

# Luce e illuminazione

A cura di Roberto Bottio - Funzionario Tecnico Area Normazione UNI



Non ce ne accorgiamo, ma la nostra vita è fortemente condizionata dalla luce: sia naturale, sia artificiale. Quindi, possiamo dire, senza cadere nel ridicolo, che “siamo immersi dalla luce”! A volte essa può avere effetti positivi (comfort visivo) o negativi (abbagliamento).

Le sorgenti luminose: naturali come il sole o artificiali emettono energia sotto forma di radiazioni che possono avere effetti sia visivi, sia non visivi. Infatti, l'impatto della luce sugli esseri umani ha molte più ramificazioni del solo aspetto visivo/percettivo, essa influenza direttamente i ritmi circadiani, l'umore e l'attenzione. Se consideriamo l'evoluzione tecnologia delle varie sorgenti luminose, partendo dalla semplice e comune lampada ad incandescenza, passando ai tubi fluorescenti, alle lampade a scarica, per arrivare fino alle moderne sorgenti a LED che hanno rivoluzionato le tecniche dell'illuminazione, possiamo comprendere quanto complesso e variegato sia trattare questo argomento. Inoltre, le differenze dimensionali tra le varie sorgenti di luce, dagli oltre due metri per alcuni tipi di tubo fluorescente a pochi millimetri per un LED, determinano caratteristiche costruttive e fotometriche dell'apparecchio di illuminazione molto diverse tra loro. Tutto questo ha fortemente aumentato le difficoltà di coloro che si occupano dell'illuminazione in genere con responsabilità del progettista illuminotecnico sempre maggiori al punto da spingere la commissione a predisporre una norma specifica sulla progettazione illumino-

tecnica. La progettazione illuminotecnica, fino ad oggi considerata poco importante, in realtà è un complesso compendio tra arte e scienza con lo scopo di dare buone soluzioni progettuali per illuminare l'ambiente umano. Per questo motivo, la conoscenza della luce, delle tecniche dell'illuminazione, dei suoi strumenti, del suo controllo e della sua manipolazione sono diventate estremamente importanti, oltre che complesse e sfaccettate, e i risultati ottenuti hanno un impatto significativo anche in termini estetici dell'ambiente nel quale vivono le persone. In altre parole l'illuminazione, sia interna che esterna, costituisce un elemento fondamentale per garantire la sicurezza e il comfort visivo. Per esempio pensiamo all'illuminazione di emergenza che è fondamentale per garantire la sicurezza quando un'improvvisa interruzione dell'energia elettrica presenta situazioni di pericolo per le persone presenti.

Quanto scritto sopra evidenzia il notevole impegno a carico della commissione tecnica “Luce e illuminazione”. Essa infatti si occupa di tutte le tematiche inerenti alla luce e illuminazione nei settori della visione, della fotometria e della colorimetria, che riguardano sia la radiazione naturale sia quella artificiale nelle regioni spettrali dell'ultravioletto, visibile e infrarosso, con riferimento ai campi applicativi che interessano tutti gli utilizzi della luce negli ambienti interni e aree esterne, considerando anche gli effetti ambientali ed estetici da essa prodotta.

Infatti la commissione tratta, oltre alle definizioni terminologiche, i metodi di misura e i criteri progettuali per tutte quelle grandezze illuminotecniche attinenti agli impianti di illuminazione nelle loro varie applicazioni come: le aree urbane e le aree esterne (come ad esempio: parchi, giardini, parcheggi); monumentali ed architettoniche; impianti e infrastrutture stradali (come ad esempio: strade a traffico motorizzato o misto, piste ciclabili o pedonali, piazze ecc.); gallerie stradale e sottopassi; impianti sportivi; luoghi di lavoro e di vita. Ponendo, inoltre, attenzione sia all'inquinamento luminoso ambientale, sia all'impatto energetico degli impianti di illuminazione, sia al contributo della luce diurna e la sua integrazione con l'illuminazione artificiale.

Si può quindi affermare che gli impianti di illuminazione hanno un'importanza considerevole sia in termini di impatto sociale, economico, ambientale, industriale sia per la sicurezza del cittadino in genere. L'attività nazionale deve tenere conto anche dei lavori europei svolti dall'analogo comitato CEN e quelli internazionali del comitato ISO, di recente costituzione. Data la limitata disponibilità di spazio, mi è impossibile soffermarmi e descrivere per sommi capi, come vorrei, l'attività normativa svolta su ogni specifica applicazione per cui lascio spazio al contenuto di questo dossier che meglio illustra quanto fatto dalla commissione CT 023 e quanto intende fare sugli argomenti di sua competenza.

## La normazione UNI per l'illuminazione

### La convenzione del metro

Napoleone non eccelse soltanto nell'arte della guerra. Fu molto di più: un genio nell'attivare lo scambio internazionale delle merci. Il primo a comprendere che si dovevano valutare i prodotti con le stesse unità di misura. Due prodotti della Rivoluzione, il metro e il chilogrammo, furono imposti ai Paesi che conquistava, derubricando a cimelio storico i campioni di lunghezza locale, tutti diversi l'uno dall'altro, che troviamo ancora oggi impressi sulle targhe murate in un angolo delle piazze del mercato di molte città europee.

Fu il primo esempio di normazione internazionale: imposta con la forza, fu accettata da tutti, per gli evidenti vantaggi nello scambio delle merci. Ne rimase esente la Gran Bretagna: la vittoria di Nelson non favorì né la metrologia britannica, ancora oggi alle prese con unità come il pollice ed il piede, e neanche gli altri Paesi, che, per esempio, devono installare nei tornii un ingranaggio con 127 denti per le filettature in pollici.

Morto Napoleone nel 1821, passata la Restaurazione, i Governi di alcuni Paesi, tra i quali quello italiano, confermano l'esigenza di operare con le stesse unità di misura e nel 1875, a Parigi, firmano la convenzione del metro, con lo scopo realizzare il Sistema Internazionale delle unità di misura, denominato SI. La convenzione intende verificare con continuità l'accordo tra le unità di misura conservate nei Paesi membri, che si obbligano a finanziare un laboratorio metrologico centrale, il BIPM - *Bureau International de Poids et Mesures*, controllato dalla CGPM - *Conferenza Generale dei Paesi e delle misure*, composta dai rappresentanti dei Paesi membri. Il governo francese dona alla convenzione un terreno sulla collina di Sèvres, vicino alla nota manifattura di ceramiche, appena al di là della Senna, sul quale viene eretto il BIPM, che, insieme ai propri addetti, assume lo status extraterritoriale.

La CGPM decide con voto unanime dei capi delle delegazioni, che hanno lo status di ambasciatori, e le sue decisioni sono vincolanti per i Paesi membri. La convenzione del metro, della quale sono oggi membri molti Paesi compresi tutti quelli industrializzati, costituisce il vertice di una struttura che garantisce il riferimento metrologico ai Paesi membri tramite i rispettivi laboratori metrologici nazionali, dall'I.N.R.I.M. - Istituto Nazionale Ricerca Metrologica in Italia, e tramite questi ultimi, ai laboratori industriali sorvegliati dai Sistemi di accreditamento Accredia in Italia.

### Candela, lumen, lux

L'intensità luminosa è una delle unità fondamentali del sistema SI, ma sulla sua definizione e denominazione non c'è accordo. Nel 1948, durante la 9ª CGPM, il prof. Eligio Perucca, a nome della delegazione italiana, propone di adottare le parole latine candela, lumen e lux rispettivamente per le unità di intensità luminosa, flusso luminoso e illuminamento, considerando il loro significato in latino perfettamente coerente con le grandezze fotometriche a cui si riferiscono. L'intensità luminosa, definita con riferimento ad una radiazione monocromatica con

frequenza 540 THz ed intensità energetica pari a 1/683 W/sr, rimane una delle unità fondamentali del sistema SI, pur non essendo misurabile direttamente. Un'altra norma, frutto di una decisione della CGPM, con valore di legge per i paesi della convenzione.

### Enti scientifici e normatori: sedi del confronto

Chi è entrato nei laboratori Fotometrici dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, guidato da Romolo Deaglio con Maria Artom e Claudia Gentile, scopre la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), il BIPM e gli Enti normatori nazionali (UNI e CEI) ed extranazionali (CEN e ISO), ha la sensazione di aver raggiunto un mondo diverso, dove l'obiettivo primario è "Confrontarsi", meglio di quanto potessero fare Galileo e Newton con i mezzi del loro tempo: nessuno e in nessun caso può essere autoreferenziale.

Così, quando su proposta di Deaglio, allora presidente della commissione "Luce e illuminazione" dell'UNI, fui eletto a succedergli, accettai di buon grado e cercai di esercitare la presidenza della commissione in modo imparziale, guidato sempre e soltanto da criteri tecnico scientifici, senza conflitti di interesse.

### Evoluzione normativa

A livello scientifico e tecnologico, gli stimoli per la normazione nel settore della fotometria e dell'illuminotecnica sono continui. Iniziando dalle sorgenti di luce, si è passati dalle lampade ad incandescenza a quelle alogene, ai tubi fluorescenti, alle lampade al sodio ad alta e bassa pressione e ad alogenuri metallici, fino agli odierni LED, questi ultimi favoriti dalla riduzione di una categoria illuminotecnica per l'illuminazione stradale accordata dalla UNI 11248 *illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche* sulla base di una migliore percezione degli ostacoli conseguente all'ottimale resa dei colori con luce bianca.

A favore dei LED si aggiunge il risparmio energetico. Dagli anni '70 ad oggi l'efficienza luminosa è passata da 10 lm/W a 150 lm/W, ma ancora lontana dal limite fisico, individuato in 220-240 lm/W per una sorgente con spettro di emissione continuo e luce bianca. Le differenze tra le varie sorgenti di luce sono anche nelle dimensioni, dagli oltre 2m per alcuni tipi di tubo fluorescente a pochi millimetri per un LED, con conseguenti diverse tecnologie per l'apparecchio di illuminazione, che deve distribuire la luce nelle direzioni desiderate dai progettisti degli impianti di

illuminazione. Notevoli le differenze rispetto alle altre sorgenti di luce. I LED emettono luce bianca con indice di resa dei colori non minore di 60. La temperatura prossimale di colore può variare tra circa 3.000 K e 6.500 K, con consumi decrescenti per le temperature più elevate e comfort visivo maggiore per quelle più basse. Quest'ultimo aspetto è però irrilevante sulle strade ove la sicurezza riveste carattere prioritario. In questo modo si finisce rapidamente a livelli scotopici. La figura 1 chiarisce l'interesse per questa situazione: anche se i livelli di illuminazione stradale sono agli inizi della visione scotopica, dalla figura 1 a destra si comprende perché la revisione della UNI 11248 prescriva un rapporto scotopico/fotopico non minore di 1,1 ed una temperatura prossimale di colore minima di 4.000 K.

Inoltre, i LED, facilmente parzializzabili con continuità, permettono l'adattamento dell'impianto alle condizioni ambientali effettive con la possibilità di applicare in tempo reale i provvedimenti necessari per migliorare la sicurezza. In figura 2, a destra una strada asciutta riflette la luce come previsto dalle tabelle r. In centro, un velo di pioggia è sufficiente per attivare le riflessioni di Brewster dove gli apparecchi, la strada e l'occhio del conducente sono allineati.

Per evitare queste riflessioni, dannose per la sicurezza, è sufficiente installare gli apparecchi in posizione più bassa, come illustrato in figura 3: la riflessione della luce emessa dall'impianto non può cadere sull'occhio. Questo tipo di illuminazione, descritto nella UNI EN 13201-3 *illuminazione stradale - Parte 3: Calcolo delle prestazioni*, è utile anche in caso di nebbia (figura 2 a dx), non producendo diffusione al di sopra della strada, limita fortemente la luminanza di velo debilitante.

### Risparmio energetico

La maggior parte delle strade è illuminata in base a criteri di luminanza (strade di tipo M della EN UNI 13201-2 *illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali*), che garantisce la sicurezza del traffico. I consumi energetici, altro parametro normativo fondamentale, sono correlati con l'illuminamento stradale. Per minimizzare i consumi occorre quindi massimizzare il fattore di luminanza dell'impianto  $q_{inst}$  pari a:

$$q_{inst} = L_s / (E_s \cdot Q_0)$$

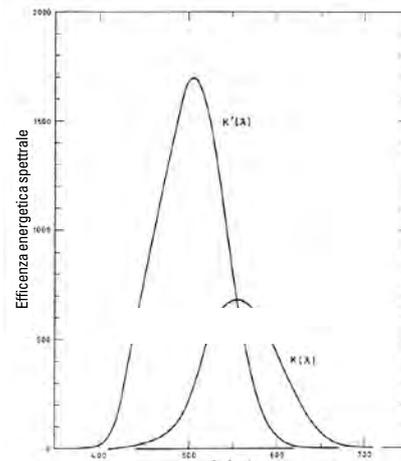
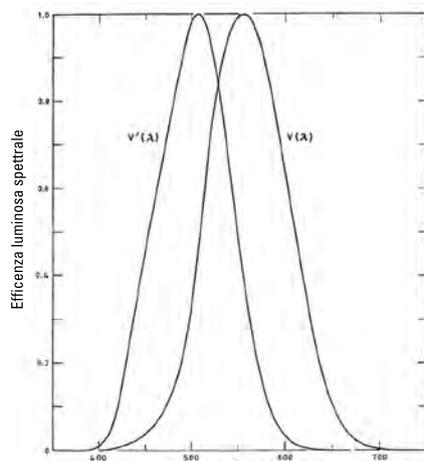


Figura 1 - Sopra, i fattori spettrali relativi di visibilità  $V(\lambda)$  (fotopico) e  $V'(\lambda)$  (scotopico) e sotto i corrispondenti fattori assoluti  $H(\lambda)$  e  $K'(\lambda)$ .



Figura 2 - A sinistra, una strada asciutta. Al centro, la stessa strada bagnata: osservare le riflessioni di Brewster nelle zone di allineamento fra apparecchio di illuminazione, strada e occhio del conducente. A destra, la stessa strada con nebbia: la diffusione interessa l'intero campo visivo



Figura 3 - Le riflessioni di Brewster con condizioni meteo avverse sono eliminate con l'illuminazione laterale ed apparecchi bassi

dove  $L_s$  è la luminanza media stradale,  $E_s$  l'illuminamento medio stradale e  $Q_v$  il coefficiente medio di luminanza. Più elevato è il  $q_{inst}$ , minori sono i consumi ed anche le riflessioni verso l'alto e quindi la luminanza artificiale del cielo, come illustrato in figura 4.

### Inquinamento luminoso

Alla fine del secolo scorso, la preparazione della UNI 10819 *Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per limitare la diffusione del flusso luminoso verso l'alto* fu occasione proficua di incontro tra comunità scientifiche con obiettivi diversi.

Il dibattito serrato tra astronomi e illuminotecnici di notorietà internazionale si affiancò alle riunioni che nella CIE produssero la pubblicazione CIE 126, ai primi articoli di Roy Garstang ed alle esperienze effettuate in Italia da alcuni ricercatori a Padova ed a Torino.

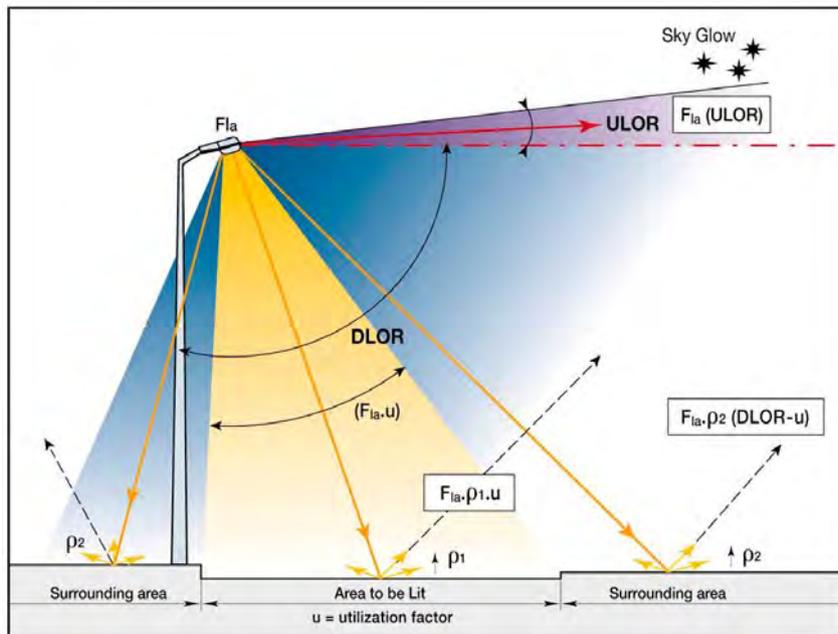


Figura 5 - Modello di generazione della luminanza artificiale del cielo

Oggi, dopo 40 anni, sussiste il dissenso sulle cause della luminanza artificiale del cielo. Mentre tutte le misure, in particolare quelle effettuate dall'INRIM, le ricerche (Lungingbuhl), ed i modelli, come quello di Lecocq (figura 5) descritto dalla norma AFE e dalla nuova pubblicazione CIE 126,

includono le riflessioni tra le cause della luminanza artificiale del cielo sia per le emissioni degli apparecchi, sia per le ben più elevate riflessioni verso l'alto delle superfici illuminate, in sede UNI, al momento, si focalizza l'attenzione solo sulle emissioni degli apparecchi verso l'alto, malgrado una ricerca dimostri che la maggior parte di essi sia invisibile dall'alto, in quanto nascosta entro le "cavità urbane". Ulteriore inesattezza, a mio avviso, consiste nell'associazione della luminanza del cielo con l'intensità luminosa, grandezza impropria, in quanto non associabile né alla diffusione della luce, né alla trasmissione di energia.

### Il progetto illuminotecnico

Il progetto illuminotecnico come quello industriale è soggetto a tolleranze. Lo dice la UNI EN 13201-4 *Illuminazione stradale - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche* che spiega come calcolarle, secondo regole analoghe al calcolo delle incertezze di misura.

Si ribadisce inoltre la necessità di firmare i propri progetti da parte dei progettisti per una corretta assunzione di responsabilità al momento troppo spesso elusa, così come l'obbligatorietà della visita in loco, richiesta esplicitamente dalle norme che oltre a garantire la sicurezza per gli utenti, permette la corretta valutazione della situazione contingente e il calcolo della tolleranza di progetto.

**Paolo Soardo**

Membro UNI/CT 23 Luce e illuminazione

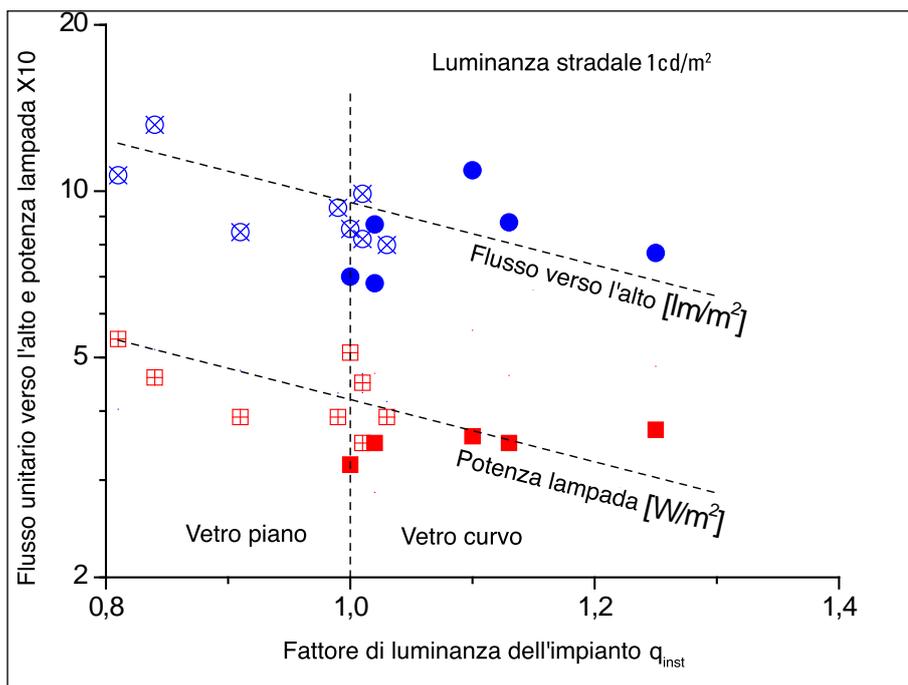


Figura 4 - La potenza installata e le riflessioni verso l'alto diminuiscono con valori di  $q_{inst}$  elevati

## Apparecchi LED: nuovi scenari e implicazioni normative

Fino a poco tempo fa, quando si comprava una lampada, o un lampadario, o un apparecchio di illuminazione per illuminare un ufficio, si pensava anche che, dopo un certo tempo, la lampadina all'interno dell'apparecchio sarebbe bruciata e quindi occorreva considerare, tra i parametri che potevano influenzare la scelta, anche la vita media della lampadina e la facilità della sua sostituzione. I più attenti consideravano se fosse possibile ottenere un risparmio nel consumo di energia sostituendo la lampadina suggerita dal costruttore con lampade "a risparmio energetico". Pochi ponevano attenzione anche al colore della luce prodotta da quelle lampadine, cercando di evitare una luce troppo "bianca", che fa ospedale, o troppo gialla, che pareva illuminare meno. Quasi nessuno era poi in grado di sapere se la lampadina scelta avrebbe permesso di distinguere correttamente i colori degli oggetti illuminati, ed anche operatori professionali, su questo punto, rischiavano di commettere errori grossolani. È capitato a tutti di scegliere un maglione del colore preferito in un grande emporio, all'interno del quale difficilmente la luce solare arriva, per poi scoprire, una volta all'aperto, che era in realtà di un colore diverso. Con l'avvento dell'illuminazione LED lo scenario è cambiato radicalmente.

Se pensate agli apparecchi LED che conoscete, vi renderete conto che non è possibile cambiare la lampadina. I primi, e quindi più diffusi, apparecchi LED che abbiamo conosciuto sono le armature stradali che hanno via via sostituito le armature installate lungo le vie delle nostre città. Basta un'occhiata per rendersi conto che non è possibile sostituire la "lampadina".

La struttura schematica degli apparecchi di illuminazione prima dell'avvento dei LED era la seguente:

- il corpo - che garantiva le caratteristiche meccaniche;
- l'ottica - che indirizzava la luce dove necessario;
- l'apparato di alimentazione - che garantiva l'erogazione della corretta potenza elettrica;
- la sorgente luminosa o lampadina - che trasformava la potenza elettrica in potenza luminosa.

È chiaro che alimentatore e lampadina sono legati tra loro e non si può usare una lampada incandescente in un apparecchio per fluorescenti, ma in ogni caso l'elemento più deperibile è la lampadina, che deve essere facilmente sostituibile.

Quante volte vi è capitato di dover cambiare un alimentatore e quante volte avete cambiato una lampadina?

Se ora pensate a come è fatto un apparecchio LED vi accorgete che non è possibile identificare facilmente le parti che abbiamo descritto prima: non esiste più la lampadina, sostituita da matrici di LED, che per rimanere accesi devono stare a stretto contatto con un dissipatore di calore che spesso costituisce anche il corpo stesso dell'apparecchio, rendendo indistinguibile il corpo dalla sorgente; sui singoli LED o sull'intera matrice sono montati lenti o microriflettori per dirigere la luce dove necessario, quello che sopra abbiamo chiamato ottica, che, di



nuovo, è difficilmente distinguibile dalla sorgente stessa, e sicuramente si presenta in modo molto differente dalla vecchie paraboliche.

Se poi pensassimo di cambiare la matrice LED in un apparecchio, dovremmo smontarlo dalla sua posizione di funzionamento, per esempio dovremmo rimuoverlo dal palo a lato della strada, e portarlo in officina per poter effettuare la sostituzione: sicuramente non è possibile un intervento "in loco", magari con l'ausilio di un'autoscala, come si faceva con le vecchie lampadine.

Ma anche se portassimo in officina l'apparecchio, a causa dell'evoluzione velocissima che hanno avuto i LED negli ultimi anni, non troveremo più, o non sarebbe più conveniente, utilizzare la stessa matrice LED che andrebbe sostituita con una più performante: questo ci costringerebbe a cambiare anche l'alimentatore e a questo punto dovremmo intervenire anche sul dissipatore, l'elemento che tiene alla corretta temperatura i singoli LED in modo che non brucino ed emettano la giusta luce: se anche il corpo partecipa alla dissipazione potrebbe darsi che dovremmo intervenire anche sul corpo e a questo punto otterremmo un nuovo, e diverso, apparecchio di illuminazione.

Quindi non è più possibile cambiare la lampadina; ma forse questo non è molto importante, perché un apparecchio o un modulo LED ha una vita media, senza dilungarci in definizioni tecniche abbastanza complicate, di almeno 25.000 ore con ragionevoli previsioni di arrivare a 50.000 ore. Ricordo che in un anno ci sono convenzionalmente 8.760 ore e che una tradizionale lampada incandescente, la classica lampadina di Edison, ha una vita media tra le 1.000 e le 2.000 ore.

Dall'altro lato il consumo energetico è sicuramente a favore dei LED, perché oggi un apparecchio LED ha una efficacia maggiore di 100 lm/W, cioè vengono emessi 100 lumen per ogni W fornito complessivamente al sistema; se consideriamo il consumo di una lampadina incandescente troviamo un valore di circa 12 lm/W, ma se consideriamo la luce che effettivamente esce dall'apparecchio con lampada incandescente, valutando quindi anche le perdite nell'apparecchio stesso, scendiamo a 8 lm/W, mentre il valore di 100 lm/W per gli apparecchi LED già considera tutte le perdite. Per un apparecchio con lampade fluorescenti l'ordine di grandezza dell'efficacia è di circa 60 lm/W, mentre per le lampade a scarica si va da 60 a 120 lm/W: risulta quindi evidente che gli apparecchi LED permettono

un effettivo risparmio energetico, senza tuttavia penalizzare altri aspetti fondamentali per l'illuminazione, come la temperatura di colore della luce o la resa dei colori. Infatti, fino all'avvento dei LED, per avere un risparmio energetico, si sacrificavano altri aspetti connessi all'illuminazione e tutti ricordano le luci "gialle" sulle strade, che permettevano di risparmiare energia, assicuravano il riconoscimento degli ostacoli che potevano intralciare la circolazione, garantendo la sicurezza, ma sacrificavano totalmente la percezione dei colori, anche in situazioni in cui sarebbe stato desiderabile avere una luce più naturale, più vicina alla luce del sole.

Con la tecnologia LED abbiamo la possibilità di ottenere un reale risparmio energetico, considerando anche gli aspetti fino a poco tempo fa ritenuti secondari per l'illuminazione, come la pienezza dello spettro, la temperatura di colore e la resa dei colori degli oggetti illuminati.

Tutto quanto è stato illustrato ha cambiato il modo di lavorare e di comunicare i dati degli esperti di illuminotecnica.

Per decenni abbiamo avuto apparecchi in cui si cambiava la lampadina, così tutte le nostre tecniche per misurare e descrivere le caratteristiche dell'apparecchio erano calibrate in modo da essere indipendenti dalla lampadina stessa. Si forniva un dato indipendente dal flusso della lampadina usata, che dipendeva solo dalle caratteristiche dell'apparecchio in misura, svincolandosi dalla lampadina: si parla quindi di fotometria relativa, cioè le misure erano fatte in modo da non essere vincolate ad una specifica lampadina.

Posso mettere nell'apparecchio la lampada che preferisco e posso scegliere se installare nell'apparecchio una sorgente che privilegia la luce emessa a scapito della durata o viceversa e non devo essere obbligato a ripetere la misura per questo.

Se la lampada è intercambiabile a parità di tutte le altre condizioni il rapporto tra la luce emessa dall'apparecchio e la luce fornita dalla lampadina - il rendimento luminoso dell'apparecchio - non dipende dalla lampadina utilizzata ma solo dalle caratteristiche costruttive dell'apparecchio stesso. Negli apparecchi LED il flusso emesso dalla matrice LED, l'equivalente della lampadina, dipende in modo significativo dall'apparecchio stesso, che fa da dissipatore, e spesso non è possibile accendere la matrice LED fuori dall'apparecchio, perché si scalderebbe troppo o comunque funzionerebbe in

maniera diversa da quando è inserita nel prodotto: diventa difficile calcolare il rendimento, per farlo occorre imporre una serie cospicua di condizione che ne limitano il significato. In ogni caso non è possibile cambiare la lampadina, dunque non ha senso una fotometria relativa.

Gli altri aspetti dell'emissione luminosa, temperatura di colore e resa cromatica, usando apparecchi tradizionali, erano considerati ma spesso non misurati, perché non erano sotto il controllo del produttore di apparecchi, ma venivano ereditati dalla lampadina scelta: di nuovo con l'avvento dei LED questi parametri non solo dipendono dalle scelte del produttore di apparecchi, ma spesso sono settabili in fase di progetto e addirittura, in molti casi, modificabili dall'utente che li può regolare. Ci siamo così trovati con una generazione di prodotti (apparecchi di illuminazione LED) con caratteristiche che ci obbligavano a riconsiderare completamente tutte le convenzioni e i metodi che avevamo sempre usato per la caratterizzazione degli apparecchi stessi:

- non è più possibile cambiare lampadina - devo usare una fotometria assoluta, non posso più usare la fotometria relativa;
- se uso la fotometria assoluta, non ha più senso il rendimento dell'apparecchio, cioè il rapporto tra luce emessa dall'apparecchio e luce emessa dalle lampadine utilizzate dell'apparecchio stesso - non ho più lampadine intercambiabili dovei usare la luce emessa dall'apparecchio e il rendimento sarebbe sempre 100%;
- devo trovare un diverso metodo per valutare l'impatto energetico del mio prodotto - vale la pena di andare all'origine e calcolare il rapporto tra luce emessa e potenza fornita (lm/W);
- posso regolare parametri che prima ereditavo dalla lampadina, per esempio la temperatura di colore - devo misurare anche questi parametri;
- lavorando in termini assoluti devo migliorare molto i miei apparati di misura - ho bisogno di tarature assolute che mi permettano dati immediatamente confrontabili con altre misure;
- devo trovare un valido metodo di confronto tra misure - occorre valutare attentamente l'incertezza di misura;
- devo riuscire a valutare anche la vita media del mio apparecchio - non posso cambiare la lampadina e inoltre la vita dipenderà da come uso nell'apparecchio i componenti.

L'Italia, prima in Europa, aveva affrontato questi argomenti e aveva dato una risposta normativa, anche se non esaustiva e in qualche punto incompleta, con la norma UNI 11356:2010 *Luce e illuminazione - Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED*.

Da allora è stato portato avanti un imponente lavoro normativo a livello europeo che ha portato all'emissione della norma UNI EN 13032-4:2015 *Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici delle lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 4: Lampade a LED, moduli e apparecchi di illuminazione* che da una risposta chiara e condivisa ai problemi esposti precedentemente e la cui uscita ha determinato il ritiro della precedente norma Italiana. La UNI EN 13032-4 prende in considerazione tutti gli aspetti del nuovo scenario determinato dall'avvento dell'illuminazione LED e fornisce le regole per affrontare le problematiche emerse in modo condiviso, tenendo bene in mente che l'evoluzione tecnologica è probabilmente solo all'inizio e occorre un lavoro di monitoraggio del panorama tecnologico che comporta un "tuning" continuo dell'ambito normativo. L'esempio più calzante riguarda la nascita dell'automobile, che all'inizio non era che una carrozza su cui era stato montato un motore a scoppio. La tecnologia e le tecniche costruttive erano quelle delle carrozze, solo si erano sostituiti i cavalli con il motore. Fino agli anni '60 del secolo scorso le automobili avevano ancora le pedane sotto le portiere, pensate al maggiolino, e solo dopo un lungo processo abbiamo avuto una vera automobile, svincolata dalla carrozza e con caratteristiche proprie.

Adesso abbiamo apparecchi a LED, ma non sempre riusciamo a sfruttare e neanche a immaginare completamente le potenzialità offerte dalla nuova tecnologia: siamo ancora alla carrozza a motore, non alla vera automobile.

La nuova norma ha dato risposte chiare ed univoche ai nuovi scenari, chiarendo molti dubbi degli operatori e soprattutto introducendo per la prima volta in una norma del settore illuminotecnico metodi dettagliati per la valutazione dell'incertezza di misura, utilizzando sistemi già consolidati in altri ambiti, come la meccanica e le misure elettriche.

La valutazione puntuale dell'incertezza di misura permette di dare specifiche meno stringenti sugli apparati e sui sistemi di misura ed eventualmente di utilizzare metodi di correzione delle procedure



metrologiche a patto di valutare l'impatto di ogni strumento o passaggio funzionale sull'incertezza complessiva.

Questo permetterà di migliorare molto le informazioni contenute nelle schede tecniche dei prodotti e chiarirà in modo definitivo i valori e le tolleranze che ci possiamo aspettare nel nostro settore, che sono diversi da quelli di altri settori industriali, poiché il misurando (la sorgente di luce) ha una instabilità intrinseca elevata.

Questo grande lavoro di apertura verso le nuove tecnologie e di riallineamento dei metodi in modo da uniformarli agli altri settori industriali ha naturalmente comportato la necessità di riconsiderare anche la normativa esistente alla luce di queste novità, portando all'ordine del giorno l'esigenza di ripensare i metodi e le procedure fin qui consolidati per tener conto del nuovo approccio. Si discute di mettere in revisione la normativa in vigore per uniformarla alle novità emerse con la UNI EN 13032-4.

Restano inoltre aperti una serie di problemi che vanno sicuramente affrontati, il primo dei quali è di concordare un formato dati che possa permettere di comunicare in modo semplice ed aggiornabile tutti i parametri che i produttori sono in grado ora di misurare, per utilizzarli non solo come documentazione di prodotto ma anche all'interno dei programmi di calcolo e simulazione illuminotecnica per migliorare la progettazione dell'illuminazione artificiale.

Occorre anche considerare che è possibile che si ritorni ad una struttura di apparecchi modulare, in cui è consentito cambiare le matrici LED fermi restando gli altri componenti: sarebbe il ritorno al concetto di sorgenti (lampadine) intercambiabili, con conseguente ritorno alla fotometria relativa. Questo fattore richiederebbe un importante aggiornamento normativo, che non sarebbe, tuttavia, un ritorno al passato, perché i concetti che sono venuti alla ribalta in questa fase, come l'efficacia (lm/W), non perderanno la loro importanza e manterranno il loro valore anche se si tornasse ad usare parametri e tecniche ora in ombra; inoltre si continuerà ad avere sempre maggiore attenzione per la qualità della luce artificiale, come ci hanno indicato gli apparecchi LED ed è stato recepito nella normativa.

**Danilo Giannetti**

*Coordinatore UNI/CT 23 GL 7 Fotometria e colorimetria*



## Illuminazione di emergenza

L'illuminazione di emergenza è tra gli elementi indispensabili per garantire la sicurezza delle persone, in un ambiente o edificio, qualora si presentino situazioni di pericolo.

Il suo ruolo è essenziale durante l'evacuazione di un edificio (mancanza dell'energia elettrica, allarme di evacuazione, evento grave, ecc.). La sua importanza è confermata dall'obbligatorietà espressamente stabilita da legislazione vigente.

L'illuminazione di emergenza, in una logica tecnico-normativa europea, viene suddivisa tecnicamente in illuminazione di riserva, cioè quella che consente di continuare, senza sostanziali cambiamenti, l'attività ordinaria e illuminazione di sicurezza, finalizzata a evidenziare le vie di esodo e a garantire che queste possano essere sempre individuate e utilizzate con sicurezza.

Diversamente dall'Europa, l'area nord americana utilizza uno schema diverso, specialmente per quanto riguarda i livelli di illuminazione nelle vie di esodo e la tipologia costruttiva degli apparecchi. Il quadro tecnico, che vede nella NFPA (*National Fire Protection Association*) il soggetto tecnico di riferimento, tende infatti a privilegiare luci concentrate lungo le vie di esodo rispetto alla scelta europea di illuminamenti diffusi e, per quanto riguarda gli apparecchi, tende a privilegiare la resistenza al fuoco rispetto alle tematiche di protezione elettrica. Al di là delle varie declinazioni geografiche, la regolare manutenzione dell'impianto di illuminazione e dei singoli apparecchi di emergenza è fondamentale per assicurarne la perfetta funzionalità nel momento del bisogno.

Per completezza di trattazione, va segnalato che a livello europeo è previsto a breve l'inizio di una attività normativa in sede CEN, volta a regolamentare la cosiddetta illuminazione di sicurezza dinamica, intendendosi con ciò, in generale, l'integrazione fra illuminazione di sicurezza e sistemi di building management.

Nel panorama italiano, il soggetto avente responsabilità giuridica deve assicurare che l'impianto di illuminazione e segnalazione di emergenza sia verificato e mantenuto periodicamente secondo quanto prescritto dalla legislazione in vigore (DLgs 81/08 - DLgs 106/09 - DM 10/3/98).

In caso di inadempienza, il titolare o il gestore si espone alla chiusura dei suoi locali e alla perdita economica per il mancato utilizzo, possono aggiungersi sanzioni penali.

L'invecchiamento degli apparecchi di illuminazione di emergenza, come di qualsiasi altro dispositivo, è normale e inevitabile e pertanto il mantenimento del loro buon funzionamento implica l'effettuazione di verifiche ed una manutenzione periodica. La UNI CEI 11222:2013 *Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione di sicurezza degli edifici - Procedure per la verifica e la manutenzione periodica* definisce e identifica puntualmente, da un punto di vista tecnico e amministrativo, le procedure per effettuare le verifiche e la manutenzione periodica degli impianti per l'illuminazione di sicurezza degli edifici, costituiti da apparecchi per illuminazione di emergenza, sia di tipo autonomo sia ad alimentazione centralizzata e di altri eventuali componenti utilizzati nei sistemi, al fine di garantirne l'efficienza operativa.

## STRUTTURA COMMISSIONE UNI/CT 023 LUCE E ILLUMINAZIONE E INTERFACCIA CON CEN/TC 169 LIGHT AND LIGHTING

ATTIVITÀ NAZIONALE	TITOLO	ATTIVITÀ EUROPEA <sup>1</sup>
GL 01	Termini generali e criteri di qualità - Definizioni	WG 1
GL 02	Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici	WG 2
GL 03	Illuminazione di sicurezza negli edifici (misto UNI - CEI)	WG 3
GL 04	Illuminazione degli ambienti sportivi	WG 4
GL 05	Illuminazione stradale (misto Luce e illuminazione/Costruzioni stradali)	WG 12
GL 06	Illuminazione gallerie	WG 6
GL 07	Fotometria e colorimetria	WG 7
GL 08	Inquinamento luminoso	
GL 10	Risparmio energetico negli edifici	WG 9
GL 11	Luce diurna	WG 11
GL 12	Progetto illuminotecnico	
GL 13	Prestazioni fotometriche (misto UNI - CEI)	
GL 14	Illuminazione beni culturali	

<sup>1)</sup> A tutti i gruppi europei indicati partecipano esperti nazionali

Le operazioni da eseguirsi sono suddivise in tre precise tipologie:

- verifica generale;
- verifica di funzionamento;
- verifica dell'autonomia.

Di grande importanza la verifica dell'autonomia, effettuata mediante simulazione della condizione di intervento degli apparecchi (per esempio mediante interruzione dell'alimentazione ordinaria) e verifica con esame a vista che tutti gli apparecchi di una sezione o area omogenea dell'impianto (per esempio un piano di un palazzo o un reparto di un'officina), si accendano al momento dell'interruzione dell'alimentazione ordinaria.

Importante per coloro che si occupano delle verifiche, è la definizione della loro cadenza temporale, prescritta rispettivamente con cadenza annuale (verifica generale), cadenza semestrale (verifica di funzionamento) e cadenza annuale (verifica dell'autonomia).

L'avvenuta effettuazione degli interventi di verifica e i risultati di questi, devono essere annotati sull'apposita scheda del registro dei controlli, così come le eventuali anomalie riscontrate, se necessario, ed eliminate, ove possibile, con un'azione correttiva immediata. Ove ciò non sia possibile, le anomalie devono essere tempestivamente segnalate al soggetto responsabile.

Tutte le anomalie riscontrate devono essere oggetto di un intervento correttivo eseguito da un operatore qualificato: il servizio tecnico interno, un installatore elettrico, una società di manutenzione specializzata o di *facility management*, dei quali sia verificata l'idoneità tecnico professionale.

Approfittare della manutenzione per rinnovare gli impianti di illuminazione di emergenza, con l'eventuale aiuto di un progettista, permette di ridurre i costi di gestione beneficiando dei vantaggi offerti dalle nuove tecnologie.

Occorre pertanto promuovere la crescita e la moralizzazione del settore, ponendo in atto azioni volte ad aumentare l'attenzione da parte degli organismi preposti al controllo, dal cui operato e dalla cui proattività possono discendere significativi effetti di *"moral suasion"* nei confronti dei soggetti responsabili.

L'attività delle istituzioni, ed in particolare con il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco è in tal senso indispensabile, nell'interesse di tutti gli attori coinvolti.

Da questo punto di vista il Decreto 3 Agosto 2015 *"Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 5 del decreto legislativo 8 marzo, n.139"* è il più recente provvedimento legislativo nel settore della prevenzione incendi, relativamente ad alcune delle attività soggette alla responsabilità dei Vigili del Fuoco.

Infatti, l'allegato tecnico al sopracitato Decreto, riprende in modo molto chiaro:

- l'obbligo del controllo e della manutenzione regolare dei sistemi e dei dispositivi antincendio;
- l'adozione del registro dei controlli;
- la predisposizione di un piano finalizzato al mantenimento delle condizioni di sicurezza comprendente sia i controlli delle vie di esodo e della segnaletica di sicurezza che la programmazione della manutenzione dei sistemi e impianti ed attrezzature antincendio.

Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco riveste pertanto un ruolo chiave nel panorama delle verifiche sui luoghi di lavoro in quanto la omessa adozione delle misure necessarie ai fini della prevenzione incendi e dell'incolumità dei lavoratori e l'omessa predisposizione e omesso controllo dei mezzi ed impianti di estinzione incendi rientrano fra le fattispecie di reato soggette alla vigilanza da parte di questi.

La collaborazione fra il mondo associativo industriale, gli istituti normativi e il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco rappresenta un potenziale punto di forza nella promozione e diffusione del concetto di prevenzione quale elemento fondamentale della sicurezza.

**Fabio Pedraza**

*Coordinatore UNI/CT 23 GL 3 Illuminazione di sicurezza negli edifici*

### Note

<sup>1</sup> Decreto legislativo 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza" Decreto legislativo 3 agosto 2009, n° 106 "Disposizioni integrative e correttive del DLgs 81/08 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Decreto Ministeriale 10 marzo 1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro

## Illuminazione dei posti di lavoro e dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione: novità in vista

Nell'anno 2015 il WG 2 del CEN/TC 169 ha iniziato i lavori per la revisione della EN 13032-2 "Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaire - Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places" e della EN 12464-1 "Lighting of work places - Part 1: Indoor work places".

Le proposte del WG2 per la revisione della EN 13032-2 sono le seguenti:

- l'introduzione di parti specifiche relative agli apparecchi di illuminazione con sorgenti luminose a LED;
- la proposta di modifica degli angoli dei piani di misura C e, all'interno di ogni piano di misura degli angoli  $\gamma$  era rispettivamente di 5° e 2,5°. È stato invece deciso di non modificarli e quindi sono rimasti gli angoli precedentemente prescritti di 15° per i piani C e 5° per gli angoli  $\gamma$ ;
- sono state meglio precisate le procedure per la presentazione delle intensità di misura sia quando riferite a valori assoluti sia quando riferite a 1.000 lm considerando quando le sorgenti di luce potevano essere misurate indipendentemente dall'apparecchio di illuminazione;
- una miglior definizione delle aree luminose dell'apparecchio per valutare l'abbagliamento.

Per quanto riguarda invece la revisione della EN 12464-1, i lavori sono appena iniziati, prendendo in considerazione le proposte di modifica inviate al WG 2 dai singoli paesi.

Una delle proposte di modifica riguarda l'inserimento all'interno della norma degli effetti non visivi della luce. Questo argomento era stato già considerato anche nella versione del 2011 nel punto 4.13 "Variabilità della luce" nel quale è scritto, fra le altre cose che possono essere considerati gli illuminamenti che producono effetti non visivi della luce, i quali con la variazione della temperatura di colore della luce e le variazioni delle condizioni di illuminazione nel tempo usando sia la luce artificiale sia la luce diurna può stimolare e aumentare il benessere delle persone. I campi di variazione raccomandati sono ancora oggetto di studio.

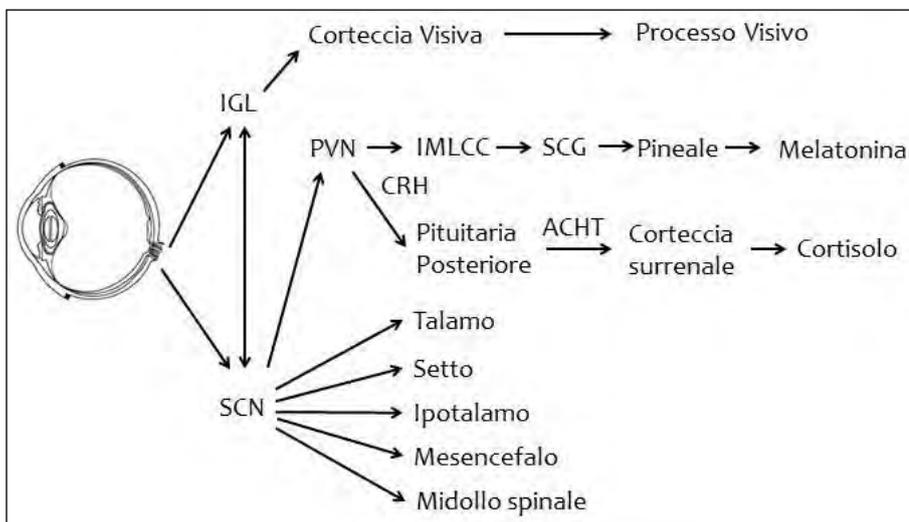


Figura 1 - I due percorsi della luce

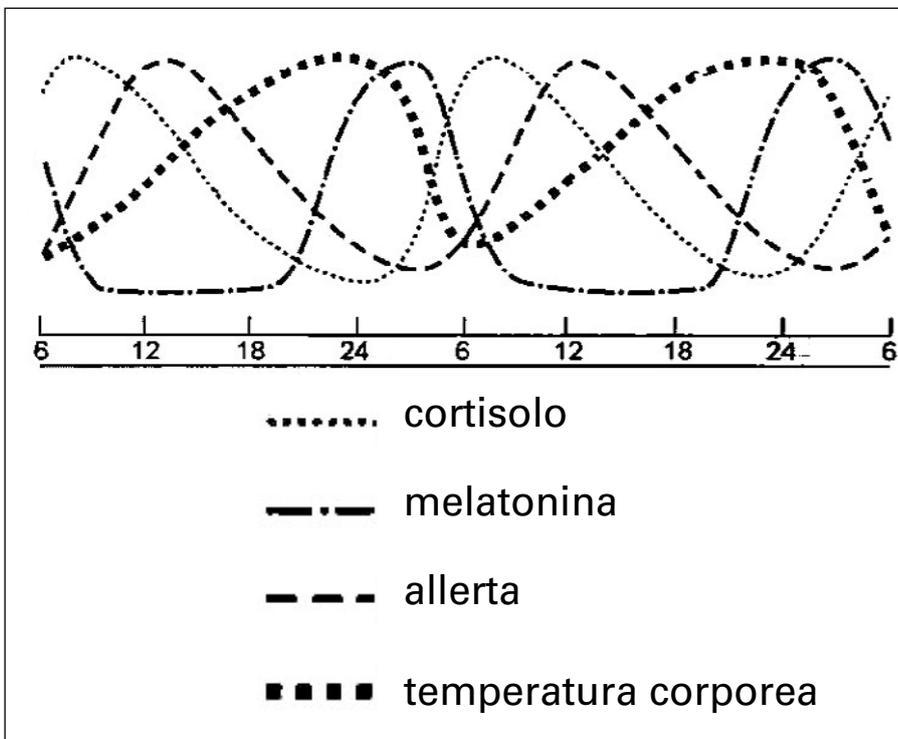


Figura 2 - Ritmi circadiani

Sull'argomento degli effetti non visivi della luce, oltre a studi attuali, la CIE ha pubblicato uno specifico *technical report*: pubblicazione CIE 158 del 2004.

Le conoscenze fino ad ora acquisite descrivono i due diversi percorsi della luce (figura 1): un percorso visivo, definito con la sigla IGL (*Intergeniculate leaflet*) che produce il processo visivo e un percorso non visivo, definito con SNC (*Suprachiasmatic nucleus of the hypothalamus*) che conduce alla produzione della melatonina e del cortisolo.

Questi due percorsi non sono indipendenti l'uno dall'altro, ma si influenzano reciprocamente.

Gli effetti non visivi della luce sono legati a variazioni cicliche, nell'arco di 24 ore, dei ritmi circadiani (Figura 2) che determinano variazioni di:

- melatonina (*melatonin*);
- cortisolo (*cortisol*);
- allerta (*alertness*);
- temperatura corporea (*body temp*).

Un elevato livello di melatonina nel sangue favorisce lo stato di rilassamento e quindi il sonno mentre un basso livello di melatonina favorisce lo stato di veglia (*alertness*). Infatti, come mostra la curva della melatonina (*melatonin*) in figura 2 il suo livello è elevato durante la notte e basso durante le ore diurne. Mentre la curva dell'allerta (*alertness*) è specularmente contraria alla curva della melatonina con valori bassi durante le ore notturne e valori elevati durante le ore diurne.

Il cortisolo, chiamato anche ormone dello stress, produce un aumento degli zuccheri nel sangue, contribuisce alla regolazione della pressione del sangue e al buon funzionamento del sistema immunitario. Esso è elevato nelle prime ore del mattino poi scende fino a raggiungere un minimo nelle ore notturne.

La soppressione della melatonina è influenzata dalla direzione della luce.

Come illustrato dalla figura 3, la luce proveniente nella parte superiore dalla direzione di visione fino ad una elevazione di 45° è quella che favorisce in modo efficiente la soppressione della melatonina.

- Intensità dello stimolo luminoso;
- Tempo della durata dello stimolo luminoso;
- Periodo del giorno o della notte nel quale si verifica lo stimolo luminoso;
- La velocità della variazione dello stimolo luminoso;
- La distribuzione spettrale dello stimolo luminoso.

La figura 4 illustra la curva di distribuzione spettrale della curva di soppressione della melatonina (curva blu a tratto continuo) confrontata con la curva di visibilità spettrale (curva tratteggiata)

La luce blu, quella con corta lunghezza d'onda, è quella che maggiormente influenza la soppressione della melatonina.

Questo processo è ovviamente molto più complesso, perché i due percorsi della luce illustrati in figura 2 sono reciprocamente interagenti; infatti, la presenza di luce

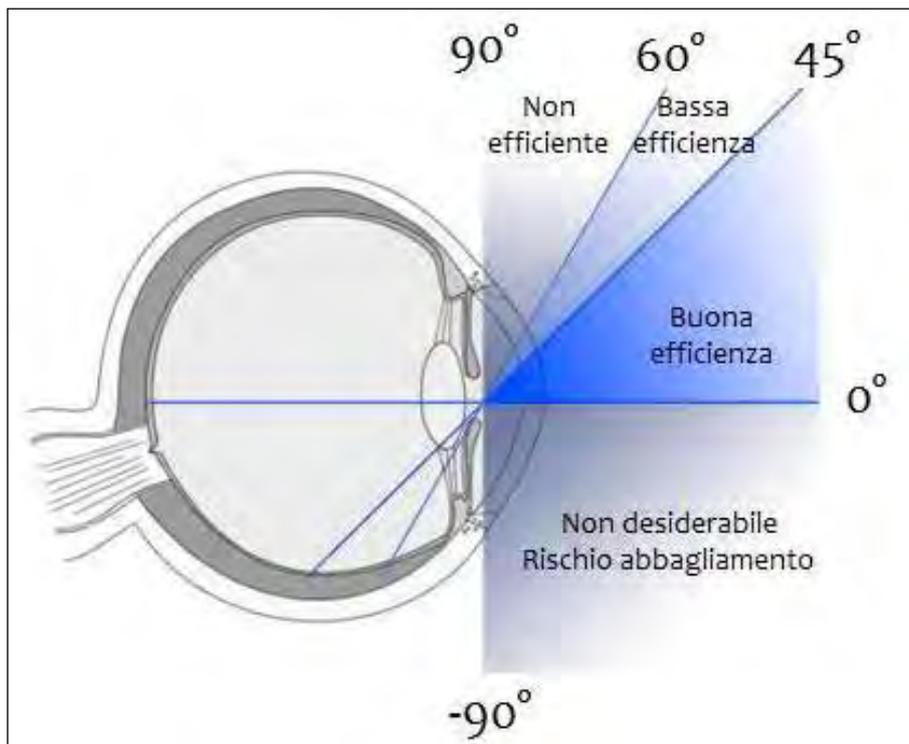


Figura 3 - Direzione della luce

di lunghezze d'onda diverse da quelle della luce blu determinano dei fenomeni di opposizione che sembrano inibire parzialmente gli effetti della soppressione della melatonina prodotta dalla luce blu.

Alla luce di quanto detto sopra, sugli effetti non visivi della luce non ci sono, al momento, evidenze sperimentali che confermino in via completa e definitiva gli effetti che essi producono sulle persone, quindi è opportuno che, per il momento, i nuovi parametri da inserire nella revisione della norma EN 12464-1 siano in un'appendice informativa in modo che, essi siano confermati da studi e sperimentazioni più complete e attendibili.

Nel frattempo i progettisti illuminotecnici, sotto la propria responsabilità, possono applicare tali parametri permettendo il miglioramento delle nostre conoscenze sull'argomento.

**Luigi Schiavon**

*Coordinatore UNI/CT 23 GL 2 Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici e GL 11 Luce diurna  
Membro UNI/CT23 GL 13 Prestazioni fotometriche e GL 7 Fotometria e colorimetria*

**CHI È AIDI**



AIDI Associazione Italiana di Illuminazione<sup>1</sup> dalla sua fondazione nel 1958, svolge una costante azione d'informazione scientifica, tecnica e culturale per la diffusione della conoscenza dei problemi legati ai temi dell'illuminazione.

Presente sul territorio nazionale con sezioni territoriali, è da sempre ambasciatrice di una moderna cultura della luce italiana, ed è testimone, dalla sua costituzione, della storia e dell'immagine dei suoi associati: un'imprenditoria illuminata e coraggiosa, studiosi e personalità del mondo accademico, progettisti, aziende di servizi, cultori della luce, che con il loro impegno e intelligenza, hanno contribuito non solo alla vita e allo sviluppo dell'Associazione, ma anche all'affermarsi dell'illuminazione italiana nel mondo.

AIDI ha come scopi primari la diffusione della conoscenza di tutti gli aspetti legati all'illuminazione e la promozione dello studio e della ricerca, per favorire lo sviluppo delle sue applicazioni. Svolge attività didattica, culturale e di divulgazione; istituisce propri comitati e commissioni di studio; mantiene rapporti con enti, associazioni, centri di ricerca, commissioni nazionali e internazionali che, in Italia o all'estero, svolgono attività direttamente o indirettamente connesse con lo sviluppo degli studi e delle applicazioni dell'illuminazione.

AIDI partecipa, in qualità di membro del Council e del Board of Directors, all'attività del Lux EUROPA, di cui dal 1969 è uno dei membri fondatori. Dà il suo contributo attivo all'organizzazione del Congresso Lux EUROPA che si tiene ogni quattro anni in uno dei Paesi aderenti.

<sup>1</sup> www.aidiluce.it

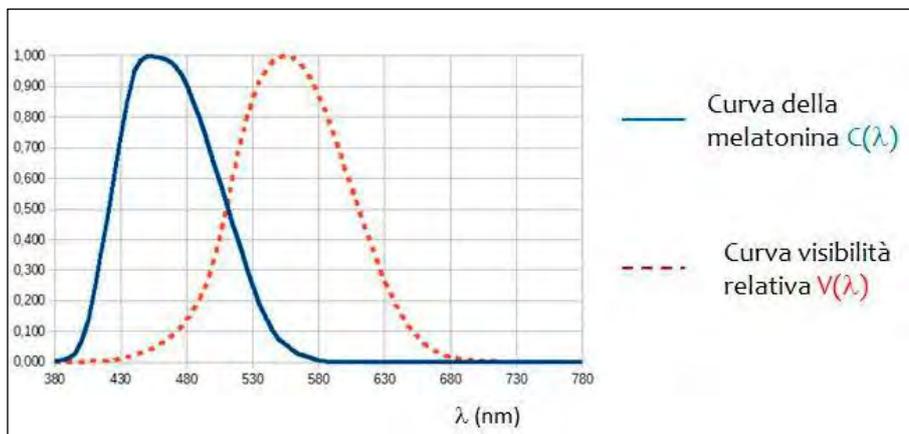


Figura 4 - Curve di visibilità relativa in visione diurna V(λ) e curva della melatonina C(λ).

**Progetto illuminotecnico: nuovi orientamenti**

L'evoluzione tecnologica promuove da tempo il perfezionamento estetico e funzionale di apparecchi illuminanti sempre più efficienti ed al servizio di una nuova concezione della luce come parte integrante del comfort degli spazi interni ed esterni della vita sociale.

Ad una buona luce si associano non solo la facilitazione delle funzioni visive ma anche migliorati effetti biologici nonché emotivi per l'uomo: l'illuminazione infatti sottolinea e "scolpisce" le architetture, ma è anche capace, dosando opportunamente quantità e qualità, di creare atmosfere particolari, di sostenere il ritmo circadiano e di diventare un dato oggettivo del benessere.

Al fine di ottenere una corretta illuminazione è quindi necessario soddisfare tre esigenze fondamentali, quali il comfort visivo, la prestazione visiva e la sicurezza.

Parte integrante di un progetto mirato alla creazione di luoghi destinati alla fruizione sociale è quindi una buona e competente progettazione illuminotecnica. Ed una buona progettazione illuminotecnica necessita di una base normativa che ne sostenga degnamente significati ed attuazione.

I criteri per l'illuminazione necessari nell'ambito del terziario sono ben definiti dalle norme UNI in vigore per ogni singolo ambito. A partire dal 2000 sono state emanate, a livello regionale, leggi nel settore della pubblica illuminazione, legate all'insorgere di nuovi "bisogni" nel rispetto dell'ambiente, quali la riduzione dell'inquinamento luminoso, il contenimento dei consumi energetici ed il miglioramento dell'efficienza energetica, leggi che, non sempre con parametri tra loro omogenei, introducono la coerenza dell'obbligo del progetto. Non esiste, però, alcuna norma tecnica relativa alla progettazione illuminotecnica che in maniera univoca possa qualificarla come tale.

Sulla base di queste considerazioni la commissione UNI/CT 023 Luce ed illuminazione ha valutato di dare mandato al gruppo di lavoro GL12 di predisporre una proposta di norma che avesse per oggetto i "Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico". Il gruppo di lavoro sopraindicato, preso atto che per la mancanza oggettiva di riferimenti negli anni si sono consolidate procedure progettuali accettate seppur non rispondenti ai canoni del buon progetto, ha focalizzato la propria attenzione sull'individuazione dei requisiti che deve possedere un "progetto illuminotecnico", ponendo particolare cura ed attenzione agli ambiti giuridici per evitare eventuali sovrapposizioni o interferenze con norme e leggi vigenti e predisponendo un apparato normativo unico nel rispetto di quanto previsto nel DPR 207/2010 "Codice dei contratti relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione alle direttive 2004/17/CE e 2000/18/CE".

La norma elaborata è la UNI 11630 *Luce e illuminazione - Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico*, mirata a sostenere il lavoro dei progettisti in ambito sia pubblico sia privato.

La norma si compone, oltre ai punti cardine rappresentati dalla premessa, scopo, riferimenti normativi e termini e definizioni, essenzialmente di due nuclei:

- ambiti applicativi, fasi progettuali e documentazione che deve comporre il progetto illuminotecnico nelle predette fasi definite in conformità a quanto previsto dal DL 163/2005 e successivo regolamento esecutivo ed attuazione DPR 207/2010;
- appendici informative che dettagliano ulteriormente, per gli ambiti trattati, quanto è specificato nella parte generale.

Si sono analizzate le finalità del progetto e le condizioni da attenzionare e sviluppare per rendere l'insieme conforme alle aspettative della committenza, tenendo conto dei requisiti qualitativi della illuminazione. Il tutto nel rispetto delle regole che, in maniera univoca, individuano un "progetto". Il lavoro si è concentrato sulla definizione del processo di elaborazione del progetto illuminotecnico per interni ed esterni e sulla stesura della relativa documentazione.

La UNI 11630 si applica ai progetti di nuovi impianti ed all'adeguamento e trasformazione di quelli esistenti nei seguenti ambiti:

- ambienti interni quali ospedali, alberghi, uffici, commerciali, industriali, residenziali, ecc;
- installazioni sportive, in ambienti interni ed esterni;
- impianti stradali (carrabili, ciclabili, o pedonali), aree esterne, quali parchi, giardini, parcheggi, ecc;
- impianti architettonici o monumentali, in ambienti interni ed esterni;
- gallerie e sottopassi.

La norma è strutturata in maniera tale che vengano elencati puntualmente accanto ai livelli di progettazione, i diversi elementi che costituiscono ciascun livello con indicazione di quanto necessario nel pubblico e nel privato. Si è affidato invece alle appendici tecniche l'esame di elementi specifici del progetto per ciascun ambito di applicazione.

La scelta di entrare nello specifico attraverso le appendici, informative, rende la norma più dinamica, laddove dovessero intervenire modifiche che non interessano le procedure generali della progettazione bensì l'intervento nei singoli e diversi ambiti di applicazione.

Questa completezza di informazioni che definisce le fasi, i livelli e le procedure nel particolare diventa fondamentale affinché un progettista abbia un unico riferimento a cui ricondurre la stesura del proprio progetto illuminotecnico che possa così presentarsi completo ed esaustivo.

In modo innovativo la UNI 11630 consente anche di giungere al concetto di "equivalenza" di un prodotto perché non si possa incorrere nelle ingiustificate sostituzioni di apparecchi o di soluzioni con prodotti che vadano incontro solo al vantaggio economico trascurando le scelte progettuali del professionista. In questo senso la norma identifica i 5 requisiti di "equivalenza" dei prodotti ai fini del mero progetto illuminotecnico, definiti come condizioni di coesistenza contemporanea degli stessi nel valutare le caratteristiche stilistiche, tipologiche e prestazionali per mettere tra loro in correlazione i prodotti.

Anche la scelta di porre alla base del progetto illuminotecnico l'obbligo di allegare i dati fotometrici impiegati aventi riferimenti univoci ed esplicitandone il metodo di calcolo utilizzato e l'eventuale software, è stata fatta sia a salvaguardia e garanzia delle scelte

del progettista, sia per permettere la verificabilità nel tempo del progetto stesso.

Una considerazione ulteriore si riferisce alla valorizzazione della competenza professionale del progettista illuminotecnico che diventa elemento indispensabile per tenere conto delle mille sfaccettature di una siffatta progettazione. In questa ottica si è inoltre introdotto il concetto di "tempistica minima adeguata" da concedere al progettista, affinché possa svolgere l'attività con la necessaria perizia, in considerazione della complessità e molteplicità degli elaborati costituenti il progetto.

La norma vuole essere una garanzia di conformità per il risultato finale ma diventa, in ogni caso, un sistema di divulgazione e trasferimento della conoscenza fra tutti gli attori della catena del processo produttivo. Il gruppo di lavoro auspica che il risultato finale dell'attività svolta possa diventare un riferimento valido oltre che per i progettisti anche per le committenze che, nel procedere in tema di progettazione illuminotecnica, troveranno così indicazioni precise e complete.

**Aldo Abate**

*Coordinatore UNI/CT 23 GL 12 Progetto illuminotecnico*

#### CHI È ISTIL



L'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso - ISTIL<sup>1</sup>) ha per scopo lo sviluppo e la promozione della ricerca scientifica sull'inquinamento luminoso nonché lo sviluppo e la diffusione di tecnologie e metodi per

limitare l'inquinamento luminoso ed i suoi effetti sull'ambiente. ISTIL sviluppa nel suo seno ricerca scientifica e tecnologica relativa all'inquinamento luminoso sia dal punto di vista sperimentale sia teorico. Svolge attività di monitoraggio da Terra e/o da satellite su scala globale delle emissioni luminose in atmosfera e dei loro effetti sull'ambiente notturno e collabora con gli enti interessati. Promuove e collabora a ricerche sull'inquinamento luminoso anche a carattere interdisciplinare e su scala internazionale, come attesta la pubblicazione del nuovo atlante della brillantezza artificiale del cielo, ottenuto in collaborazione con il NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, il US National Park Service, l'Università di Haifa, il Deutsches GeoForschungs Zentrum GFZ, Potsdam e il Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlino.

ISTIL infine può svolgere per enti pubblici e privati, aziende, studi professionali, etc. studi su commissione, rapporti tecnici e scientifici, valutazioni di impatto ambientale e fornire dati scientifici e pareri tecnici.

Dal 2001 l'ISTIL si è dotato di un parco strumenti che costituiscono il Laboratory of Photometry and Radiometry of Light Pollution (LPLAB). LPLAB dispone della strumentazione per eseguire misure di: luminanza nelle bande CIE fotopica e scotopica, illuminamento, irradianza, radianza e irradianza, Photosynthetic Active Radiation (PAR), mappatura della brillantezza del cielo notturno in situ nelle bande fotopica e scotopica CIE e nella bande fotometriche astronomiche UBVRi con estinzione atmosferica, mappatura iperspettrale del cielo in situ, polarimetria e spettropolarimetria della brillantezza notturna del cielo, flusso verso l'alto di zone inquinanti, radianza notturna della superficie terrestre, imaging delle emissioni luminose nelle varie bande astronomiche e CIE scotopica e fotopica, luminanza di velo e abbagliamento, imaging iperspettrale di zone inquinanti e impianti di illuminazione, misure spettro radiometriche di sorgenti, misure di riflettanza bidirezionale (BDRF), calibrazioni di radianza, luminanza, irradianza spettrale, illuminamento, risposta spettrale. Al momento la strumentazione viene usata esclusivamente per le ricerche dell'Istituto, non essendo organizzati per svolgere attività in conto terzi.

ISTIL promuove e svolge qualsiasi altra attività rivolta o connessa allo sviluppo e alla diffusione di tecnologie e metodi per limitare l'inquinamento luminoso e, più in generale, alla protezione dell'ambiente notturno dall'inquinamento luminoso, come essere editore di pubblicazioni, organizzare convegni scientifici, attività didattiche. In questa prospettiva va visto il lavoro portato avanti da ISTIL in ambito della commissione CT 023 di UNI all'interno di vari gruppi di lavoro connessi con le tematiche dell'illuminazione e dell'inquinamento luminoso. ISTIL mette a disposizione la propria conoscenza scientifica e tecnica per suggerire i modi più efficaci per arrivare ad una riduzione dell'inquinamento luminoso con le sue conseguenze negative sull'uomo e sull'ambiente.

<sup>1</sup> E-mail: info@istil.it

## Luce progettata per la città e le architetture

Certamente nessuna delle innovazioni tecnologiche dell'ultimo secolo ha cambiato così profondamente la nostra vita come la luce elettrica. Durante il giorno come di notte, in esterno ed in interno ed in tutti i luoghi e gli spazi che abitiamo l'illuminazione artificiale è divenuto un elemento fondamentale del nostro modo di vivere.

L'idea di trasformare la notte in giorno incominciò a formarsi nel momento in cui le scoperte scientifiche e le conseguenti innovazioni tecnologiche resero possibile l'incremento della produzione di luce artificiale e più semplice la sua distribuzione.

Scrivo in proposito Wolfgang Schivelbusch nel suo "Luce" pubblicazione dedicata alla storia dell'illuminazione artificiale del XIX sec.: "Sul finire dell'Ottocento, l'Europa è percorsa da una nuova utopia: la trasformazione della notte in giorno"<sup>1</sup>.

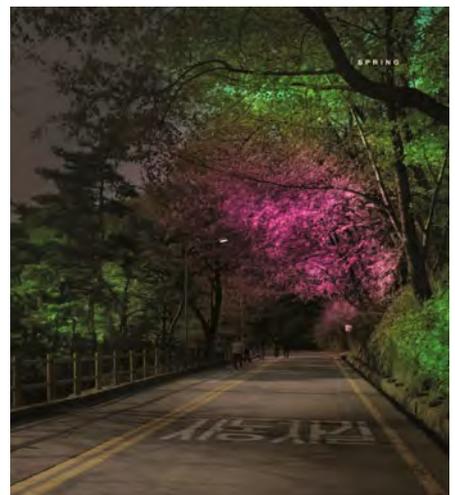
Da quei momenti ricchi di entusiasmo, sorpresa e stupore l'illuminazione dello spazio urbano e del territorio è divenuta una condizione essenziale per la vita degli esseri umani. La cosiddetta "pubblica illuminazione", che include i monumenti e le architetture, è divenuta un chiaro segno di civiltà senza la quale ci sentiremmo in pericolo e forse incapaci di vivere durante la notte.

Durante l'ultimo ventennio il modo con cui concepiamo la notte ha subito un radicale cambiamento. Cento anni fa le strade erano illuminate sostanzialmente per motivi di sicurezza e solo dopo l'introduzione delle luce elettrica è comparsa l'illuminazione monumentale sebbene a carattere festivo.

Ancora un cinquantina di anni fa la notte era considerata il periodo del riposo per eccellenza, al contrario di oggi dove la notte è diventata il periodo più importante delle 24 ore, nel quale si esce, ci si diverte, si sogna e si cerca di dimenticare lo stress e le preoccupazioni.

Questo nuovo modo di concepire la notte ha fatto sì che la fruizione di una città e dei suoi monumenti non possa essere più unicamente relegata alle ore diurne. In questo senso sono stati realizzati diversi interventi atti a valorizzare non solo i centri cittadini con la pubblica illuminazione ma anche di edifici "pregevoli per arte e storia" di cui le nostre città, fortunatamente sono così ricche.

In questo complesso panorama si è aggiunta oggi una nuova rivoluzione: l'avvento della tecnologia LED.





Si ritiene che la luce allo stato solido, i LED, rappresentino l'innovazione più significativa nel panorama dell'illuminazione, sin dalla primissima produzione di illuminazione elettrica. Grazie alle sue caratteristiche tecniche ed estetiche consente una elevata libertà di progettazione in termini di uso del colore e di effetti dinamici nonché di facile inserimento architettonico date le dimensioni spesso ridottissime.

I LED di ultima generazione vantano una durata di vita utile elevatissima fino a 50.000 h (circa 15-20 anni) al 70% del loro flusso iniziale, inoltre offrono un rendimento energetico superiore rispetto a molte altre sorgenti luminose.

Il loro fascio luminoso è quasi del tutto privo di emissione termica ed ha uno spettro pressoché esente da raggi UV ed IR.

Non si prevede alcun cambio di lampada durante la loro vita utile, riducendo al minimo le opere di manutenzione sull'impianto di illuminazione.

Abbinando ottiche ad apparecchi efficienti, un nuovo impianto può garantire enormi risparmi energetici, può abbattere i costi energetici e di conseguenza le emissioni di CO<sub>2</sub>; non è inconsueto ottenere risparmi energetici importantissimi rispetto ad un impianto tradizionale.

In questo affascinante e futuristico panorama occorre che ad occuparsi di progettazione della luce, specie quando si tratta della cosiddetta "illuminazione architettonica", siano veri esperti in materia.

Un primo e significativo passo è stato fatto con la nuova UNI 11630 *Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico* che risulta il primo documento ufficiale in Italia a parlare della progettazione illuminotecnica come opera di intelletto disgiunta dalla progettazione di architettura, impianti tecnologici e strutture edili.

Tale documento costituirà un importantissimo caposaldo per le Pubbliche Amministrazioni e le Soprintendenze che potranno richiedere un progetto di illuminazione reso ai sensi della UNI 11630 a cui seguirà un doveroso adeguamento in termini di analisi progettuale e contenuti documentali da parte dei professionisti incaricati.

Per quanto attiene la complicata materia dell'illuminazione architettonica certamente non tutte le risposte arriveranno dalla citata norma, ma certamente potrà aprirsi una nuova strada per la progettazione qualificata della luce dedicata alle architetture, siano esse nuove od antiche.

Una cosa è certa troppo spesso, si vedono installati apparecchi di illuminazione a LED di scarsissima qualità e di dubbia provenienza sotto l'egida del risparmio di energia si smerciano prodotti scadenti che, ovviamente, creeranno più danni e problemi che vantaggi.

Inoltre spessissimo si tiene in poco conto l'impatto visivo degli apparecchi di illuminazione durante il giorno, quando spenti e di come questa presenza

possa modificare radicalmente la percezione di un'architettura.

Mi auspico che sulla scorta della nuova norma possa instaurarsi un dialogo tra le diverse figure che operano nel mondo della progettazione architettonica e del restauro per testare ed ottimizzare eventualmente il documento.



**Marco Palandella**  
Membro UNI/CT 23 Luce e illuminazione  
Lighting Designer

## CHI È ASSIL

ASSIL<sup>1</sup> affonda le sue radici nell'ambito della costituzione della Associazione Nazionale Industrie Elettrotecniche (ANIE) dal 1945, attraverso l'istituzione del gruppo 10° Corpi Illuminanti e del gruppo 12° Lampadine. ASSIL nasce nel 1995 e nel 2008 diviene associazione autonoma, pur sempre federata nella Federazione ANIE.

Essa raggruppa circa 80 aziende tra le più rappresentative presenti sul mercato italiano. Con un fatturato complessivo di 2,5 miliardi di €, esse rappresentano oltre il 60% del fatturato complessivo italiano del settore occupando circa 8.000 addetti.

### Rappresentare, tutelare e supportare le Aziende Associate

Nello svolgimento della propria *mission*, ASSIL offre alle aziende associate servizi ad alto valore aggiunto per garantire informazioni costanti e puntuali sulle tematiche di maggior interesse per il settore.

Con l'obiettivo di favorire il miglioramento qualitativo e prestazionale dei prodotti immessi sul mercato, l'Associazione fornisce assistenza e formazione tecnica volte al costante aggiornamento delle aziende associate.

Notevole attenzione è dedicata all'evoluzione normativa e legislativa che l'associazione, grazie alla propria Area Tecnica dedicata, segue a livello nazionale e internazionale in tutte le varie fasi di sviluppo, emanazione, recepimento e applicazione.

ASSIL aderisce a LightingEurope<sup>2</sup>, l'Associazione di categoria che rappresenta, nell'Unione Europea, i produttori e le Associazioni nazionali del settore illuminazione, fondata il 5 dicembre 2012.

- Mission di LightingEurope è promuovere l'illuminazione efficiente e di qualità per garantire la tutela dell'ambiente, il comfort delle persone, la salute e la sicurezza dei consumatori.

ASSIL è molto attiva e presente su molteplici tavoli normativi; essi sono:

- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano: CT 34 "Lampade e relative apparecchiature"; CT 64 "Impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione" (fino a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c.); CT 89 "Prove relative al rischio di incendio"; CT 96 "Trasformatori"; CT 111 "Aspetti ambientali di prodotti elettrici ed elettronici"; CT 210 "Compatibilità elettromagnetica"
- UNI - Ente Italiano di Normazione: CT 001 "Commissione Centrale Tecnica"; CT 023 "Luce e illuminazione"
- CEN - Comité Européen de Normalisation: TC 169 "Light and Lighting"
- CENELEC European Committee for Electrotechnical: TC34A "Lamps"; TC34Z "Luminaires and related equipment"
- IEC (International Electrotechnical Commission); TC 34 "Lamps and related equipment"; Maintenance Teams TC 96 "Transformer".

Grazie all'esperienza maturata negli ambiti normativi ASSIL offre quindi una serie di servizi Tecnico/Legislativi a supporto delle aziende di settore:

- Assistenza tecnica sempre disponibile per le aziende associate;
- Consulenza tecnico-normativa e legislativa;
- Pubblicazioni tecniche, documentazione informativa e Newsletter per un aggiornamento costante sulle maggiori novità del settore illuminazione;
- Corsi di formazione tecnica e specifica per aziende associate;
- Corsi di progettazione illuminotecnica interna ed esterna, dei principi di illuminotecnica, di fotometria e incertezza di misura;
- Corsi di aggiornamento normativo;
- Seminari.

Assil

## Note

<sup>1</sup> Wolfgang Schivelbusch – LUCE Storia dell'illuminazione artificiale nel secolo XIX – prima edizione 1983

<sup>1</sup> <http://www.assil.it>

<sup>2</sup> <http://www.lightingeurope.org>

## Il LENI e la certificazione energetica negli edifici in Italia

È noto come l'Unione Europea abbia emanato una serie di direttive specifiche che impongono la verifica della prestazione energetica di tutti gli edifici (esistenti o di nuova costruzione) in termini di consumo globale di un edificio (per illuminazione, riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria). È stato introdotto il requisito secondo il quale tale consumo globale di un edificio debba essere inferiore ad un valore massimo limite specificato, funzione della zona climatica e del rapporto di forma dell'edificio stesso. È stato inoltre emanato un protocollo per la riduzione entro il 2020 del consumo di energia primaria attraverso un crescente delle fonti di energia rinnovabili, con contestuale riduzione delle emissioni di gas serra. In Italia, in risposta alle indicazioni prescritte dalle Direttive Europee, le "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" (2009) hanno definito i criteri generali, i metodi di calcolo ed i requisiti minimi di *benchmark* per la progettazione di edifici efficienti da un punto di vista energetico, includendo le prestazioni dell'involucro e degli impianti di illuminazione, di climatizzazione e per la produzione di acqua calda sanitaria. È stato introdotto l'indice globale di prestazione energetica di un edificio  $EP_{gl}$ , inteso come somma di quattro indici parziali:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

Equazione (1)

dove  $EP_i$ ,  $EP_{acs}$ ,  $EP_e$  e  $EP_{ill}$  sono rispettivamente gli indici di prestazione energetica per riscaldamento invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per raffrescamento estivo e per illuminazione. Tutti gli indici sono espressi in kWh/m<sup>2</sup>/anno nel caso di edifici residenziali e in kWh/m<sup>2</sup>/anno per tutte le

altre tipologie di edifici. I vari indici devono essere calcolati su base mensile, tenendo conto dell'effettivo bilancio fra l'energia ceduta dall'edificio, quella entrante nell'edificio e quella dovuta agli impianti e agli apporti di calore interni. In questo approccio mensile, occorre notare come gli apporti interni dovuti a persone, apparecchiature elettriche e impianti di illuminazione (i quali, oltre al flusso luminoso necessario allo svolgimento dei compiti visivi sui piani di lavoro, emettono anche una quota di energia termica, in funzione della tipologia di sorgente luminosa utilizzata) siano considerati attraverso un valore costante nel corso dell'anno, espresso in (W/m<sup>2</sup>) (per esempio per gli uffici tale valore è fissato pari a 6 W/m<sup>2</sup>).

Questo approccio viene discusso criticamente dagli autori nel presente articolo, in particolare per quanto riguarda il ruolo svolto dagli apporti di calore interni legati ai sistemi di illuminazione: infatti, aspetti cruciali quali la potenza elettrica installata al m<sup>2</sup> in funzione del livello di illuminamento sui piani di lavoro, l'efficienza luminosa dei sistemi di illuminazione (sorgenti luminose e componenti ottici), il comportamento dell'utenza, la presenza di sistemi di controllo degli apparecchi illuminanti o dei sistemi di schermatura non sono tenuti in considerazione nel valore 'flat' prescritto per gli apporti interni globali. Se da un lato l'equazione (1) ha il merito di introdurre un approccio integrato per il calcolo della prestazione energetica globale di un edificio, dall'altro occorre sottolineare come in questo approccio i 4 contributi di consumi siano considerati indipendenti gli uni dagli altri. E questa assunzione è in realtà una semplificazione forse eccessiva: per esempio, l'uso di sistemi di illuminazione poco efficienti si traduce in un elevato valore dell'indice  $EP_{ill}$ , ma determina anche un contributo di energia termica presente in ambiente che può portare nel periodo invernale ad una riduzione del consumo per il riscaldamento (indice  $EP_i$ ) e nel periodo estivo ad un sovra-consumo a carico dell'impianto di raffrescamento (indice  $EP_e$ ). Il contributo sugli apporti interni dovuto

all'impianto di illuminazione è inoltre differente nei due periodi, invernale e estivo, a causa di un diverso profilo di utilizzo legato alla diversa disponibilità di illuminazione naturale. Queste dinamiche di mutua influenza fra i diversi aspetti del consumo non sono considerate nell'equazione (1).

In questo articolo si riporta il risultato di uno studio condotto dagli autori (V.R.M. Lo Verso, G. Mutani, L. Blaso, *A Methodology to Link the Internal Heat Gains from Lighting to the Global Consumption for the Energy Certification of Buildings in Italy*, *Journal of Daylighting 1* (2014): 56-67) che ha avuto come obiettivo:

- proporre una nuova procedura per il calcolo degli apporti interni in un edificio, basata sul Lighting Energy Numeric Indicator LENI (introdotto dalla EN 15193:2007);
- applicare la procedura proposta ad un caso studio reale (edificio per uffici), confrontando gli indici di prestazione energetica che si ottengono attraverso le due diverse procedure: quella prescritta dalla norma (che assume 6 W/m<sup>2</sup> per gli uffici) e quella proposta dagli Autori;
- analizzare l'effetto che la località di progetto può avere sulla differenza quantificata al punto b). Per questo motivo, la procedura è stata ripetuta per due diversi siti: Torino e Palermo.

Il caso di studio utilizzato è un edificio del Politecnico di Torino (latitudine: 45.1°N), sede del Dipartimento Energia (DENERG), realizzato nel 1958. L'edificio è costituito da 67 uffici, 1 biblioteca e 2 laboratori. La figura 1 riporta una serie di viste bi- e tri-dimensionali del corpo di fabbrica del dipartimento e delle ostruzioni circostanti.

Le fasi della procedura alternativa proposta in questo studio sono:

- il calcolo degli apporti di calore interni dell'illuminazione considerando l'integrazione tra apparecchi ed illuminazione naturale;
- la somma di questi apporti interni agli apporti interni dovuti ad occupanti ed attrezzature;
- l'uso degli apporti di calore totali come input per il calcolo degli indici di prestazione energetica (per illuminazione, climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria) di un edificio.

La validazione della procedura è stata effettuata sul caso-studio reale utilizzando l'edificio del Dipartimento Energia, ed ipotizzandolo posizionato sia a Torino sia a Palermo, in presenza di sistemi di controllo manuale (on/off) o fotosensori, e confrontando gli indici di prestazione energetica trovati secondo i due approcci (normativo e proposto dagli Autori).

La procedura sviluppata dagli Autori utilizza il LENI (che quantifica fabbisogno energetico annuo dovuto all'illuminazione) come chiave di connessione tra i guadagni interni di energia e la domanda globale di energia per un edificio. In particolare, dal valore LENI calcolato per ogni ambiente dell'edificio si è derivata la percentuale emessa in ambiente sotto forma di calore. I guadagni interni derivanti dai sistemi di illuminazione sono determinati secondo la procedura prevista dalla norma europea EN 15193 e quindi utilizzati come input per il calcolo  $EP_i$ ,  $EP_e$  e  $EP_{acs}$  secondo le norme tecniche italiane. In particolare, gli apporti dovuti all'illuminazione

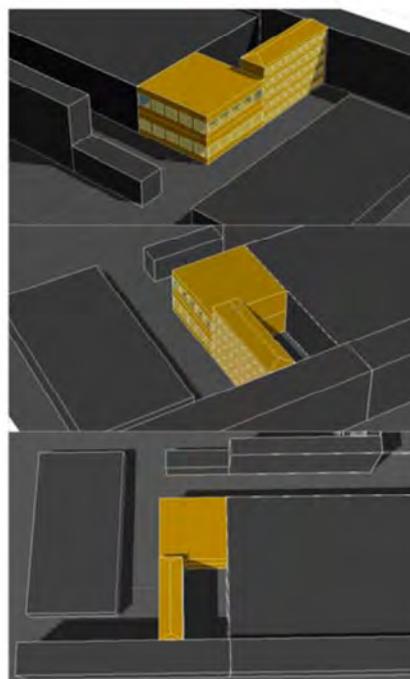
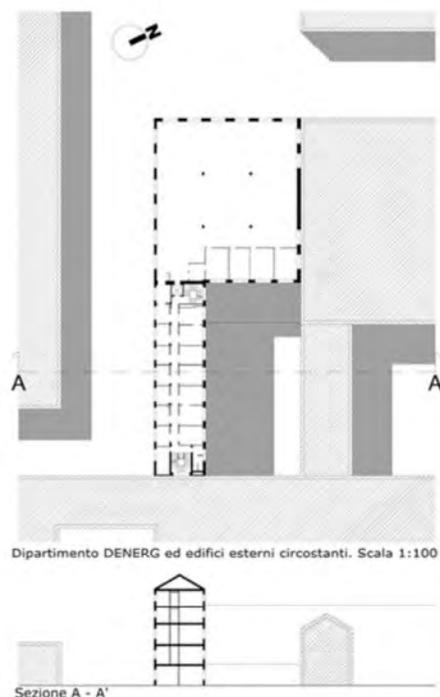


Figura 1 - Vista dell'edificio del DENERG e degli spazi esterni circostanti

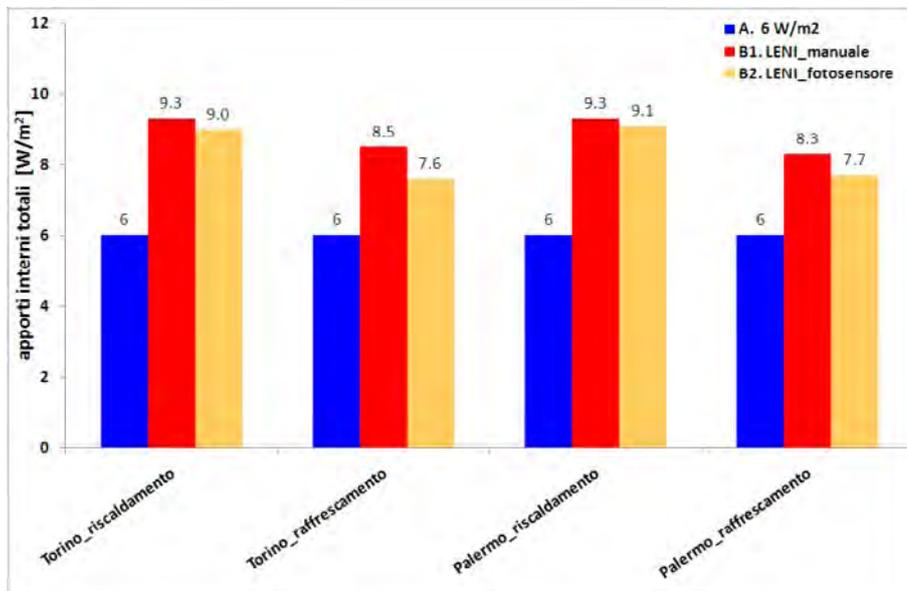


Figura 2 - Apporti interni utilizzati per la stagione di riscaldamento e raffrescamento del DENERG, ipotizzato a Torino e Palermo

artificiale sono sommati agli apporti interni dovuti agli occupanti ed alle apparecchiature elettriche ed il totale ottenuto viene poi utilizzato per il calcolo dei vari indicatori di prestazione energetica di un edificio (per riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda ed illuminazione). Come output finale, si sono calcolati i valori EP dell'edificio DENERG attraverso la procedura standard e la procedura proposta in questo lavoro.

Dall'analisi dei risultati, si è potuto constatare che i guadagni di calore interni basati sul LENI (riportati in figura 2 come colonne B1 e B2) siano superiori rispetto a quanto ottenuto usando il valore standard di 6 W/m² (figura 2, colonne A) fissato dalle norme tecniche italiane per gli uffici: questo a sua volta ha influenzato i risultati degli indici di prestazione energetica EP<sub>p</sub>, EP<sub>e</sub> e EP<sub>gl</sub> (figura 3), con la conseguenza che si è anche osservato uno spostamento della classe energetica finale in base all'approccio utilizzato. Questa differenza nella classe energetica può naturalmente avere anche un impatto sul prezzo di un edificio sul mercato.

Si può osservare come con l'approccio A gli apporti interni siano sottostimati rispetto ai casi basati sul LENI (approcci B1 e B2). Fra questi ultimi in particolare in presenza di fotosensori si osserva una riduzione degli apporti interni legati all'illuminazione (a cui corrisponde una riduzione sul consumo di energia elettrica). Inoltre durante la stagione di raffrescamento gli apporti interni sono minori anche grazie alla maggiore disponibilità di illuminazione naturale: tale aspetto risulta ancor più evidente con i fotosensori, caso in cui si osserva la maggior differenza tra lo stesso edificio a Torino e Palermo. Il metodo di calcolo stagionale-mensile appare dunque molto più dettagliato, consentendo di valutare le interazioni tra i diversi indicatori di prestazione energetica considerando anche il diverso contributo fornito dagli apporti di calore interni.

La differenza massima sui consumi si osserva confrontando la metodologie di calcolo B1 (procedura LENI con controllo manuale on/off) con l'approccio standard A (norme tecniche italiane).

I risultati ottenuti dimostrano che l'adozione di una

procedura sulla base dell'indice LENI per calcolare i guadagni interni dovuti all'illuminazione determina notevoli differenze rispetto al metodo indicato dalla normativa tecnica: si può verificare un salto di classe energetica che può determinare ripercussioni anche sul suo costo dell'edificio in fase di compravendita. La procedura proposta nell'articolo si basa sull'indice LENI, che quantifica l'effettivo utilizzo della luce naturale e l'integrazione tra luce naturale e luce artificiale, tenendo conto di fattori quali la densità di potenza installata, il tipo di controlli per l'illuminazione, le schermature fisse e mobili, il comportamento dell'utente ed il contributo della potenza parassita dei dispositivi di illuminazione.



Il procedimento proposto ha il merito di basarsi sullo sfruttamento della luce naturale e della sua integrazione con l'illuminazione artificiale, tenendo conto del sito considerato e dell'uso di sistemi di controllo installati per i sistemi di schermatura e per gli apparecchi di illuminazione (elementi invece non considerati dal valore 'flat' assunto per gli apporti interni secondo la normativa tecnica). Anche il comportamento degli utenti rientra nel calcolo. D'altro canto, occorre osservare come la procedura proposta abbia sicuramente il limite di essere più lunga e complessa rispetto a quanto prescritto dalla normativa tecnica. Certamente occorre analizzare un numero maggiore di casi-studio, collocati in diverse località prima di generalizzare i risultati di questo lavoro.

La continua evoluzione della normativa tecnica (in particolare le UNI/TS 11300 sulle Prestazioni energetiche degli edifici e la UNI EN 15193 Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione) permetterà di effettuare ulteriori valutazioni prendendo in considerazione nuovi aspetti, espandendo l'attività di ricerca ad altri casi di studio.

**Laura Blaso**

Coordinatrice UNI/CT 23 GL 10 Risparmio energetico negli edifici  
 ENEA DTE-SEN-SCC Dipartimento Tecnologie Energetiche/Divisione Smart Energy/Laboratorio Smart Cities and Communities

**Valerio R.M. Lo Verso**

Dipartimento Energia, Gruppo di Ricerca TEBE Politecnico di Torino

**Guglielmina Mutani**

Dipartimento Energia Politecnico di Torino

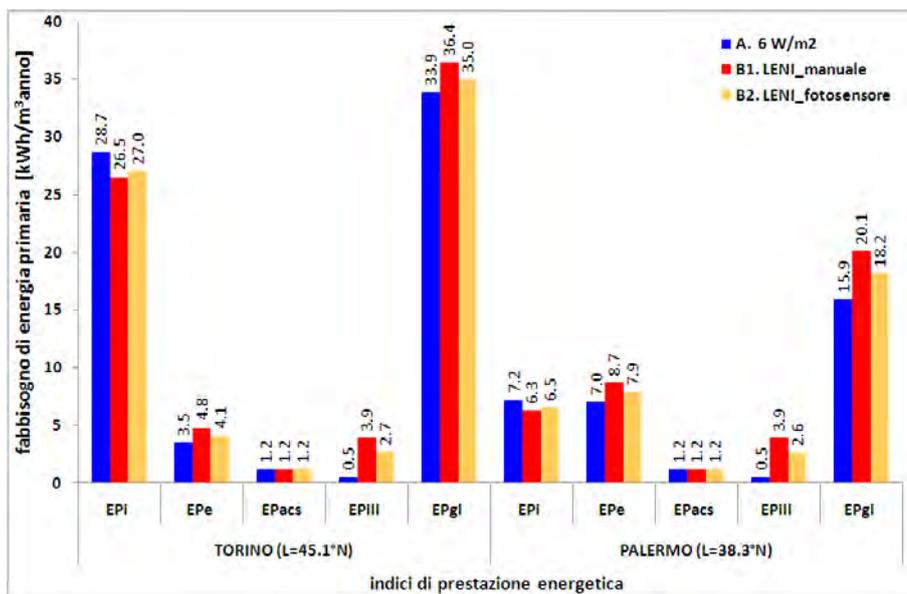


Figura 3 - Indici di prestazione energetica per l'edificio DENERG a Torino e Palermo

**Note**

www.enea.it  
 www.tebe.polito.it

## Svilupi normativi nell'illuminazione stradale

In questi anni la progettazione e la gestione degli impianti di illuminazione stradale sta radicalmente evolvendosi con l'uso di apparecchi di illuminazione a LED (*Lighting Emitting Diode*) e con la possibilità di realizzare in modo economicamente conveniente ed efficace sistemi di illuminazione adattivi.

La revisione delle norme europee e la prossima pubblicazione di norme italiane sulla scelta della categorie illuminotecniche e sul confronto prestazionale di impianti forniscono strumenti progettuali, gestionali e di verifica attualmente adeguati per garantire la sicurezza del traffico minimizzando l'impatto ambientale ed economico degli impianti.

Per valutare correttamente le prescrizioni normative e per comprenderne i compromessi tecnici alla loro base occorre considerare le basi teoriche che descrivono il compito visivo svolto dall'utente della strada.

Nel caso di traffico motorizzato i compiti visivi sono:

- di posizione: adeguamento della velocità e della posizione del veicolo per mantenerlo nella corretta corsia della carreggiata e alla velocità desiderata;
- di situazione: variazioni di velocità, direzione, posizione sulla carreggiata richieste da un cambiamento della geometria della strada, da un improvviso ostacolo, dalla presenza e dal comportamento degli altri veicoli;
- di navigazione: scelta della corretta strada per portare a termine il viaggio.

## PROSPETTO 1 - NORME CEN RIGUARDANTI L'ILLUMINAZIONE STRADALE

NORMA	TITOLO	NORMA SOSTITUITA
UNI EN 13201-2:2016	Illuminazione stradale Parte 2: Requisiti prestazionali	UNI EN 13201-2:2004
UNI EN 13201-3:2016	Illuminazione stradale Parte 3: Calcolo delle prestazioni	UNI EN 13201-3:2004
UNI EN 13201-4:2016	Illuminazione stradale Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche	UNI EN 13201-4:2004
UNI EN 13201-5:2016	Illuminazione stradale Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche	-

Ognuno di questi compiti richiede adeguati livelli di illuminazione sulla carreggiata per essere svolto correttamente e con sicurezza. Anche le condizioni di illuminazione dell'ambiente che circonda la strada, l'effetto guida visiva, prodotto dall'impianto e dalla segnaletica orizzontale e la visibilità della segnaletica verticale influenzano notevolmente la facilità, il grado di sicurezza e di stress con cui vengono eseguiti i compiti di guida. Queste considerazioni rappresentano la base empirica dei requisiti normativi per l'illuminazione stradale.

### Le norme europee della serie UNI EN 13201

A fine 2015 il CEN ha pubblicato la serie di norme elencate nel prospetto 1. Con l'eccezione della quinta parte, si tratta di una evoluzione significativa delle norme precedenti, frutto dell'esperienza accumulata in più di 10 anni di applicazione negli impianti europei.

La prima parte della serie "Road lighting - Part 1: Guidelines on selection of lighting classes" è un rapporto tecnico che, in Italia, è sostituito dalla UNI 11248.

La seconda parte propone la definizione delle categorie illuminotecniche come descritte nel rapporto tecnico CIE 115 [1]. Rispetto alla norma ritirata, le categorie illuminotecniche hanno una nomenclatura semplificata in quanto è scomparsa la suddivisione precedente in sottocategorie; suddivisione che, per le categorie M (traffico motorizzato), prevedeva diversi limiti minimi di uniformità longitudinale, ossia dell'uniformità, significativa per lunghi tratti di strada, che quantifica la visibilità delle zone chiare e scure presenti sulla superficie stradale illuminata.

Il concetto d'illuminazione delle zone limitrofe alla carreggiata viene quantificato con la nuova grandezza denominata EIR (*Edge Illuminance Ratio*) con simbolo  $R_{Ei}$ . L'EIR deve essere valutato e considerato se le

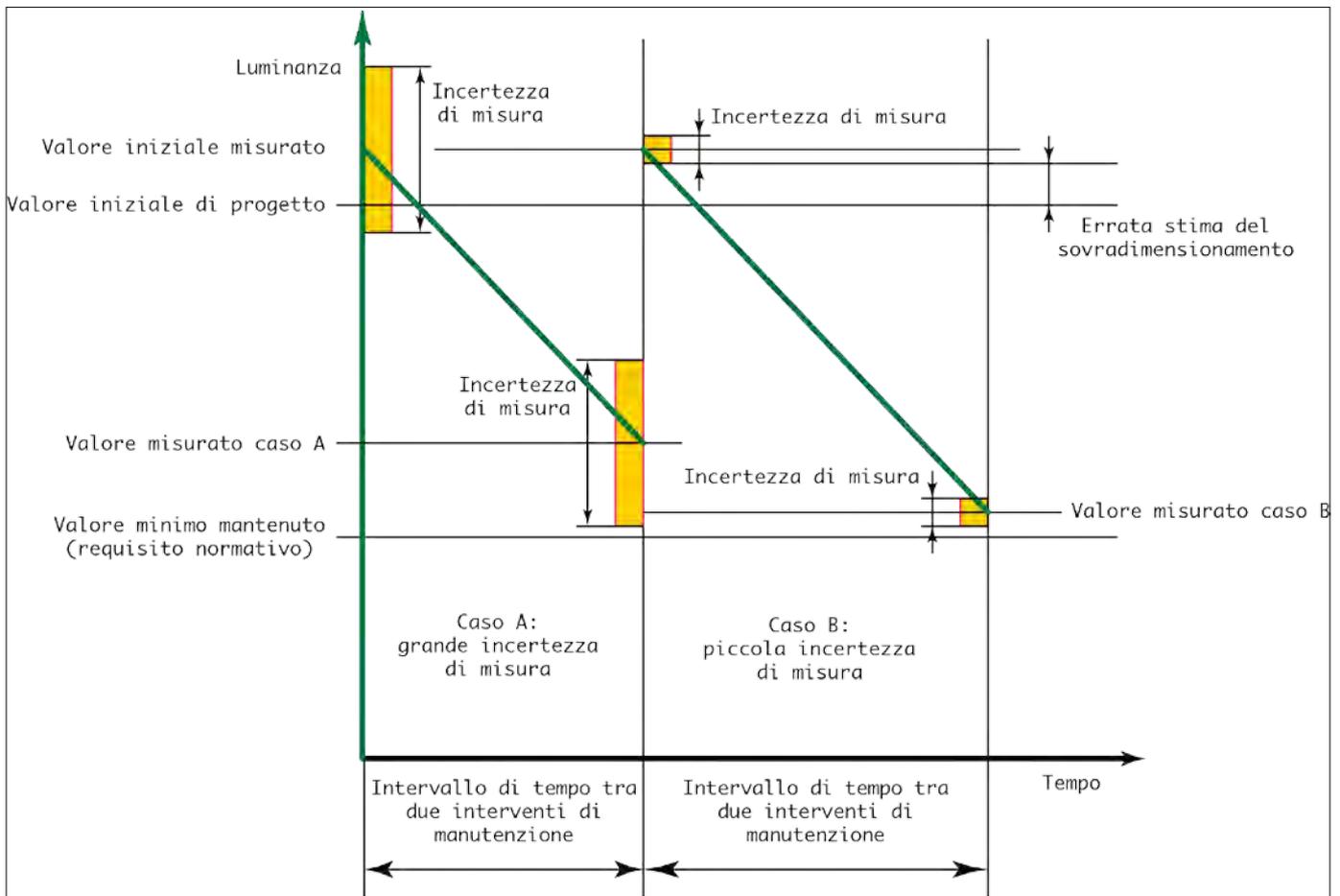


Figura 1 - Influenza dell'incertezza di misura nella valutazione delle prestazioni dell'impianto. Una piccola incertezza influisce sia sull'intervallo di tempo tra successive manutenzioni sia sui consumi energetici dovuti al sovradimensionamento.



$C = 1,0$   $C = 0,5$   $C = 0,1$   $C = 0,0$   $C = -0,1$   $C = -0,5$   $C = -1,0$   
 contrasto positivo contrasto negativo

Figura 2 - Determinazione del contrasto di soglia: all'aumentare del valore assoluto di contrasto l'oggetto diventa sempre più visibile

zone limitrofe non richiedono peculiari condizioni di illuminazione (per esempio i marciapiedi). I valori presenti nella norma UNI EN 13201-2 sono raccomandazioni che possono essere, attraverso la valutazione del rischio, innalzati o ridotti. Per il traffico motorizzato, l'abbagliamento debilitante è sempre quantificato dalla grandezza TI (*Threshold Increment*) con simbolo  $f_{TI}$ , ma, anche se a livello informativo e con una diversa modalità di calcolo, la sua valutazione è prevista anche per il traffico pedonale e alle zone di conflitto, come gli svincoli, le intersezioni e/o le zone con contemporanea presenza di flussi di traffico diversi (per esempio ciclisti e veicoli). Il progettista o l'estensore del capitolato può scegliere tra un limite legato esclusivamente alle caratteristiche dell'apparecchio di illuminazione (categorie di intensità luminosa e/o categorie dell'indice di abbagliamento) o un limite di  $f_{TI}$  più realisticamente legato alle reali condizioni dell'impianto e dell'ambiente illuminato.

La terza parte, oltre a una più dettagliata descrizione degli algoritmi, presenta le seguenti importanti variazioni:

- l'introduzione di impianti di illuminazione con apparecchi installati ad altezze minori di 2 m. In questo caso è necessario, per il calcolo della luminanza della superficie stradale, disporre di dati aggiuntivi sulle caratteristiche in riflessione del manto stradale (tabella estesa del coefficiente ridotto di luminanza);
- La definizione del TI per angoli tra la sorgente abbagliante e la direzione di vista compresi tra  $0,1^\circ$  e  $1,5^\circ$  con la formula generale CIE [2] e per angoli compresi tra  $1,5^\circ$  e  $60^\circ$  con la vecchia formula. Si è preferita questa soluzione per evitare che, impianti a norma con la vecchia edizione risultassero fuori norma con la nuova, esclusivamente a causa delle approssimazioni numeriche tra i due modelli.

La quarta parte è stata profondamente rivista. Tre sono i punti essenziali e innovativi:

- la definizione di quattro finalità della misurazione (per il collaudo; per verificare il degrado delle prestazioni; per la regolazione negli impianti adattivi che garantiscono, nel tempo, le prestazioni richieste; per lo studio dei motivi di discrepanza tra progetto e realizzazione). Ogni scopo prevede requisiti e modalità di misura differenti per ottimizzare costo-accuratezza della misura ai fini delle decisioni conseguenti ai risultati ottenuti;

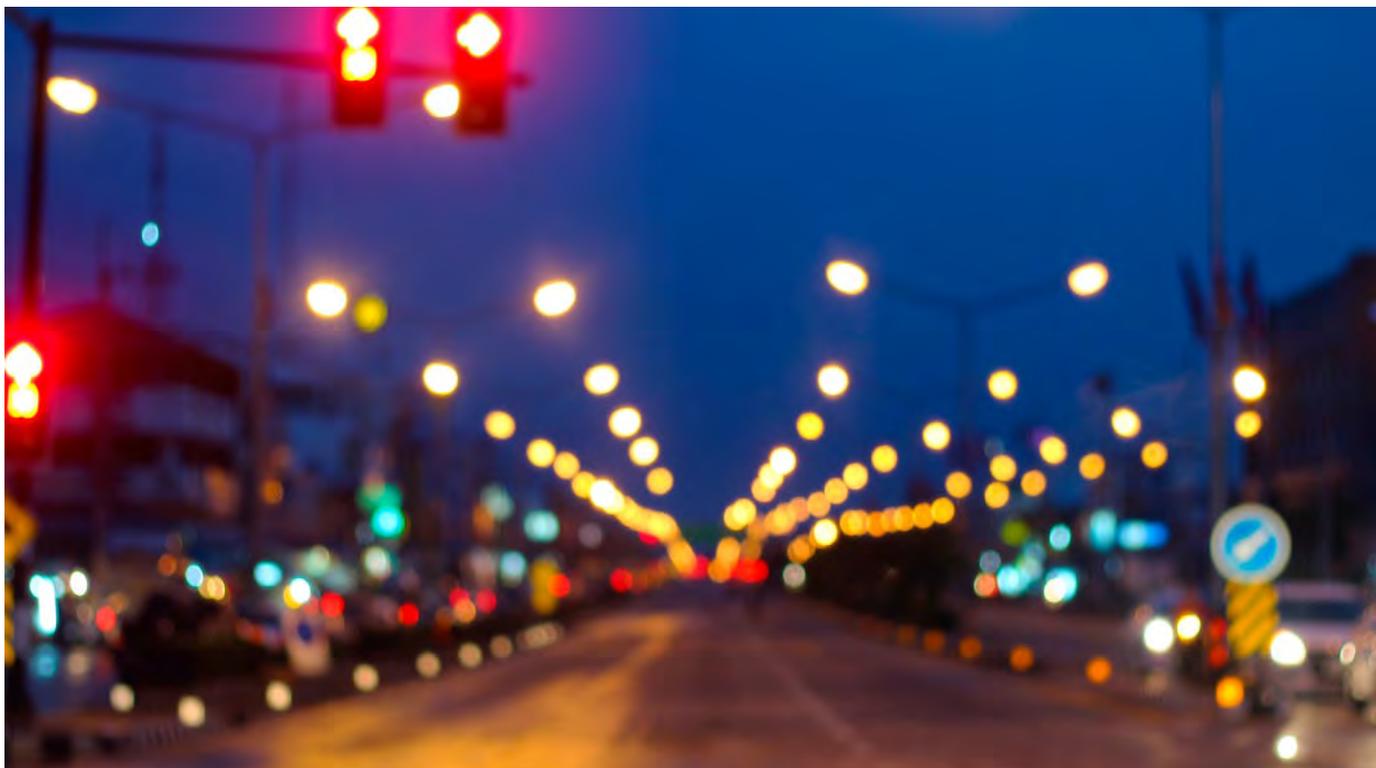
- requisiti specifici per le misurazioni eseguite in condizioni statiche o dinamiche e, nel caso della luminanza, con luminanzometri tradizionali (a punto) o ILMD (Image Luminance Measuring Device);
- necessità di valutare l'incertezza di misura e di considerare il suo valore nella valutazione di conformità alle specifiche. Nel sovradimensionamento dell'impianto o nelle specifiche di regolazione degli impianti adattivi, il progettista dovrà considerare anche questo aspetto (Figura 1).

Per stimare correttamente il sovradimensionamento la norma propone al progettista un utile strumento matematico (*Evaluation of tolerances*) che, su base statistica, permette di pesare l'influenza delle variabili progettuali e delle tolleranze costruttive sia degli apparecchi e sia dell'installazione.

La quinta parte è del tutto nuova e introduce due indicatori che devono sempre essere comunicati insieme. Il primo, con acronimo PDI (*Power Density Indicator*) e simbolo  $D_p$ , rappresenta, in pratica, la densità di potenza riferita al flusso luminoso incidente sulla superficie illuminata necessario per ottenere i valori progettuali dei parametri delle categorie illuminotecniche. Ogni impianto viene caratterizzato da un valore di DP per ogni categoria illuminotecnica di esercizio.

Il secondo, con acronimo AECI (*Annual Energy Consumption Indicator*) e simbolo  $D_{et}$ , rappresenta il presunto consumo energetico dell'impianto riferito all'area della superficie illuminata e calcolato





nell'arco di un anno, considerando sia i consumi dell'impianto ad apparecchi spenti sia quello con le categorie illuminotecniche di esercizio attivate nel periodo di tempo considerato.

### La situazione italiana

Le norme europee richiedono la revisione della norma italiana UNI 11248:2011 che descrive la metodologia per la scelta delle categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio. Il testo della nuova versione è in fase di approvazione: le seguenti considerazioni sono preliminari, ma realistiche.

La nuova norma non stravolge il processo progettuale proposto dall'attuale versione, ma lo ottimizza, puntando al risparmio energetico e alla conseguente riduzione dell'inquinamento luminoso dovuta al minor flusso luminoso installato e quindi alle minori dispersioni verso l'alto della luce riflessa dalle superfici illuminate.

Punti salienti della norma sono:

- ridefinizione del prospetto che lega la categoria illuminotecnica di ingresso alla classificazione delle strade, con alcune riduzioni nei requisiti massimi, come richiesto dalla maggioranza dei membri del gruppo di lavoro;
- suddivisione dei parametri di influenza in costanti nel tempo (determinazione della categoria illuminotecnica di progetto) e variabili nel tempo (categorie illuminotecniche di esercizio);
- possibilità di ridurre fino a tre categorie illuminotecniche quella di ingresso qualora almeno una riduzione sia correlata al flusso di traffico, altrimenti il decremento complessivo non potrà essere superiore a due categorie. Peculiari condizioni per gli impianti adattivi del tipo FAI (*Full Adaptive Installation*) permettono di regolare con continuità il flusso luminoso in funzione del flusso di traffico e di ridurre fino a 3 categorie illuminotecniche quella di progetto;
- Indicazioni dettagliate per individuare correttamente le zone di studio nell'illuminazione delle intersezioni stradali.

### Una nuova specifica tecnica

Nel traffico motorizzato, un compito visivo consiste nell'individuare un ostacolo presente sulla carreggiata a una distanza sufficiente per compiere, in sicurezza, una manovra atta ed evitarne l'impatto.

La visibilità di un oggetto, nel caso di luce acromatica, dipende dalla differenza della sua luminanza rispetto a quella dello sfondo. Un impianto di illuminazione deve mantenere il contrasto, ossia il rapporto tra questa differenza e la luminanza dello sfondo, superiore a un valore minimo (contrasto di soglia) al di sotto del quale l'oggetto non potrebbe essere visto (Figura 2). Una specifica tecnica in fase di approvazione, permette di valutare l'impianto di illuminazione in base alla sua capacità di rendere visibili il maggior numero di oggetti, di dimensioni normalizzate, disposti sulla superficie della strada.

Nelle condizioni di validità del modello, la specifica tecnica ritiene che un impianto con valori più elevati di FVO (*Fattore di Visibilità di Oggetti*), rispetto ad altri di uguale categoria illuminotecnica, produca condizioni di visione maggiormente confacenti alla sicurezza del traffico motorizzato.



### Conclusioni e sviluppi futuri

Le norme rappresentano lo stato dell'arte in un dato momento, dovrebbero stabilire convenzioni e dare prescrizioni senza limitare le capacità creative del progettista o la sperimentazione di situazioni innovative, ossia senza limitare lo sviluppo tecnologico. Purtroppo le due necessità sono in qualche modo in antitesi.

In questa situazione il ruolo della ricerca diventa essenziale, ma i risultati spesso sono recepiti con notevole ritardo dalle norme. Potenziali argomenti per revisioni future potrebbero essere:

- misurazione sul campo delle caratteristiche in riflessione del manto stradale e disponibilità di apparecchi di illuminazione che ottimizzano la ripartizione dell'intensità luminosa in base alle reali esigenze;
- introduzione dei principi della visione mesopica nei requisiti sui livelli di illuminazione;
- l'individuazione di modelli matematici per descrivere il compito visivo e passaggio da base empirica a base scientifica nel descrivere le categorie illuminotecniche;
- ottimizzazione delle condizioni di abbagliamento disabilitante e molesto per il miglioramento del confort di guida e la riduzione dell'affaticamento;
- realistiche distanze e condizioni di visione in base alla densità di traffico e ridefinizione delle griglie di calcolo e di misura;
- influenza dell'invecchiamento della popolazione.

**Giuseppe Rossi**

*Coordinatore UNI/CT 23 GL 05 Illuminazione stradale e GL 06 Illuminazione gallerie INRIM - Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica*

### BIBLIOGRAFIA

- [1] CIE 115:2010, "Recommendation for the lighting of roads for the motor and pedestrian traffic", Commission International d'Eclairage, Vienna 2nd edition 2010.  
[2] CIE 146:2002, "TC 1-50 report: CIE equations for disability glare", Commission International d'Eclairage, Vienna 2002.

## Illuminazione stradale: Italia sempre un passo avanti

Forse è a causa della mancanza di autonomia energetica; forse per l'alto costo dell'energia elettrica: fatto sta che l'Italia ha sempre cercato strade innovative per risparmiare energia nell'illuminazione delle strade.

Quando si sperimentavano le domeniche a piedi erano gli anni 70: in quegli anni apparvero i primi impianti di illuminazione cosiddetti tutta notte-mezzanotte. Appariva infatti uno spreco evidente illuminare le strade durante le ore più folte della notte, quando il traffico era quasi inesistente: quindi si spegnevano i lampioni, uno sì, l'altro no, dopo la mezzanotte.

Negli anni 90 apparve chiaro che questa tecnica creava pericoli dovuti alla disuniformità dell'illuminazione. Grazie alla tecnologia si resero disponibili i regolatori di flusso luminoso e la UNI 10439 *Illuminotecnica - Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato*, ora ritirata e sostituita dalla UNI 11248, immediatamente recepì la novità nel 2001 ed introdusse per la prima volta in Europa una regola pratica di facile applicabilità per ridurre il flusso luminoso (a uniformità costante) in funzione del traffico: traffico -50%, flusso luminoso -25%, traffico -75%, flusso luminoso -50% (non è esattamente così, ma è praticamente molto simile alla norma).

In quel periodo le raccomandazioni internazionali del CIE e le norme europee accennavano solo vagamente alla possibilità di ridurre il flusso luminoso. Italia ed UNI ancora avanti nel 2008 quando la norma UNI 11248 *Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche* delimita meglio le condizioni per regolare il flusso luminoso, mentre la norma Europea ancora consente soltanto la possibilità di regolare il flusso luminoso, senza dare indicazioni pratiche.

Arriviamo al 2015 e la norma europea fresca di stampa (EN 13201 sull'illuminazione stradale), finalmente introduce un paragrafo sulla regolazione della luce stradale ed il risparmio energetico,

enunciando dei principi generali. Ma l'Italia ed UNI si accingono a fare un passo deciso nel solco tracciato dai normatori europei: passare dalla sola definizione di illuminazione stradale adattiva all'applicazione pratica, con l'identificazione delle "regole di ingaggio", approfittando della revisione della norma UNI 11248 in fase di attuazione nel 2016.

### Cos'è l'illuminazione stradale adattiva

La UNI 11248 specifica:

*Illuminazione a regolazione in tempo reale (illuminazione adattiva): illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni dei parametri di influenza come il flusso di traffico, la tipologia di traffico o le condizioni atmosferiche.*

Il testo ricalca fedelmente quanto specificato nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 *Road lighting - Part 1: Guidelines on selection of lighting classes*.

In pratica si tratta di un modo di regolare l'illuminazione stradale basato su dati in tempo reale sia del traffico, ma anche delle condizioni meteo (che influenzano notevolmente la capacità del conducente di individuare gli ostacoli, si pensi alla nebbia), e tenendo anche conto delle prestazioni reali dell'impianto di illuminazione (la luminanza vera presente in quel momento).

Grazie alle moderne tecnologie oggi si riesce a realizzare impianti equipaggiati con queste tecnologie, che si adattano continuamente ed in tempo reale ai bisogni dell'utenza, con investimenti ragionevoli.

### Quali vantaggi

Grazie alla UNI 10439 in Italia è stata introdotta in maniera chiara la possibilità di regolare il flusso luminoso degli apparecchi di illuminazione stradale in funzione del traffico, come accennato prima. Tuttavia quasi sempre i comuni non sono in possesso di dati di traffico, né in tempo reale, né storici. Per ovviare a questo problema di gestiscono i cicli di regolazione sulla base di informazioni statistiche. La UNI 11431 *Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso* ha in parte ovviato al problema, indicando

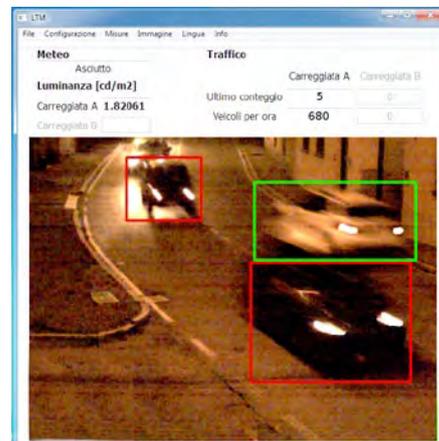


Figura 2 - Conteggio del traffico con tecniche di computer vision

gli orari di regolazione che si possono adottare in funzione delle stagioni, in modo da fornire al progettista un criterio generale di riferimento ed evitare valutazioni troppo ottimistiche.

Tuttavia, una regolazione basata sui cicli stabiliti a tavolino, statistici, ha due svantaggi. Innanzitutto non consente in ogni momento all'utente di usufruire delle più adatte condizioni di illuminazione. Un incidente, una coda, o semplicemente un'importante partita di calcio possono determinare un flusso di traffico ben diverso da quello stimato, e quindi l'impianto di illuminazione erogherebbe un flusso luminoso notevolmente inferiore a quello auspicato dalla norma.

Inoltre le condizioni di traffico variano molto durante l'anno e quindi l'adozione di cicli predefiniti, dovendo necessariamente prendere in considerazione i casi peggiori, risulta spesso troppo conservativa ai fini del risparmio energetico. Tant'è che gli astrofili chiedono che senso ha illuminare a piena potenza le strade di un paesino della Brianza già alle 19.00 in un giorno feriale di inverno, mentre la UNI 11431 conservativamente indica le 22.00 come primo orario di riduzione.

In definitiva, una illuminazione che in tempo reale si adatta alle condizioni misurate e costantemente monitorate, incrementa la sicurezza e riduce i consumi di energia.



Figura 1 - In caso di incidenti, bisognerebbe avere sempre la massima luminanza dall'impianto, anche nelle ore più folte della notte



L'illuminazione adattiva è garanzia di minimo consumo

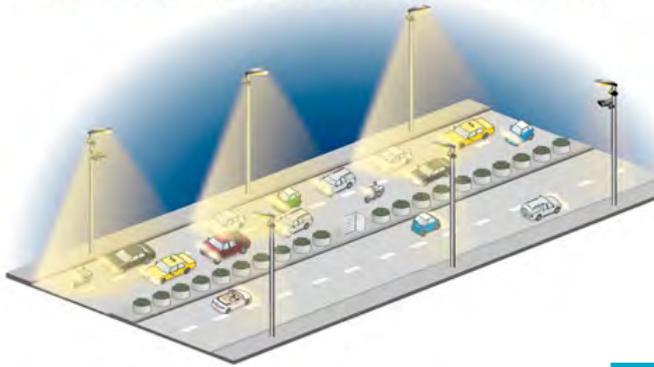


Figura 3 - Illuminare in modo differenziato in funzione del traffico misurato

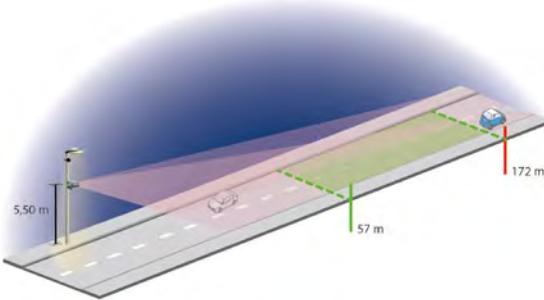


Figura 4 - Come effettuare le misure: l'area dove calcolare la luminanza e l'altezza del sensore

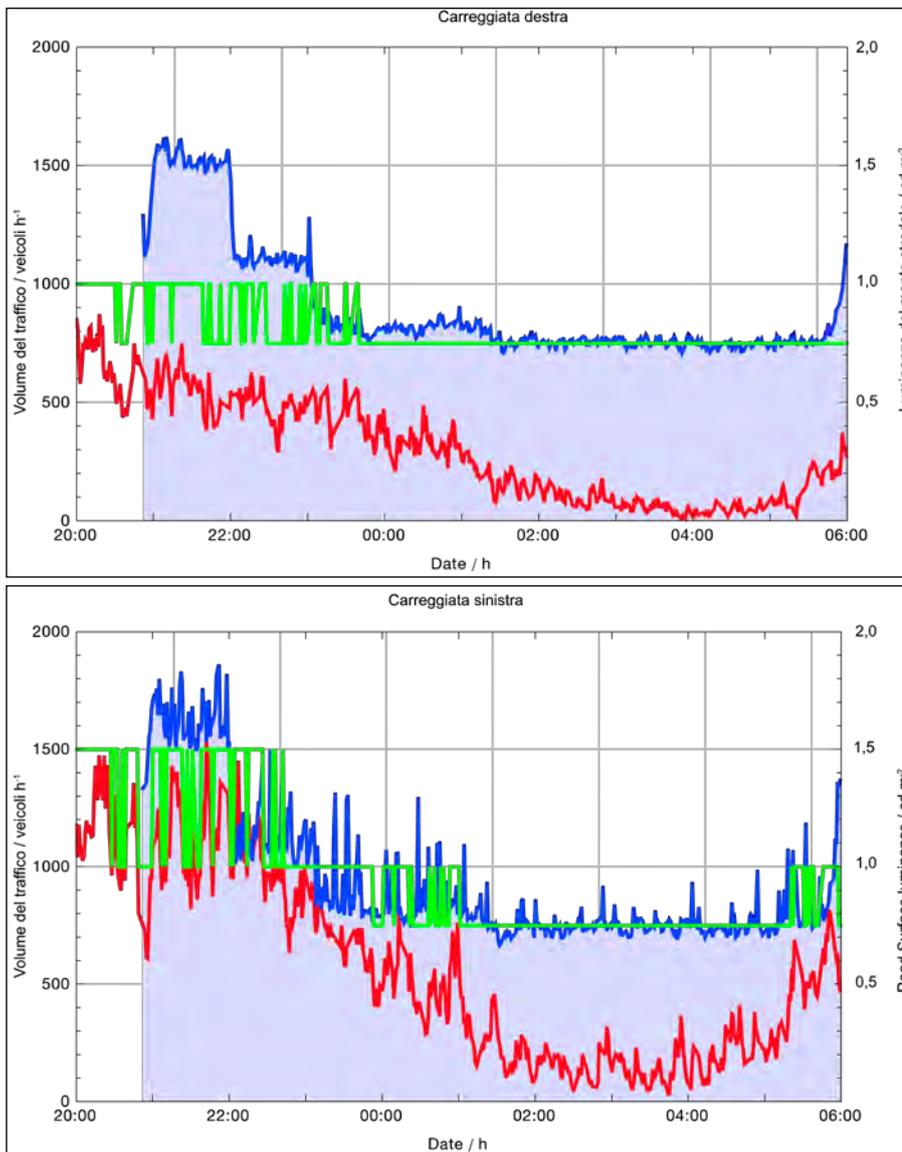
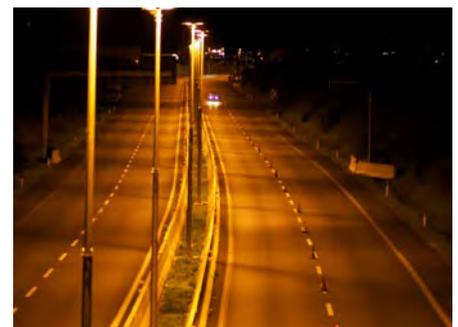


Figura 5 - Esempio di volume di traffico e di condizioni operative al sito test di Treviolo durante la notte del 12 agosto. La curva rossa è il volume di traffico misurato, la curva blu è la luminanza misurata, mentre la verde è la luminanza standard richiesta, considerando il volume di traffico misurato

## I contenuti essenziali della nuova UNI 11248 riguardo l'illuminazione adattiva

La nuova versione della UNI 11248 individua due modalità di regolazione:

- TAI (Traffic adaptive installations) nel caso in cui l'unico parametro misurato sia il traffico. La norma consente di regolare il flusso luminoso sulla base di campioni presi ad intervalli di 5 min, secondo logiche che prevedono una riduzione graduale, e quanto necessario, un incremento più rapido;
- FAI (Full adaptive installations) nel caso in cui oltre al traffico si misurino anche le condizioni meteorologiche e la luminanza in tempo reale. In questo caso la norma consente di declassare fino a 3 livelli (mentre con il TAI il massimo ammesso è 2 livelli), cioè ottenere un maggior risparmio energetico, a condizione che il sistema monitori non solo il traffico, ma anche gli altri parametri essenziali ai fini della gestione dell'impianto: le condizioni meteorologiche, che possono creare situazioni di pericolo e richiedono strategie di regolazione diverse da quelle basate sul solo traffico, e la luminanza reale misurata, per garantire che sporcizia degli apparecchi, decadimento sorgenti e spegnimenti inattesi non determinino condizioni di illuminazione ancora più degradate del minimo consentito.



## Le esperienze, gli studi, i risultati delle sperimentazioni

Con la campagna di prove fatta dall'I.N.R.I.M. - Istituto Nazionale Ricerca Metrologica di Torino presso la Provincia di Bergamo evidenzia i vantaggi intrinseci che si ottiene mediante la regolazione della luce stradale. Infatti il risultato è stato un risparmio energetico del 30% rispetto ad una regolazione a cicli predefiniti. Dai grafici seguenti sono comprensibili le cause del risparmio, dovute ad una regolazione accurata in funzione delle condizioni reali.

Paolo Di Lecce

Membro UNI/CT 23 GL 5 Illuminazione stradale

## Sviluppo della normativa UNI nell'illuminazione delle gallerie

### Gallerie stradali in Italia

L'Italia è un Paese attraversato da molte catene montuose, frutto dello scontro tra più piattaforme continentali: le Alpi, l'Appennino fino alla punta dello Stivale, la catena dell'Etna in Sicilia. Non vi è quindi da stupirsi se le stime sul numero delle gallerie stradali in Italia, circa 3000, superino quelle di tutti gli altri Paesi europei, compresa l'Austria, la Francia e la Svizzera.

Secondo la UNI 11095:2011 *Illuminazione delle gallerie*, una galleria è una "infrastruttura stradale formata da superfici strutturali, totalmente coperta o confinata, destinata al traffico veicolare". Infrastruttura che, se non adeguatamente illuminata, per il conducente di un autoveicolo diventa un buco nero in cui l'occhio può perdere l'orientamento e non riuscire ad individuare eventuali ostacoli.

La galleria costituisce quindi una discontinuità nella visione e, se non compensata mediante un conveniente sistema d'illuminazione, può presentare pericoli per il traffico: uno studio austriaco [1] mostra che proprio nella sua sezione di entrata avviene la maggior parte degli incidenti, in prevalenza tamponamenti con l'autoveicolo che precede (figura 1).

Si comprende quindi la criticità che questi manufatti rivestono e l'interesse che Enti pubblici come il Ministero per le infrastrutture ed i trasporti, Enti normatori, come l'UNI ed a livello internazionale di ricerca la CIE - Commission Internationale de l'Eclairage, riservano a questo ambito.

### La storia

La CIE ha sempre associato la sicurezza del traffico in galleria alla possibilità da parte di un conducente di percepire dalla distanza di arresto la presenza di un ostacolo potenzialmente pericoloso sulla carreggiata, in modo da avere il tempo di arrestare il proprio autoveicolo, evitando un urto con conseguenze imprevedibili. Quindi il compito dell'illuminazione nella zona di entrata di una galleria consiste sia nel garantire la luminanza stradale necessaria e sufficiente

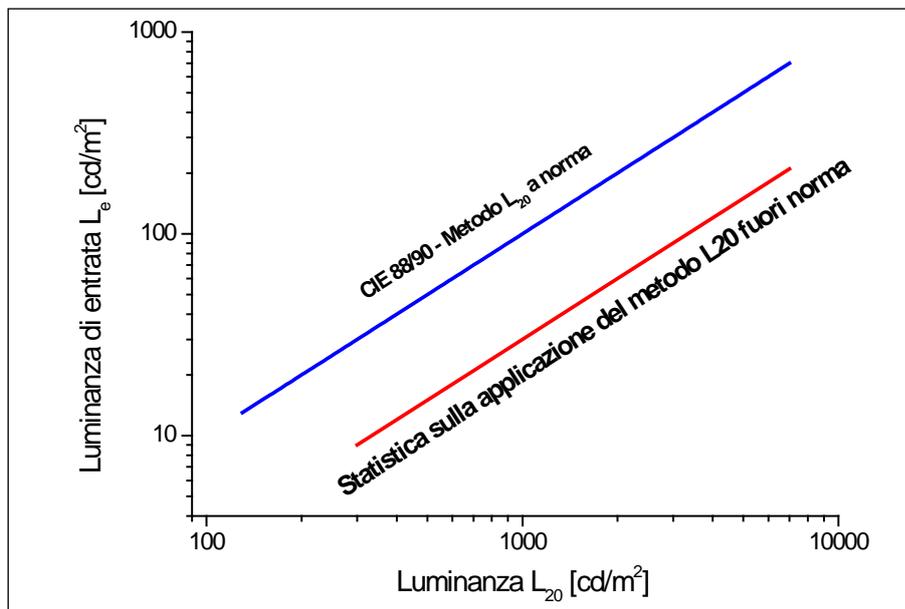


Figura 2 - Analisi sulla applicazione del metodo  $L_{20}$

per consentire all'occhio, adattato alla luminanza esterna, di percepire l'ostacolo, sia permettere l'adattamento dell'occhio alle basse luminanze della zona interna.

La CIE iniziò a lavorare sulla illuminazione delle gallerie negli anni '60 del secolo scorso con studi e ricerche che sfociarono nelle pubblicazioni CIE 26 del 1974 [2] e CIE 61 del 1984 [3]. Nel 1990, con la CIE 88 [6] esce una guida, empirica, per la progettazione dell'illuminazione delle gallerie, recepita dal Ministero dei Lavori Pubblici con una circolare nel 1999 [4], in attesa di un intervento degli enti normatori.

Nella CIE 88:1990, l'illuminazione di rinforzo è condizionata dalla luminanza di adattamento dell'occhio alla distanza di arresto, valutata in base alla luminanza della zona prossima al fornice misurata entro un cono di osservazione con apertura pari a  $20^\circ$  ( $10^\circ+10^\circ$ ), dalla quale si deriva la luminanza stradale media nella sezione di entrata per moltiplicazione per un fattore variabile da 0,05 a 0,10 per velocità del traffico da 60 km/h a 120 km/h.

Questo metodo empirico, denominato  $L_{20}$ , appare suggerito non tanto da argomentazioni scientifiche,

quanto dalla disponibilità sul mercato, nel 1990, di un solo tipo di luminanzometro portatile con un cono di misura con  $20^\circ$  di apertura. In breve tempo si constatò che spesso il metodo  $L_{20}$  portava a luminanze della sezione di entrata esagerate, anche oltre  $300 \text{ cd/m}^2$ . Si valutò quindi l'opportunità di ridurre le luminanze stradali risultanti dalla CIE 88/1990, alla metà o ad un terzo (figura 2). Si realizzava così una normazione di fatto, su base consensuale, antecedente a quella di UNI.

### La CIE 88:2004 e la UNI 11095

Nel 2004 viene pubblicata una profonda revisione della CIE 88:1990, che prevede la misurazione in situ delle luminanze debilitanti secondo il diagramma di Adrian (figura 3). Esce così la nuova CIE 88:2004 ed anche la UNI 11095:2004, recepita con DM 14 settembre 2005 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti [5], successivamente revisionata nel 2011 ed oggi di nuovo in revisione.

Una differenza importante fra le due edizioni della norma consiste nel fatto che la luminanza di adattamento

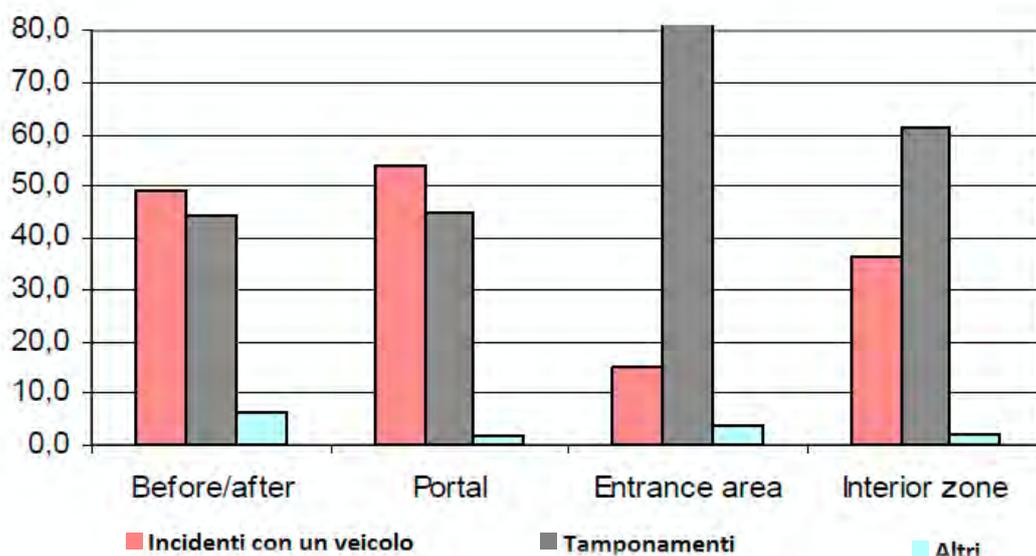


Figura 1 - Analisi degli incidenti nelle gallerie austriache. Notare la prevalenza dei tamponamenti (rear end collisions) nella zona di entrata [1]

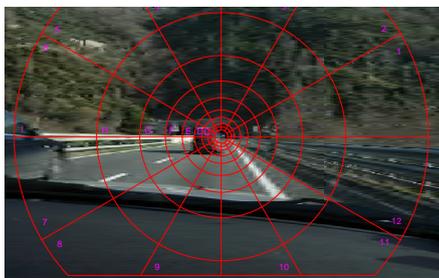


Figura 3 - Il diagramma di Adrian

dell'occhio, alla distanza di arresto dal fornice, non è più valutata empiricamente in base alla L20 per calibrare l'impianto di illuminazione di rinforzo. Con la CIE 88:2004 si calcola la luminanza stradale minima necessaria, minimizzando così i consumi, in base alla luminanza debilitante percepita da un conducente in avvicinamento al fornice.

## Innovare con la CIE 88:2004 e la UNI 11095

I testi citati promuovono l'innovazione nell'illuminazione delle gallerie. In particolare, il punto 5.1.4 prescrive: *Per l'intera lunghezza della zona di entrata, pari alla distanza di riferimento, la luminanza stradale deve garantire la percezione di un eventuale ostacolo da parte di un conducente in avvicinamento.* In pratica, la luminanza trasversale di ogni sezione della zona di entrata è correlata con la luminanza debilitante misurata alla distanza di arresto da quella sezione (punti  $\alpha$  e  $\beta$  in figura 4) anziché dal fornice [7]: migliora la sicurezza e diminuiscono i costi anche del 40% (si vedano le aree sottostanti le curve in figura 5). L'obiettivo della CIE 88:2004 è evitare, mediante l'illuminazione, l'urto tra gli autoveicoli in transito e gli eventuali ostacoli sulla carreggiata. Riconoscendo l'impossibilità di definire un ostacolo valido per tutte le gallerie, la CIE 88 assume come riferimento un cubetto di 20 cm di spigolo, ma avvisa *"the actual object may be bigger"*. Si può verificare facilmente che l'ostacolo CIE non è visibile, in autostrada, dalla distanza di arresto per molti conducenti dotati della acuità visiva minima prescritta dal Codice della strada, 0,7 complessivamente per i due occhi anche

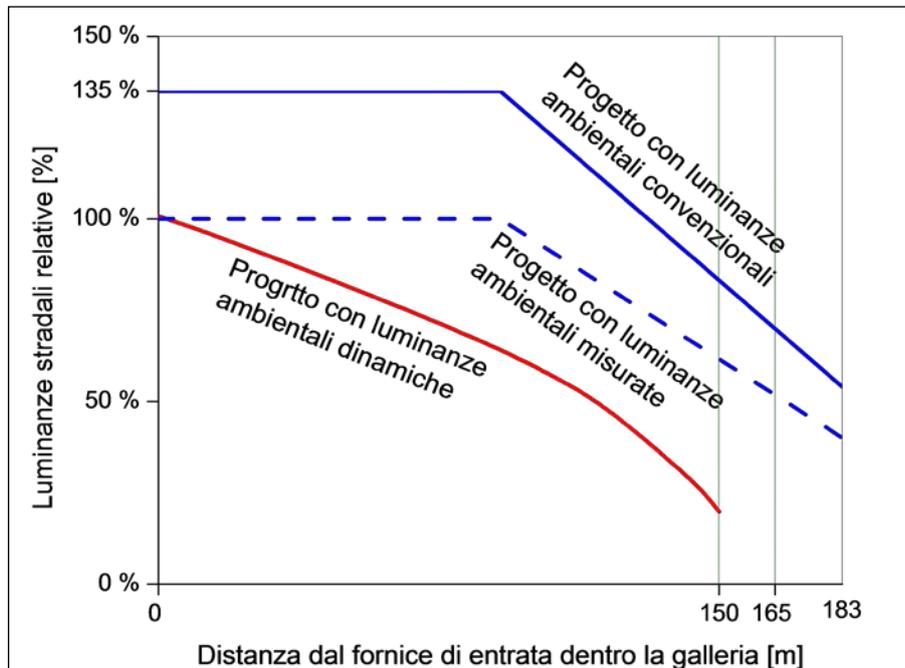


Figura 5 - Andamento delle luminanze stradali con il metodo convenzionale, con le misure in situ della luminanza ambientale e con il metodo delle luminanze dinamiche

con mezzi di correzione ottica, ossia 0,4+0,3 per ciascun occhio. In autostrada, l'ostacolo da evitare diventa quindi l'autoveicolo che precede, come confermato dalle statistiche sui tamponamenti, quasi 50 volte più frequenti degli urti. Si aprono così nuovi spazi per l'innovazione, che consentono lo studio di tutte le componenti della visibilità di un autoveicolo in relazione all'ambiente che lo circonda (figura 6): con un ulteriore miglioramento per la sicurezza associato a minori costi.

## Conclusioni

Negli ultimi 12 anni sono stati registrati notevoli progressi nel settore dell'illuminazione delle gallerie grazie all'illuminotecnica, scienza esatta, in cui le relazioni tra cause ed effetti sono state ipotizzate, valutate e studiate tramite studi di ricerca e misure. Preziosa ed insostituibile è stata l'attività di ricerca effettuata a livello mondiale dai membri del TC 35



Figura 6 - Galleria Monte Moro (A12) - Gli autoveicoli che precedono sono visibili per contrasto con la strada e con le pareti

della CIE.

Un particolare riconoscimento va anche ai gestori autostradali che hanno investito ed investono nell'innovazione in questo settore, fra gli altri Autostrade per l'Italia, che con sensibilità e rigore si spende per garantire sempre maggiore sicurezza agli utenti.

**Paolo Soardo**

Membro UNI/CT 23 Luce e illuminazione GL 6 Illuminazione gallerie

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Nussbaumer, Cornelia "Comparative analysis of safety in tunnels", Austrian Road Safety Board Young Researchers Seminar, Brno
- [2] CIE 26 "International recommendations for tunnel lighting", 1974
- [3] CIE 61 "Tunnel entrance lighting. A survey on fundamentals for determining the luminance in the threshold zone", 1984
- [4] Ministro dei lavori pubblici "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi", Circolare 6 dicembre 1999, N° 7938
- [5] DM 14 settembre 2005 - "Illuminazione delle gallerie", PIT, 205
- [6] CIE 88 "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses", 2004
- [7] Soardo P., Gamannossi G. "Sicurezza ed efficienza nella illuminazione delle gallerie", in pubblicazione

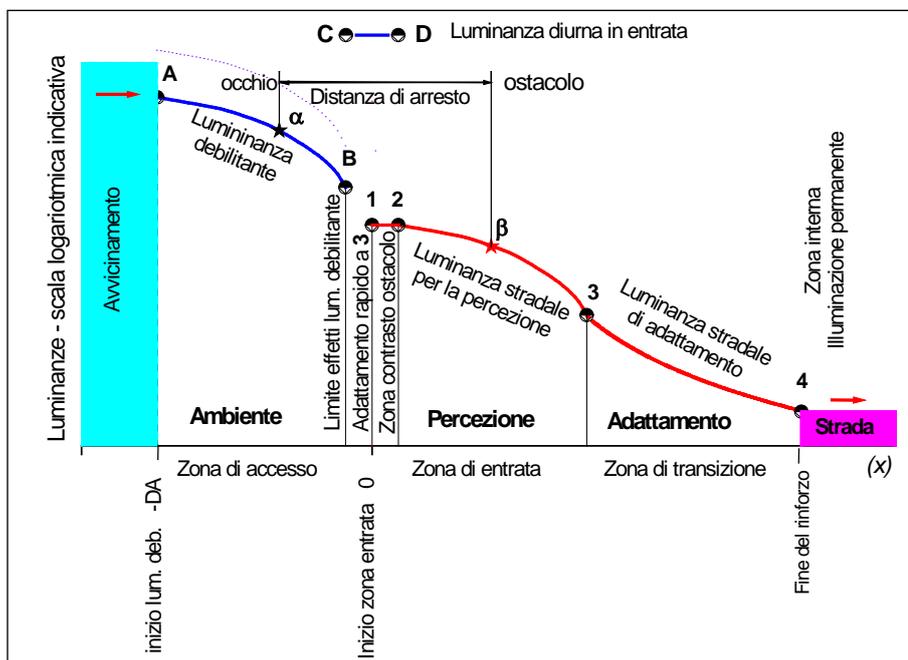


Figura 4 - Andamenti delle luminanze esterne e interne alla galleria

## Prestazioni fotometriche: i lavori del gruppo misto UNI CEI

La recente evoluzione dei lavori di preparazione delle norme afferenti il settore illuminazione nei diversi enti di normazione, CEN/ISO (UNI) - CENELEC/IEC (CEI), ha reso di fatto improcrastinabile la creazione di un "pool" inteso a condividere i documenti di lavoro, volto a discuterne contestualmente i contenuti affinché si possa prendere le relative decisioni al fine di determinarne la posizione italiana su ciascun tavolo di discussione internazionale di competenza, riducendo così il rischio di posizioni contrastanti fra loro e garantendo risposte e voti entro i termini temporali che sono sempre più ravvicinati fra loro. Durante la riunione del gruppo di lavoro UNI/CT 023/GL 07 "Fotometria e colorimetria", tenutosi ad ottobre 2013, venne condivisa la necessità di cooperazione mediante l'integrazione dei lavori in corso in ambito UNI con quelli in ambito CEI.

### Il contesto internazionale

Gli enti internazionali quali CIE<sup>1)</sup> e CEN, e per certi aspetti anche IEC, operano da diverso tempo alla realizzazione di norme internazionali, guide o rapporti tecnici intesi a regolamentare le misure fotometriche sui prodotti per l'illuminazione di qualsiasi tecnologia (ad incandescenza, a scarica), su tutti le lampade (sorgenti luminose) e gli apparecchi di illuminazione.

Con la diffusione dei LED la tradizionale attività di normazione in merito alla fotometria che principalmente era svolta in ambito CIE e CEN (UNI) si è diffusa in maniera significativa anche in ambito IEC (in particolare nel SC 34D "Luminaires" e nel SC34A "Lamps").

L'elenco dei principali documenti internazionali (non esaustivo) che hanno spinto gli esperti del settore a mettersi allo stesso tavolo furono: in ambito IEC SC34D:

- IEC/PAS 62722-2-1 ed1.0 - *Luminaire performance - Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires*;
- 34D/1093F/CDV - IEC 62722-2-1 Ed. 1.0 *Luminaire performance - Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires*;
- IEC/PAS 62722-1 ed1.0 - *Luminaire performance - Part 1: General requirements*;
- 34D/1080F/CDV IEC 62722-1 Ed. 1.0 - *Luminaire performance - Part 1: General Requirements*;

e in ambito IEC SC34A:

- IEC/PAS 62717 ed1.0 - *LED modules for general lighting - Performance requirements*;
- 34A/1659/CDV - IEC 62717 Ed. 1.0 *LED modules for general lighting - Performance requirements*;
- IEC/EN 62612 - *Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 V - Performance requirements*;
- 34A/1622/NP - IEC/TS 62861 Ed. 1.0 *Principal Component Reliability Testing for LED-based Products*.

Essi presentavano molte novità in merito alla fotometria tali da rendere necessario e sempre più urgente un confronto con quanti che in ambito internazionale CIE e CEN operavano sui documenti:

- *DRAFT prEN 13032-4 June 2013 - Light and lighting - Measurement and presentation of photometric data - Part 4: LED lamps, modules and luminaires*;
- *CIE division 2 draft international standard test method for LED lamps, LED luminaires and LED modules TC 2-71 working draft 9 (for WVD2 ballot) date: 2013-08-01*.

Durante la discussione nel corso della riunione del GL7 venne considerata la condizione che i documenti sopra elencati fossero già più o meno giunti allo stadio finale del processo di predisposizione. Nonostante ciò si reputò ancora necessario convergere le conoscenze e gli sforzi di tutti gli esperti italiani in quanto il processo non era ancora concluso così come le stesse norme anche in futuro saranno sicuramente oggetto di mantenimento e/o emendamenti.

Non solo, una volta terminato il processo di approvazione IEC, a livello CENELEC, così come quello CEN, sarà necessario un ulteriore approfondimento rispetto ai termini dei Regolamenti eodesign verso i quali si sta provvedendo ad armonizzazione, secondo i Mandati della Commissione UE M/485 e M/495 nonché il Mandato M/519 - *mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI to develop standardisation in the field of light emitting diodes (leds)*.

### Brevi cenni storici

Le ipotesi operative per procedere in tal senso furono diverse molte e per l'organizzazione si è poi provveduto a risolvere i dubbi relativi ai ruoli e competenze delle due organizzazioni, l'UNI e il CEI.

Un primo passo d'approfondimento fu fatto, informalmente, parlando di questa proposta per la creazione di un gruppo di lavoro congiunto sui temi di fotometria e colorimetria nel corso della discussione del punto Varie ed eventuali dell'ultima riunione del CEI/CT 34, tenutasi poco prima, sempre ad ottobre 2013.

L'esito di questo approfondimento fu un generale interesse verso la proposta e pertanto si è dato il via a procedere mediante l'invio di una lettera alla commissione UNI/CT 023 "Luce e illuminazione" affinché si attivassero i rispettivi direttori tecnici dei due enti interessati, in linea con i regolamenti. Nel corso del 2014, a seguito dell'approvazioni nei rispettivi comitati tecnici, venne alla luce il nuovo gruppo misto UNI-CEI "Prestazioni Fotometriche" (UNI/CT 023/ GL 13), esempio unico di organizzazione a livello europeo.

### Componenti del gruppo di lavoro

Operativamente venne concordato che potevano farne parte di diritto quanti già membri di:

- gruppo di lavoro CT 023/GL 07 "Fotometria e colorimetria";
- sottocomitati CEI CT34/SC 34A "Lampade" e SC 34D "Apparecchi di illuminazione".

Nel corso della riunione del 14 ottobre del 2014, il CT34 del CEI in merito alla collaborazione con UNI per la predisposizione di norme di prestazione ha designato il coordinatore del gruppo; infatti le direzioni UNI e CEI hanno concordato la creazione del GL "Prestazioni fotometriche" con il coordinamento da parte del CEI, che il CT 34 designò il sottoscritto come coordinatore del gruppo, e segreteria UNI.

**Fabio Pagano**

*Presidente UNI/CT 23 Luce e illuminazione  
Coordinatore GL 13 Prestazioni fotometriche*

### Note

<sup>1</sup> CIE - International Commission on Illumination [www.cie.co.at](http://www.cie.co.at)

