



**GREEN CITY ENERGY PISA 2013 – Track 1 “Building” –
Terza sessione “Strumenti” – Pisa, 4 luglio 2013**

Il risparmio energetico nell’ambito dell’illuminazione artificiale degli ambienti

Francesco Leccese

Dipartimento di Ingegneria dell’Energia, dei Sistemi, del
Territorio e delle Costruzioni – Università di Pisa
Laboratorio di Illuminotecnica e Acustica
Largo Lucio Lazzarino - 56126 PISA

f.leccese@ing.unipi.it



PREMESSA

Requisiti prestazionali di tipo illuminotecnico

(relativi ad aspetti di: qualità del progetto, comfort visivo, ergonomia della visione, colorimetria, risk assessment, ecc.)

Efficienza energetica dei sistemi per l'illuminazione

(efficienza luminosa delle lampade, rendimento ottico degli apparecchi, sistemi di controllo e gestione, indici prestazionali globali, ecc.)

**Risparmio energetico
nell'illuminazione
artificiale degli ambienti**

INTRODUZIONE

L'attenzione ai **consumi elettrici dovuti ai sistemi di illuminazione artificiale** degli ambienti interni è stata posta dal legislatore europeo con la Direttiva Europea 2002/91/CE sulle prestazioni energetiche degli edifici.

Nella Direttiva è precisato che la valutazione dei consumi energetici degli edifici deve essere condotta considerando il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti, il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'acqua per gli usi igienico-sanitari, il fabbisogno energetico per la climatizzazione degli ambienti e (per gli edifici pubblici o ad uso pubblico) il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale.

L'**indice di prestazione energetica globale** EP_{GL} può quindi essere calcolato come (v. anche il D.M. 26 giugno 2009 inerente le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici):

$$EP_{GL} = EP_I + EP_{ACS} + EP_E + EP_L$$

avendo indicato con: EP_I l'indice relativo alla climatizzazione invernale, EP_{ACS} l'indice per la produzione di acqua calda sanitaria, EP_E l'indice per la climatizzazione estiva ed EP_L l'indice per l'illuminazione degli ambienti.

INDICE PRESTAZIONALE EP_L ED INDICE LENI

In relazione all'indice prestazionale EP_L, con la Norma europea EN 15193 (in Italia UNI EN 15193, marzo 2008) è stato introdotto l'indice di efficienza energetica del sistema di illuminazione, LENI (*Lighting Energy Numeric Indicator*).

La valutazione dell'indice LENI può essere condotta con misurazioni degli effettivi consumi elettrici (p.e. attraverso la lettura, con modalità opportune, dei contatori al servizio del sistema elettrico di alimentazione dell'utenza considerata) oppure con metodi di calcolo (rapidi o completi) precisati nella normativa.

In particolare nella UNI EN 15193 sono descritti compiutamente i metodi di calcolo per la valutazione dell'indice LENI ponendo, in particolare, debita attenzione alle modalità di utilizzo e gestione dei sistemi di illuminazione artificiale; alla effettiva disponibilità di luce naturale negli ambienti interni ed ai consumi dovuti ai sistemi di illuminazione di emergenza.

Il contenuto della UNI EN 15193 verrà a breve implementato nella serie di norme UNI/TS 11300 utilizzate per il calcolo della prestazione energetica complessiva.

NORMA EUROPEA	Prestazione energetica degli edifici Requisiti energetici per illuminazione	UNI EN 15193
		MARZO 2008
	Energy performance of buildings Energy requirements for lighting	Versione bilingue del novembre 2009

QUALITA' DEL PROGETTO ILLUMINOTECNICO (da: UNI EN 15193, marzo 2008)

Alla classe di qualità dell'illuminazione **“inferiore”**, simbolo (*), corrisponde un soddisfacimento **“di base”** dei requisiti illuminotecnici indicati nella **UNI EN 12464-1**; alla classe di qualità **“intermedia”**, simbolo (**), corrisponde un soddisfacimento **“buono”**; alla classe di qualità **“superiore”**, simbolo (***), corrisponde un soddisfacimento **“completo”**.

Tipo di criterio	Classe di qualità		
	*	**	***
Illuminamento medio mantenuto sui compiti visivi orizzontali (E_m)	■	■	■
Controllo appropriato dell'abbagliamento molesto (UGR)	■	■	■
Prevenzione di sfarfallamento ed effetti stroboscopici	○	○	○
Controllo appropriato di riflessioni velanti e abbagliamento riflesso		○	○
Resa del colore migliorata (R_a)		■	■
Prevenzione delle ombre dure o delle luci troppo diffuse per fornire un buon modellato		○	○
Corretta distribuzione della luminanza nel locale		○	○
Attenzione speciale alla comunicazione visiva con adeguato illuminamento dei volti			○
Attenzione speciale alle questioni legate alla salute			○

REQUISITI ILLUMINOTECNICI (da: UNI EN 12464-1, luglio 2011)

Tipo di ambiente		E_m (lx)	U_0	UGR_L	Ra
Corridoi e zone di circolazione all'interno di edifici, in genere		100	0.40	28	40
Scale all'interno di edifici, in genere		100	0.40	25	40
Sale di attesa, in genere		100	0.40	22	80
Bagni (toilets, WC, ...), in genere		200	0.40	25	80
Uffici	Lettura, scrittura, ...	500	0.60	19	80
	Disegno tecnico	750	0.70	16	80
	Postazioni CAD	500	0.60	19	80
	Sale conferenze / sale riunioni	500	0.60	19	80
	Reception	300	0.60	22	80
	Archivi	200	0.40	25	80
Scuole	Zone di ingresso	200	0.40	22	80
	Corridoi (zone di circolazione)	100	0.40	25	80
	Scale	150	0.40	25	80
	Aule scolastiche (in genere)	300	0.60	19	80
	Aule comuni per studenti	200	0.40	22	80
	Aule comuni per insegnanti	300	0.60	19	80
	Palestre	300	0.60	22	80

In Tabella sono indicati per alcuni ambienti di lavoro i valori minimi di **illuminamento medio mantenuto (E_m)**, i valori minimi dell'**uniformità di illuminamento (U_0)**, i valori massimi dell'**indice di abbagliamento (UGR_L)**, i valori massimi dell'**indice di resa cromatica (Ra)** delle lampade.

INDICE PRESTAZIONALE PER IL FABBISOGNO DI ILLUMINAZIONE

L'indice prestazionale LENI (*Lighting Energy Numeric Indicator*), espresso in (kWh/m²anno) si calcola con la relazione (UNI EN 15193):

$$\text{LENI} = W / A$$

dove W (kWh/anno) è il fabbisogno di energia per illuminazione ed A (m²) è la superficie utile dell'edificio (o dell'ambiente) in esame, esclusi ovviamente gli spazi non illuminati (e quelli non abitabili). Una stima rapida dell'indice LENI può compiersi utilizzando valori di riferimento relativi ad ambienti con caratteristiche analoghe a quello in esame (v. Tabella, UNI EN 15193).

Destinazione d'uso	P (W/m ²)	Classe di qualità	Indice LENI (kWh/m ² anno)			
			Assenza di sistemi CTE		Presenza di sistemi CTE	
			Accensione/spengimento			
			Manuale	Automatica	Manuale	Automatica
Scuole	15	*	35	27	32	25
	20	**	45	34	41	31
	25	***	55	42	50	38
Uffici	15	*	42	35	38	32
	20	**	55	45	50	41
	25	***	67	56	61	51

In Tabella sono precisati: la destinazione d'uso dell'ambiente (o dell'edificio), la potenza elettrica specifica (P), la classe di qualità dell'illuminazione, la presenza/assenza di sistemi CTE di controllo dell'illuminazione, la presenza/assenza di sistemi automatici per l'accensione e lo spegnimento degli apparecchi di illuminazione.

FABBISOGNO ENERGETICO PER ILLUMINAZIONE

Per il calcolo dell'indice LENI si può procedere nel modo seguente. **Il fabbisogno di energia necessaria al sistema di illuminazione, W** (kWh/anno), può essere calcolato con la relazione (UNI EN 15193), riferita ad ambienti (o zone) dell'edificio oppure a tutto l'edificio ed a qualsiasi periodo temporale:

$$W = W_L + W_P$$

con:

- **W_L fabbisogno energetico necessario agli apparecchi di illuminazione** per garantire le condizioni di illuminazione fissate in sede progettuale (p.e. in relazione ai valori medi di illuminamento indicati nella UNI EN 12464-1);
- **W_P fabbisogno di energia necessario all'alimentazione dei dispositivi di illuminazione di emergenza** e dei vari sistemi di controllo dell'illuminazione eventualmente presenti; se i consumi relativi all'illuminazione di emergenza non sono noti o facilmente determinabili, il fabbisogno energetico viene stimato pari a 6 kWh/m²anno (1 kWh/m²anno per l'illuminazione di emergenza e 5 kWh/m²anno per i sistemi di controllo automatico ove presenti).

Il termine W_L è calcolato con la relazione (UNI EN 15193):

$$W_L = (1/1000) P_N F_C F_O (t_D F_D + t_N)$$

Il significato dei fattori introdotti nella relazione precedente, le relative unità di misura e i valori standard di riferimento assunti convenzionalmente, sono precisati nelle Tabelle seguenti. Per il calcolo dettagliato si rimanda alla UNI EN 15193.

Significato dei parametri introdotti nella relazione per W_L (1)

	Unità di misura	Significato	Valori di riferimento
P_N	W	(<i>total installed lighting power</i>) potenza elettrica complessivamente installata per l'illuminazione dell'edificio (o dell'ambiente) in esame	Il valore della potenza elettrica P_N è ottenuto dal calcolo illuminotecnico.
t_D	h	(<i>daylight time usage</i>) tempo di accensione del sistema di illuminazione durante le ore diurne nel periodo di calcolo considerato	v. Tabella seguente
t_N	h	(<i>non-daylight time usage</i>) tempo di accensione del sistema di illuminazione durante le ore serali e notturne nel periodo di calcolo considerato	
F_C	adim.	(constant illuminance factor) coefficiente di correzione per valutare l'effetto della presenza di eventuali sistemi di controllo per mantenere livelli di illuminamento costanti nel tempo (sistemi CTE)	$F_C=1$ (senza sistemi CTE)
			$F_C=0.9$ (con sistemi CTE)
F_O	adim.	(<i>occupancy dependance factor</i>) coefficiente di correzione per valutare l'effetto della presenza di persone all'interno dell'edificio (o dell'ambiente) in esame	v. Tabella seguente
F_D	adim.	(<i>daylight dependance factor</i>) coefficiente di correzione per valutare il contributo dell'illuminazione naturale nell'edificio (o nell'ambiente) in esame	

Significato dei parametri introdotti nella relazione per W_L (2)

Tempi di accensione		Scuole	Uffici
t_D (h)	tempo di accensione ore diurne	1800	2250
t_N (h)	tempo di accensione ore serali e notturne	200	250
t_O (h)	(<i>annual operating time</i>) tempo di accensione in un anno	2000	2500
t_Y (h)	(<i>standard year time</i>) numero di ore di lavoro in un anno	$t_Y=8760$	

	Tipo di controllo	Scuole	Uffici
F_O	Manuale	1	
	Automatico (p.e. negli uffici e nelle scuole si intende un carico elettrico collegato non inferiore al 60% del totale)	0.9	
F_D	Manuale	1	
	Regolazione delle fotocellule con rilevamento della luce diurna	0.8	0.9

I fattori F_O ed F_D introducono ulteriore complessità al problema di determinare i fabbisogni energetici relativi all'illuminazione degli ambienti.

L'introduzione del fattore F_O ha permesso di richiamare l'attenzione su aspetti legati alla *Building Automation*, negli ultimi anni di più frequente applicazione in particolare negli edifici pubblici o ad uso pubblico.

Il fattore F_D permette di esprimere il risparmio energetico conseguente alla disponibilità di luce naturale nell'edificio considerato, quindi al minore utilizzo di illuminazione artificiale per mantenere i requisiti di illuminamento medio richiesto.

Riferimenti normativi e bibliografici

- **UNI EN 15193** (Marzo 2008), *Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione.*
- **UNI EN 12464-1** (Luglio 2011), *Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Posti di lavoro in interni.*
- **prUNI/TS 11300-2** (bozza, Giugno 2013), *Prestazioni energetiche degli edifici – (Parte 2) Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione.*
- Leccese F., Salvadori G., Casini M., Bertozzi M. (a cura di), **Risk Assessment Illuminotecnico in Ambiente Ospedaliero – Risultati di una Ricerca Condotta a Livello Regionale**, GECO Eventi (Pisa), Giugno 2012, ISBN: 978-88-907334-0-6, 250 pp.
- Bertozzi M., Casini M., Leccese F., Salvadori G., **Analisi dei fabbisogni energetici per l'illuminazione degli edifici: indice di efficienza energetica e prestazioni illuminotecniche.** *neo-EÚBIOS*, TEP Srl (Milano), ISSN: 1825-5515, Settembre 2012, anno XIV, n. 41, pp. 46-56.
- Leccese F., Salvadori G., Casini M., Bertozzi M., **Illuminazione nei luoghi di lavoro: benessere, salute e sicurezza dei lavoratori.** Atti del II° Convegno Nazionale di Ingegneria Forense, Pisa, Novembre 2012, ISBN: 978-88-89972-34-2, pp. 589-598.
- Leccese F., Salvadori G., Romei G., **Indicatore di efficienza energetica dei sistemi di illuminazione artificiale dei luoghi di lavoro: il contributo dell'illuminazione naturale.** *neo-Eubios (articolo di prossima pubblicazione).*



PISA
4-5 luglio 2013



Grazie per l'attenzione ...



Francesco Leccese

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei sistemi, del
Territorio e delle Costruzioni – Università di Pisa

Laboratorio di Illuminotecnica e Acustica

Largo Lucio Lazzarino - 56126 PISA

f.leccese@ing.unipi.it