

How Can Lighting Designers Help

Some scientists think that urban environments offer biological darkness by day (in interiors with relatively low illuminances) and unnatural brightness by night (electric lighting extending apparent day length), producing apparently constant day length over the seasons, and having unknown health consequences.

If true, many people have disrupted daily and seasonal rhythms that could influence their health. To correct these issues, medical scientists and lighting designers will need to cross their discipline borders and work together to establish best practice guidelines.

Just after 2000 there is a wealth of experimental research but more is needed to eliminate chaos and set the right principles of healthy lighting design. Some are highlighted in the CIE committee report on "Ocular Lighting Effects on Human Physiology, Mood, and Behaviour" (TC 6-11) chaired by Jennifer Veitch of the National Research Council Canada:

- **Light for biological action should be rich in the regions of the spectrum to which the nonvisual system is most sensitive (blue).** The results of this study. It is not surprising that light level affects acuity, but there is a general absence of appreciation for the effects of light spectrum.

A study at Lawrence Berkeley National Laboratory, California, shows that both light level and lighting spectrum affect visual acuity under typical conditions of reading. Comparing to different CCT (colour corrected temperature) fluorescent systems in a school, the study founded that at the same light intensity at the eye, visual acuity was significantly better under the high CCT lamps. Visual acuity was at least equal to than the traditionally installed low CCT lighting when the high CCT lighting level was reduced by 50% compared to the low CCT lighting.

These results suggest a highly cost effective strategy for improving elementary school classroom lighting based on replacing the conventional low CCT (3500 K) lamps with high CCT lamps (5000 K or higher). The particular strategy varying at one end from maintaining the status quo in visual acuity with maximum savings in lighting energy costs or at the other end maintaining current lighting energy costs but providing a higher degree of visual acuity.

- **The important consideration in determining light dose is the light received at the eye, light both directly from the light source and reflected off surrounding surfaces.** This principle is one that will directly influence how we use lighting design to support health. Bathing everyone in very high-intensity blue-green light is not the answer. Once the necessary daily light dose is determined, we need to find out the best ways to deliver it to the eye, not to the desk. In a first step towards measuring circadian light exposure, LRC has just developed the **circadian dosimeter**. This will use dual photosensors (using the spectral opponency principle discussed above) to measure irradiance in a manner consistent with the spatial characteristics of the human eye.
- **The timing of light exposure influences the effects of the dose.** The effect of a light stimulus depends on the state of the system. Thus, bright light at night, before the low point in core body

temperature, has the effect of delaying the circadian rhythm (the low point will come later than it would have). Bright light in the morning, after the low point of core body temperature, will advance the rhythm (the low point will come earlier on the following night than it would have). The same light exposure in the middle of the day might have very little effect at all.

Following these principles of healthy lighting, design practice transformation should also balance all other principles of lighting quality:

- **For daytime applications**, controlled use of daylighting (having a view is in itself beneficial), limiting glare and solar heat gain to avoid compromising comfort, is an energy-efficient strategy for providing more light where it is wanted. When sizing lighting systems for rooms, designers should also consider task/ ambient cumulative effects and make use wisely of the colour scheme for the reflective surfaces.
- **For nighttime applications**, high illuminance delivered architecturally can influence melatonin secretion and aid in circadian phase-shifting, while shift work applications need to be tailored to the specific schedule. The bright light might not be needed constantly throughout the shift, but with additional luminaires and appropriate switching or automated controls, biologically effective lighting could be provided to those who must work overnight. This will beneficently reset the circadian clock. Luminous ceilings that deliver high illuminance, or simulated skylight apparatus that mimics the evening are both devices that have been tested for this purpose.

For sure, lighting in the 3-rd millennium will be an adventurous and fascinating endeavor, above and beyond past knowledge.



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. Lighting research, technical articles and project designs for institutional, commercial and industrial indoor and outdoor facilities in North America. PhD from the Technical University of Construction, Bucharest in 1995. Assistant Professor at the Lighting and Electrical Installations Chair, Faculty of Installations until 1995.

Received 27 December 2004

ILUMINATUL ÎN LUMEA NOUĂ

Iluminatul și sănătatea

În zilele noastre, mecanismele economice societăților moderne funcționează continuu, fără nici o întrerupere. Globalizarea contopește zonele orare, internetul și comunicațiile prin satelit au eliminat virtual distanțele, împingând economiile mondiale la un stadiu de “perpetuum mobile”. Și muncitorii trebuie să adopte aceleași modele funcționale. Cu toate acestea, muncitorii nu pot lucra constant mai mult de 24 de ore pe zi, ca niște roboți; mai mult, productivitatea, atenția și performanțele mentale se diminuează în schimbul de noapte.

De mii de ani, oamenii s-au trezit odată cu soarele și s-au culcat odată cu venirea nopții. Începând doar cu ultimul secol, acest lucru s-a schimbat împotriva legii firești a naturii. Lumina artificială a fost factorul cheie. Indubitabil, una dintre cele mai importante invenții ale omenirii, iluminatul electric, își arată limitele atunci când tipul activității umane devine prea “artificial” ...

Ciclul Circadian

Credeam că noi cunoașteam (aproape) totul despre felul în care lumina interacționează cu ochii și creierul. Acest fapt este încă adevărat la nivelul procesului vizual: lumina atinge retina, bastonașele și conurile transmit informația prin intermediul conexiunilor neurale către cortexul vizual. Cu toate acestea, cercetări recente au evidențiat noi aspecte privind un proces secundar al luminii: ne-vizual sau fotobiologic. Astfel, semnalele de lumină primite de senzorii din retină sunt transmise către alte zone ale creierului (cum ar fi hipotalamusul) și determină o cascadă de schimbări hormonale la nivelul glandelor pituitare, pineală, adrenală și tiroidă. Seriile de schimbări la nivel neuroendocrin rezultate sunt responsabile pentru reglarea ritmurilor biologice zilnice ale organismului uman – cunoscute și sub denumirea de ritmuri circadiene – incluzând ciclul dormit-trezit, puterea de concentrare și producerea de hormoni. Ritmul circadian este, probabil, domeniul cu cel mai ridicat interes în cercetarea impactului non-vizual al luminii. Oscilarea hormonilor pe care o induce ritmul circadian are un efect profund asupra celor mai multe funcții fiziologice ale corpului, incluzând sistemul imunitar. Când acest proces este alterat datorită schimbărilor mediului luminos, el poate să conducă la câteva dintre cele mai grave depresii emoționale și efecte fiziologice

asociate cu depresiile sezoniere (SAD) și cu schimbul de noapte.

Cercetătorii au găsit câțiva dintre factorii luminii care pot determina adaptări ale ciclului circadian uman:

- **intensitatea și durata luminii;** niveluri de intensități mai ridicate la locul de muncă pe durata nopții pot să fie benefice. Cu toate acestea, este necesară studierea în continuare a acestui fenomen pentru stabilirea valorilor adecvate ale nivelurilor intensității luminoase și a duratei.
- **temporizarea;** datorită fluctuației circadiane a răspunsului imunitar, este posibilă ajustarea momentului din zi în care să fie tratată o anumită boală astfel încât să se optimizeze răspunsul imunitar. Acest fapt este cunoscut sub denumirea de cronoterapie. De exemplu cercetătorii au descoperit că tratarea cancerului în timpul serii, când celulele imunitare luptătoare sunt activate, este mult mai eficientă decât administrarea tratamentului la un moment aleator din timpul zilei. Cronoterapia este astăzi considerată ca un mijloc suplimentar și în tratarea altor boli, cum ar fi dezechilibrări ale sistemului imunitar, boli cardiace și diabetice, afecțiunile ce au componente circadiene.
- **lungimea de undă;** descoperiri recente au arătat ca lumina albastră este mult mai eficientă în suprimarea melatoninei.
- **structura și contrastul;**
- **istoria luminii;** expunerea anterioară la lumină poate influența sensibilitatea sistemului circadian. O sensibilitate redusă la lumină poate facilita o întârziere de fază, care a fost asociată cu somnolența ridicată pe perioada zilei și dificultăți de somn (insomnii).

Noi Fotoreceptori ai Retinei

Retina trebuie să constituie punctul de plecare în analiza legăturii dintre ritmurile circadiene și lumină. Studii foarte recente au propus un nou set de fotoreceptori la nivelul retinei, după cunoscutele conuri și bastonașe: celule ganglionare retinale fotosenzitive intrinseci (ipRGC). Aceste celule ganglionare sunt cele care transportă stimulii luminii pe calea fotobiologică neurală, pentru a controla ritmul circadian (precum și alte răspunsuri ale metabolismului). Acest rol al fotoreceptorilor ipRGC este evidențiat și de decoperirea că șoareci de laborator, a căror retina a fost modificată genetic să nu conțină conuri și bastonașe, sunt capabili

să trăiască totuși după un ciclu diurn. Mai mult, noi cercetări consideră că, probabil, există fotoreceptori secundari în piele care controlează mecanisme circadiene alternative.

Celulele ipRGC conțin o substanță chimică numită melanopsină, similară pigmentilor foto-senzitivi din conuri și bastonașe. Melanopsina este, deci, instrumentul ce determină glanda pineală să producă sau nu melatonina, un hormon apropiat ceasului biologic uman. În condițiile normale circadiene, există un mic vârf de producere de melatonină în fiecare după amiază, aproximativ la ora 16,00 și un al doilea vârf mult mai mare întâlnit seara târziu, aproximativ între 22,00 și 03,00. Condițiile de întineric stimulează, de asemenea, producerea de melatonină. În concluzie, nivelurile de melatonină rămân ridicate pe aproape tot parcursul nopții, când dormim, și scad odată cu apropierea dimineții, când ne trezim.

Analizând caracteristicile celulelor ipRGC, se poate spune că ele sunt ideale pentru detectoarele simple “zi sau noapte”.

- Vârful sensibilității pentru culoarea albastru (aproape de 480 nm) coincide cu distribuția spectrală a cerului de zi.
- Viteza de reacție scăzută (aproximativ 10 secunde în comparație cu milisecunde pentru conuri și bastonașe) le face insensibile la schimbările rapide ale ambientului luminos.
- Distribuite pe întreaga suprafață a retinei (estimate la câteva mii, în comparație cu milioane de conuri și sute de milioane de bastonașe), celulele ipRGC, nu pot identifica detaliile, la fel de bine precum conurile.

Așadar, ipRGC se pare că ajută la reglarea ciclului circadian ca răspuns la lumină (lumina de zi sau de noapte). De asemenea, ele pot fi responsabile pentru sensibilitatea ochiului la culoarea albastră (de exemplu față de mașinile cu faruri cu MH și cu o temperatură de culoare ridicată - de peste 5000 K). S-ar putea de asemenea explica de ce lumina zilei pare că îmbunătățește confortul vizual și starea de bine a celor ce lucrează în birouri, creșterea vânzărilor pentru spațiile comerciale și îmbunătățirea rezultatelor la învățatură în școli, după cum au arătat recente cercetări efectuate de grupul Heshong-Mahone.

Dacă aceste ipoteze ar putea fi demonstrate științific, acest fapt ar conduce la modificări majore în echipamentul de iluminat și în proiectare. Pentru a obține același confort vizual și performanțe, proiectanții ar putea folosi o putere mai redusă, o temperatură de culoare mai ridicată pentru sistemele fluorescente și să economisească energie. Mai mult, aceste economii

ar putea fi mărite prin utilizarea sistemelor de control integrat al iluminatului natural și electric.

Lumina albastră suprimă melatonina

În ultimii ani, cercetătorii au învățat că lumina albă strălucitoare suprimă melatonina. Studii anterioare au sugerat, de asemenea, că reducerea melatoninei reacționează diferit la lumină în raport cu lungimea de undă, în mod specific cu un maximum de sensibilitate la lumina cu lungime de undă mică (“albastru”).

Un studiu publicat în *NeuroReport* de către LRC (Lighting Research Center, New York), arată că 18 lx de lumină albastră provenită de la un LED sunt mult mai eficienți în suprimarea melatoninei decât 450 lx de lumină albă provenită de la o lampă cu mercur, datorită faptului că un “mecanism spectral oponent” este probabil să contribuie la răspunsul la lumină al sistemului circadian. Cercetătorii de la LRC au găsit că este implicată o formă de foto-proces oponent în suprimarea prin lumină a melatoninei la oameni, ceea ce face ca lumina albă din interiorul clădirilor să fie mai puțin eficientă în reducerea melatoninei decât s-a crezut până acum. ...

Atunci când energia cu o lungime de undă opusă este echilibrată, răspunsul obținut în acel canal va fi nul, semnaland lipsa culorii, și, de aici, lipsa luminii. În mod similar, în cazul sistemului circadian, un echilibru suficient al luminii în fiecare regiune a spectrului va determina un răspuns nul, la fel ca și cum ar fi complet întineric.

Până acum, sistemul circadian s-a considerat că este aditiv (dacă o anumită cantitate de lumină albastră și o anumită cantitate de lumină galbenă produc fiecare același nivel de suprimare a melatoninei, atunci jumătate din aceste cantități de lumină albastră și galbenă la un loc produc același nivel de suprimare a melatoninei). Totuși, această teorie este contrazisă de rezultatele unor studii recente care arată că o mică cantitate de lumină albastră produce un nivel de suprimare mai puternic decât o mai mare cantitate de lumină albă (albastru și galben), sugerând existența unei opoziții spectrale în sistemul circadian uman. Acest fapt explică de ce sistemul circadian pentru oamenii ce lucrează în timpul zilei este mai sensibil la lumina albastră, a cerului albastru. Aceste descoperiri deschid drumuri noi în aplicații practice medicale, incluzând îmbunătățirea calității somnului pacienților care suferă de boala Alzheimer, tratamente avansate pentru dezechilibrările hormonale sezoniere și studierea efectelor luminii asupra celor ce lucrează în schimbul de noapte sau pentru copiii născuți prematur.

Cum pot să ajute proiectanții în iluminat

Unii cercetători consideră că mediul urban determină în mod biologic zone de întineric pe timpul zilei (în interiorul clădirilor cu niveluri de iluminare relativ reduse) și oferă străluciri nenaturale în timpul nopții (iluminatul electric ce prelungește aparent durata zilei), producând o constanță aparentă a lungimii zilei pe perioada întregului an, având însă consecințe necunoscute asupra sănătății umane. Dacă aceste presupuneri sunt adevărate, înseamnă că pentru un număr ridicat de persoane, ritmul zilnic și sezonier firesc legii naturii este întrerupt, ceea ce le-ar putea influența sănătatea. Pentru corectarea acestor probleme, cercetătorii din domeniul medical și proiectanții de iluminat vor trebuie să depășească limitele domeniilor lor și să lucreze împreună în scopul elaborării celor mai bune recomandări practice.

Imediat după anul 2000 s-a înregistrat o creștere a cercetărilor experimentale, dar mai estt încă mult de făcut pentru a înlătura haosul și a stabili principiile corecte ale proiectării unui iluminat sănătos. Unele au fost evidențiate în raportul Comitetului CIE “Efecte Oculare Luminoase asupra Fiziologiei, Comportamentului și Performanței Umane” (TC 6-11), coordonat de Jennifer Veitch de la Consiliul Național de Cercetare al Canadei:

- **Lumina utilizată în scopuri biologice trebuie să fie bogată în regiuni ale spectrului pentru care sistemul non-vizual este cel mai sensibil (albastru).** Nu este surprinzător faptul că nivelul de iluminare afectează acuitatea, dar este o lipsă generală a considerării efectelor spectrului luminii. Un studiu al Lawrence Berkeley National Laboratory, California, arată că atât nivelul de iluminare cât și spectrul luminii afectează acuitatea vizuală în condiții specifice de citire. ... Aceste rezultate sugerează adoptarea unei strategii pentru îmbunătățirea sistemelor de iluminat în sălile de clasă, prin înlocuirea lămpilor convenționale cu o temperatură de culoare scăzută (3500 K) cu altele cu o temperatură de culoare ridicată (5000 K sau mai mare). Strategia specifică variază, pe de o parte, de menținerea status quo privind acuitatea vizuală cu un maxim de economie de energie, și pe de altă parte, de menținerea costurilor energiei în iluminat dar cu asigurarea unei acuități vizuale sporite.
- **Criteriul important în stabilirea dozei de lumină este lumina primită de ochi, atât direct de la sursa de lumină cât și reflectată de suprafețele înconjurătoare.** Acest principiu va influența direct modul în care vom proiecta iluminatul pentru a sprijini sănătatea. Răspunsul nu este dat de băi de lumină de

mare intensitate în domeniul albastru-verde. Odată ce doza necesară de lumină este determinată, trebuie să găsim căile cele mai bune pentru a fi furnizată ochiului și nu biroului de lucru. Într-un prim pas către măsurarea expunerii circadiane la lumină, LRC a creat **dozimetrul circadian**. Acesta va utiliza fotosenzori duali (folosind principiul spectral oponent amintit mai sus) pentru a măsura iradianța într-o manieră corespunzătoare caracteristicilor spațiale ale ochiului uman.

- **Perioada expunerii influențează efectele dozei de lumină.** Efectul la un stimul de lumină depinde de caracteristicile sistemului. Așadar, lumina strălucitoare pe timpul nopții, înainte de a înregistra cea mai scăzută temperatură în corp, are efectul de întârziere a ritmului circadian (punctul cel mai scăzut va veni mai târziu decât normal). Lumina strălucitoare pe perioada dimineții, după ce s-a înregistrat cea mai scăzută temperatură în corp, va accelera ritmul circadian, punctul de minim va veni mai devreme în noaptea următoare decât de obicei. O aceeași expunere la lumină în mijlocul zilei va avea un efect foarte mic.

Urmând aceste principii ale unui iluminat sănătos, modificarea proiectării va trebui să echilibreze toate celelalte principii ale calității iluminatului:

- **Pentru aplicații pe timpul zilei,** utilizarea controlată a iluminatului natural cu limitarea strălucirii și aportului de căldură solară în scopul menținerii confortului interior este o strategie eficient energetică pentru a asigura mai multă lumină acolo unde ea este dorită. La dimensionarea sistemelor de iluminat interior, proiectanții vor trebui să considere efectele cumulate sarcină/mediu înconjurător și să utilizeze pe larg schema de culori pentru suprafețele reflectante.
- **Pentru aplicații pe timpul nopții,** un nivel de iluminare ridicat poate influența secreția de melatonină și poate ajuta schimbul de fază circadian, atunci când lucrul în schimburi trebuie adaptat unui program specific. Lumina puternică nu trebuie să fie neapărat constantă de a lungul schimbului, dar cu aparate de iluminat adiționale și un sistem adecvat de acționare sau control automat, un iluminat efectiv biologic ar putea fi asigurat celor ce trebuie să lucreze pe timpul nopții. Acest fapt va reseta în mod benefic ceasul circadian. Tavanele luminoase ce asigură un nivel de iluminare ridicat sau sistemele de simulare a cerului care imită înserarea sunt dispozitive care au fost testate în acest scop.

Cu siguranță, iluminatul în mileniul trei va fi o încercare fascinantă și plină de aventuri, ce va depăși cu mult nivelul cunoștințelor din zilele noastre.