea de putere – W/ft^2 specificată pentru acel tip de clădire). Utilizând tabelele *LPD*, *ILPA* se poate determina în două moduri:

- Metoda suprafeței clădirii: valorile *LPD* sunt prezentate tabelar pentru tipul clădirii.
- Metoda spațiu cu spațiu: Puterea pentru fiecare spațiu individual permite să se construiască un buget total al puterii iluminatului. Acest buget poate fi utilizat în alegerile făcute de proiectant.

Valorile *LPD*, atât pentru spațiile individuale cât și pentru întreaga clădire, au fost dezvoltate de către IESNA utilizând date actuale referitoare la valori eficiente sistemelor lampă/balast/corp de iluminat și niveluri de iluminare date de recomandările actuale IESNA. În acest mod se au în vedere necesitățile ocupanților și se promovează proiecte eficiente energetic (vezi www.iesna.org).

Putere adițională este admisă pentru iluminat decorativ, corpuri de iluminat proiectate pentru a minimaliza orbirea datorată ecranelor VDT și iluminat de accent, dacă aceste echipamente de iluminat sunt instalate.

De asemenea, standardul specifică limitele puterii totale utilizate pentru iluminatul exterior la intrarea în clădire și pentru iluminatul de evacuare, prin stabilirea unui buget privind puterea exterioară totală. Acesta este determinat prin totalizarea puterii permise pentru toate zonele de ieșire, intrare și coronamentele intrărilor.

Puterea adițională se admite și pentru iluminatul fațadelor, calculată pentru aria totală a suprafeței exterioare a clădirii ce va fi iluminată. Această putere nu este inclusă în bugetul total al iluminatului exterior și este admisă doar dacă iluminatul fațadei este instalat.

Aplicarea codului

Actul Politic privind Energia din SUA (EPAct) solicită fiecărui stat să certifice dacă codurile sale energetice respectă sau depășesc standardul ASHRAE/IESNA 90.1-1989. De asemenea, EPAct solicită ca Departamentul de Energie (DOE) să evalueze reviziile succesive ale standardului pentru a determina dacă s-a îmbunătățit eficiența energetică în clădirile comerciale. Departamentul publică rezultatele analizelor sale cantitative în pagina sa de web www.eren.doe.gov. Raportul remarcă faptul că ediția 1999 ar putea îmbunătăți eficiența energetică cu 8-12% în comparație cu ediția 1989.

Standardul ASHRAE/IESNA 90.1-1999 s-a introdus deja în codurile de energie ale Statelor Unite și va fi adoptat de către toate statele din America până la sfârșitul anului 2002. Mai mult, standardul 1999 a fost inclus în Codul Internațional de Conservare a Energiei (IECC) – modelul 2000 propus de către Consiliul Codului Internațional (ICC).

Canada a susținut standardul 90.1-1989, chiar dacă reglementările nu sunt în vigoare la nivel federal, doar la nivel de municipalitate. În prezent, nu toate municipalitățile canadiene adoptă acest cod energetic particular. Unele municipalități au început să utilizeze ediția 1999. De asemenea, Canada și-a dezvoltat codul său propriu – Cod model energetic pentru clădiri (MNECB) în 1995, care diferă de codul ASHRAE/IESNA prin referirile la standardele

și legile canadiene, utilizarea unităților metrice (SI) și includerea doar a cerințelor în vigoare.

Codul energetic ASHRAE/IESNA oferă standardele energetice minime. Proprietarii și

proiectanții sunt impulsionați să depășească aceste standarde minime pentru a crea medii mai productive, profitabile și confortabile.