



Building Automation: una Tecnologia Abilitante per il Risparmio Energetico

28 Maggio 2009

**Sala Scorpio – Centro Congressi “Stella Polare”
LivinLuce - EnerMotive – Fiera Milano Rho**

Coordinatore dell'evento: A. Servida, Università di Genova (e-mail: servida@unige.it)

Obiettivi

Il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di CO₂ sono temi di grande attualità che hanno un diretto impatto sia sulle attività civili sia su quelle industriali.

L'obiettivo del convegno è quello di illustrare come l'automazione industriale, nella fattispecie, la *building automation* rappresenti una tecnologia abilitante per garantire una gestione ottimale dei consumi energetici (e più in generale delle *utility*) negli edifici. Gli interventi illustreranno, tramite la discussione di *case history*, i benefici raggiungibili e le potenzialità di una gestione ottimale, intelligente e integrata delle varie *building utility* (sistema di climatizzazione, impianto di illuminazione, centrale termica, carichi elettrici ...).

La partecipazione è libera. Per ragioni organizzative si suggerisce di pre-registrarsi *on-line* collegandosi al link:

<http://www.fieramilanotech.it/?id=Mj14LTM3MS16LUIUQSAg&tipo=det&idp=577&data=28/05/2009%2010.00.00&attiva=Y>

La preregistrazione *on-line* al convegno e alla Fiera dà diritto a ricevere un biglietto gratuito per l'accesso (giornaliero) alla fiera.

Programma

9:30 – 10:00 Registrazione dei partecipanti

10:00 Energia: un volano per lo sviluppo industriale e sociale

M. Piano – Università degli Studi di Urbino “Carlo Bo” – Centro Studi Energia e Domotica ANIS (RSM)

10:30 Automazione: il futuro nell'evoluzione del risparmio energetico

G. Mauri, D. Moneta – Cesi Ricerca

11:00 Modellizzazione e controllo di un innovativo sistema energetico di un agriturismo

S. Radaelli, M. Pernice e L. Ferrarini – Politecnico di Milano

11:30 Metodologia per la valutazione del risparmio energetico conseguibile dall'automazione integrata delle *utility*

M. Cecconi e L. Martirano – Università “La Sapienza” di Roma

12:00 Un esempio di gestione efficiente dei sistemi tecnologici di edificio attraverso la Home&Building Automation

O. Corradini – SCE Group

12:30 Risparmio Energetico negli edifici: Leaf Community e Leaf House, la sostenibilità diventa reale

A. Ilari – Gruppo Loccioni

Ore 13:00 Conclusione dei lavori

Coordinatore dell'evento: A. Servida, Università di Genova (e-mail: servida@unige.it)

METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEL RISPARMIO ENERGETICO CONSEGUIBILE DALL'AUTOMAZIONE INTEGRATA DELLE UTILITY

Luigi Martirano* - Marco Cecconi**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

* Ricercatore di "Sistemi Elettrici per l'Energia" e Docente di "Domotica ed Uso Razionale dell'Energia Elettrica". Facoltà di Ingegneria Università di Roma Sapienza. Membro del Comitato Tecnico 205 del CEI "Sistemi BUS per edifici". E-mail: martirano@uniroma1.it

** Dottorando di ricerca in "Risparmio energetico e microgenerazione distribuita" presso l'Università di Roma Sapienza, facoltà di Architettura "Valle Giulia", Prof. Ing. Livio De Santoli. Vincitore del premio CEI "Miglior tesi di laurea 2008" per la tesi in bibliografia. E-mail: m.cecconi@uniroma1.it

Sommario

L'illuminazione costituisce una delle voci più consistenti tra i consumi elettrici, specialmente nel terziario dove rappresenta più del 40% del totale. Ciò significa che un risparmio sull'illuminazione comporta un miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e di conseguenza una riduzione sostanziale della bolletta elettrica.

Per limitare i consumi dell'illuminazione, a parità di qualità luminosa, è possibile agire su due fronti:

- si può ottimizzare l'efficienza luminosa dell'impianto,
- si può ottimizzare il controllo.

Il primo conduce ad un risparmio poiché, con un impianto efficiente, è possibile garantire lo stesso illuminamento con una minore potenza elettrica impegnata, il secondo permette di ridurre gli sprechi poiché le lampade vengono utilizzate solo nella misura strettamente necessaria.

Parole chiave

Efficienza energetica, illuminazione, Building Automation, domotica

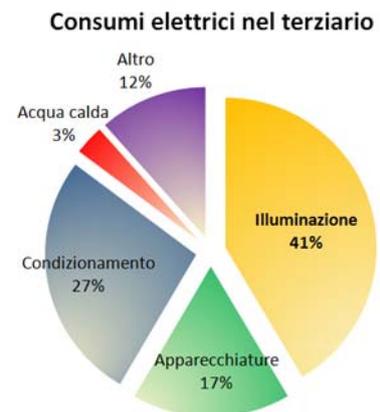


Fig.1 Nei Paesi industrializzati l'illuminazione costituisce una frazione cospicua di tutti i consumi elettrici. Nel settore terziario può determinare il 40% della spesa energetica elettrica.

1. LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Un impianto di illuminazione intrinsecamente efficiente è quello che, a parità di quantità e qualità luminosa, impegna una potenza inferiore ad altri impianti. Per un dato locale con un dato livello di illuminamento, gli aspetti che determinano l'efficienza dell'impianto sono:

- Progettazione orientata all'efficienza energetica. Un impianto progettato correttamente deve garantire il livello di illuminamento medio richiesto dalla normativa, nonché gli indici di comfort relativi all'abbagliamento ed all'uniformità di illuminamento. Inoltre è possibile adottare diverse soluzioni per ridurre al massimo la potenza installata nel rispetto dei requisiti di qualità. Ad esempio è possibile ottimizzare la disposizione, il

numero e la tipologia delle sorgenti luminose e di tutti gli apparecchi ausiliari necessari al loro funzionamento.

- Efficienza luminosa delle lampade: si misura in *lumen/watt* ed indica quanto flusso luminoso viene emesso per ogni watt di potenza elettrica impegnata. L'efficienza luminosa dipende sia dal tipo di sorgente utilizzata (incandescenza, alogena, fluorescente) sia, nel caso delle fluorescenti, dal tipo di ausiliari di alimentazione utilizzati (reattore magnetico, reattore elettronico).
- Efficienza luminosa degli apparecchi illuminanti: è una percentuale che indica la quota parte del flusso luminoso prodotto dalla sorgente che va effettivamente ad illuminare l'ambiente. Tale valore dichiarato nella scheda tecnica di ogni apparecchio, varia all'incirca dal 30% al 70% a seconda delle prestazioni ottiche dell'apparecchio illuminante utilizzato e dalle caratteristiche geometriche e cromatiche del locale.

2. OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Generalmente il controllo dell'illuminazione viene effettuato o mediante comando manuale stanza per stanza (soprattutto nelle abitazioni) oppure tramite controllo temporizzato (soprattutto nel terziario). Come spesso succede, però, le luci rimangono accese anche quando non sarebbe necessario, cioè quando non vi sono occupanti oppure quando c'è già un sufficiente apporto di luce naturale.

Attualmente la *Building Automation* permette di controllare in modo automatico ed intelligente le lampade. In particolare è possibile realizzare due sistemi di controllo:

- il *presence-control*, cioè lo spegnimento automatico o l'attenuazione delle lampade quando in un locale non sono presenti occupanti;
- il *flux-control*, ossia la variazione automatica del flusso luminoso delle lampade in relazione alla disponibilità di luce diurna.

Per sfruttare i vantaggi del controllo intelligente è necessario installare dei dispositivi appositi.

Per il *flux-control* è indispensabile almeno un sensore di illuminamento tramite il quale pilotare il flusso delle lampade attraverso dei controllori elettronici di *dimming* oppure semplicemente effettuare le accensioni (*switching*) per lampade o gruppi di lampade, parzializzando opportunamente l'impianto.

Per il *presence-control* è indispensabile installare un sensore di presenza che sappia determinare lo stato di occupazione del locale.

I sistemi di controllo che presentano un sensore di occupazione possono essere suddivisi in:

- accensione automatica e spegnimento in *dimming*;
- accensione e spegnimento automatico;

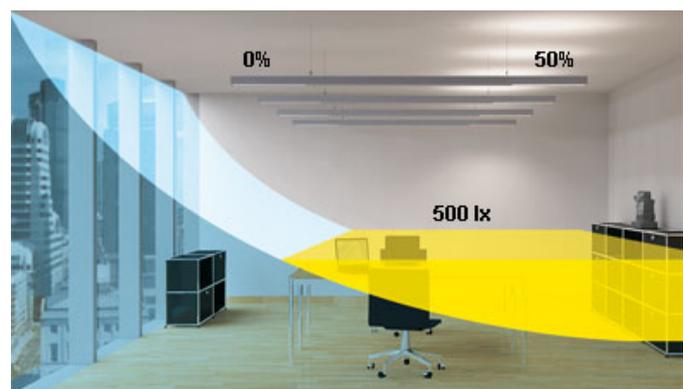


Fig. 2 Funzionamento del *flux-control*

- accensione manuale e spegnimento in dimming;
- accensione manuale e spegnimento automatico.

I sistemi di controllo che non presentano un sensore di occupazione possono essere suddivisi in:

- accensione e spegnimento manuale;
- accensione e spegnimento manuale con sistema generale automatico di spegnimento.

Tali sistemi possono integrarsi con i sistemi BUS già eventualmente presenti, ad esempio con standard Konnex, ed espandere ulteriormente le proprie possibilità, ad esempio controllando anche lo stato delle tende parasole o delle tapparelle per un ottimale comfort ed un controllo dell'apporto termico solare estivo.

3. QUANTO SI RISPARMIA CON LA BUILDING AUTOMATION: L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA "LENI"

La norma UNI EN15193 di recente emanazione fornisce un metodo per la valutazione del fabbisogno energetico per l'illuminazione degli edifici introducendo un indicatore numerico di efficienza (LENI) pari all'energia annuale per unità di superficie consumata dall'impianto di illuminazione. L'indicatore dipende dalla potenza elettrica impegnata, dai periodi di funzionamento diurno e notturno e da fattori correttivi che riguardano la presenza di persone, lo sfruttamento della luce naturale ed il decadimento naturale del flusso luminoso.

L'indice LENI, trascurando le perdite parassite dell'impianto per il controllo e l'illuminazione d'emergenza, può essere valutato con la seguente formula:

$$\text{LENI} = \frac{P_n F_C F_O (t_D F_D + t_N)}{1000 \cdot A} \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}]$$

P_n = Potenza installata di tutti gli apparecchi illuminanti della zona compresi gli alimentatori [W]

t_D = Periodo di funzionamento diurno: ore di accensione dell'impianto in presenza di luce diurna [h].

t_N = Periodo di funzionamento notturno: ore di accensione dell'impianto in assenza di luce diurna [h].

F_O = "Fattore di dipendenza dall'occupazione" che tiene conto dell'eventuale presenza di un controllo luce sensibile all'occupazione dei locali [adim]

F_D = "Fattore di dipendenza dalla luce diurna" che tiene conto dell'eventuale presenza di un controllo luce sensibile alla presenza di luce diurna. [adim]

F_C = "Fattore d'illuminamento costante" che tiene conto dell'eventuale presenza di un controllo luce che regola la massima potenza erogabile dall'impianto, per evitare che nei primi periodi di utilizzo delle lampade, ovvero quando sono in piena efficienza, si determini un livello di illuminamento superiore al necessario. [adim]

A = Area utile totale del locale o dell'edificio [m²]

La UNI EN15193 permette di considerare sia gli impianti di illuminazione tradizionali, che quelli dotati di sistemi di regolazione automatica dipendenti dall'occupazione dei locali o dalla disponibilità di luce diurna.

Per il calcolo del fattore di dipendenza dall'occupazione F_O la norma propone un metodo di valutazione che tiene conto dell'assenza presunta degli occupanti del locale e del tipo di controllo adottato (tab.2).

Per il calcolo del fattore di dipendenza della luce diurna F_D la norma propone un metodo di valutazione della disponibilità di luce diurna (debole, media, forte) che tiene conto della predisposizione del locale a recepire luce diurna e della finestratura. Il metodo consente inoltre di valutare l'area geometrica all'interno del locale che beneficia di luce diurna A_D , utile in fase di progettazione per la configurazione ottimale dell'architettura del sistema di controllo degli apparecchi illuminanti.

Nel calcolo del LENI di un locale in cui parte dell'ambiente non usufruisca di luce naturale si avrà :

- nel caso di controllo con raggruppamento unico degli apparecchi, F_D pari a 1;
- nel caso di controllo degli apparecchi in gruppi, una suddivisione del locale in:
 - area che beneficia di luce diurna A_D , per la quale occorre considerare nel calcolo la potenza elettrica P_D degli apparecchi installati nell'area A_D ed il fattore $F_D < 1$;
 - area che non beneficia di luce diurna A_{ND} , per la quale occorre considerare nel calcolo la potenza elettrica P_{ND} degli apparecchi installati nell'area A_{ND} ed il fattore F_D pari ad 1.

Pertanto, trascurando le perdite parassite dell'impianto per il controllo e l'illuminazione d'emergenza, l'indice LENI potrà essere valutato come:

$$LENI = \frac{P_D F_C F_O (t_D F_D + t_N) + P_{ND} F_C F_O (t_D + t_N)}{1000 \cdot A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{anno}]$$

Per la stima dei fattori F_D e F_0 si può fare riferimento alle tabelle 2 e 3.

Il fattore F_C vale 0,9 in presenza di sensore di illuminamento costante altrimenti vale 1.

Tipo di edificio	Ore di funzionamento delle attività all'interno dell'edificio per anno. Valori di riferimento.		
	t_D	t_N	$t_D + t_N$
Uffici	2250	250	2500
Scuole ed università	1800	200	2000
Ospedali	3000	2000	5000
Hotel	3000	2000	5000
Ristoranti	1250	1250	2500
Sport	2000	2000	4000
Commerciale	3000	2000	5000
Produzione industriale	2500	1500	4000

Tab.1 Ore diurne t_D e notturne t_N di riferimento di funzionamento delle attività per alcune tipologie di edifici, utili per il calcolo dell'indice LENI

Fattore di assenza	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Fattore di occupazione F_0 per sistemi di controllo che non presentano un sensore di occupazione											
accensione e spegnimento manuale	1,00	1,00	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,00
accensione e spegnimento manuale con sistema generale automatico di spegnimento	1,00	0,97	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0,00
Fattore di occupazione F_0 per sistemi di controllo che presentano un sensore di occupazione											
accensione automatica e spegnimento in dimming	1,00	0,97	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0,00
accensione e spegnimento automatico	1,00	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,50	0,30	0,20	0,00
accensione manuale e spegnimento in dimming	1,00	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,50	0,30	0,20	0,00
accensione manuale e spegnimento automatico	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,50	0,30	0,20	0,10	0,00

Tab.2 Valori del fattore F_0 in funzione del tipo di controllo e della percentuale di ore di assenza della persona che occupa il locale.

Tipo di controllo	Disponibilità di luce naturale	Sud (39.00°N)			Centro (42.00°N)			Nord (45.00°N)		
	Illuminamento di progetto (lux)	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Manuale	300	0,843	0,731	0,621	0,850	0,741	0,632	0,857	0,750	0,642
	500	0,885	0,764	0,643	0,890	0,775	0,656	0,896	0,785	0,669
	750	0,918	0,813	0,676	0,922	0,822	0,691	0,926	0,831	0,705
Automatico	300	0,410	0,310	0,195	0,437	0,334	0,217	0,463	0,359	0,240
	500	0,568	0,395	0,241	0,589	0,422	0,269	0,610	0,449	0,297
	750	0,694	0,520	0,312	0,709	0,543	0,343	0,724	0,565	0,374

Tab.3 Valori del fattore F_D in funzione del tipo di controllo, della latitudine, della disponibilità di luce naturale e dell'illuminamento di progetto.

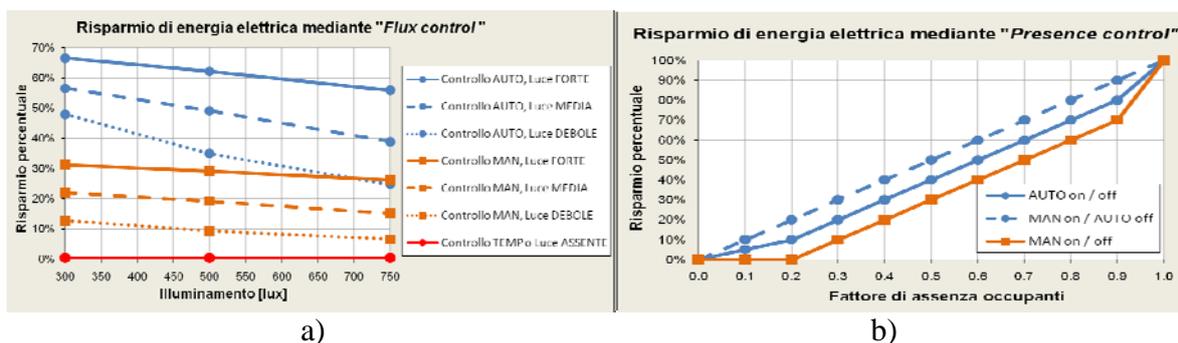


Fig. 3a Risparmio energetico conseguibile mediante il “flux-control” per sistemi di controllo manuale o automatico, disponibilità di luce naturale debole, media e forte, in funzione del livello di illuminamento del locale.

Fig. 3b Risparmio energetico conseguibile mediante il “presence control” per sistemi di controllo Automatico ON/OFF, manuale ON automatico OFF, manuale ON/OFF, in funzione del fattore di assenza del locale (rapporto tra ore con assenza persone nel locale ed ore di apertura dell’edificio).

4. CASO DI STUDIO

Come caso di studio si riporta la valutazione del risparmio energetico conseguito con l’adozione di sistemi di controllo intelligente per un ambiente tipico ad uso ufficio.

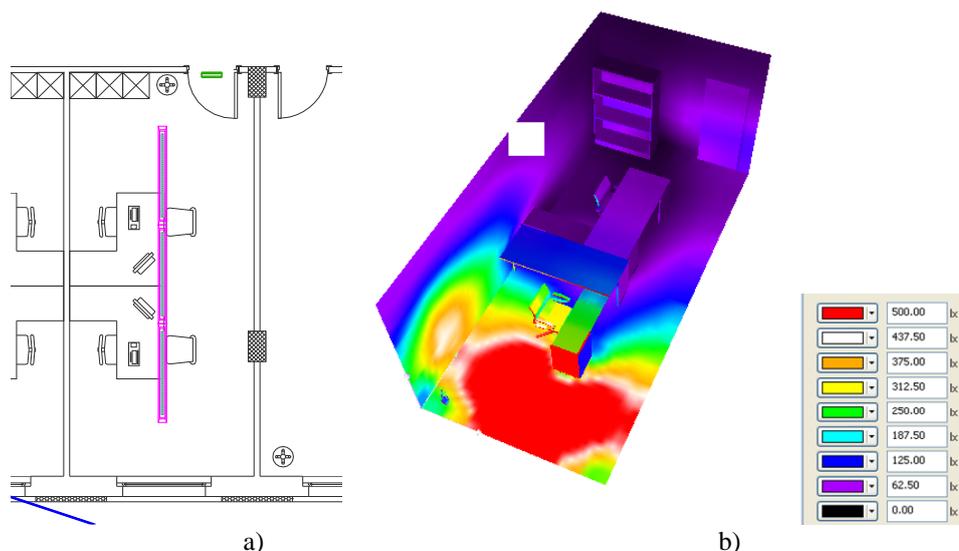


Fig. 4 Locale in esame (a). Valutazione della disponibilità di luce naturale alle ore 12,00 di un giorno di maggio, effettuata tramite il software Dialux (b).

Il locale è di dimensioni 6,9 x 3,15 m (Fig. 4), è dotato di due postazioni di lavoro, presenta finestratura normale e valore di illuminamento di progetto pari a 300 lux. La disponibilità di luce diurna, applicando la metodologia proposta dalla norma, è risultata media. Il fattore di assenza (inteso come percentuale del tempo in cui non sono presenti occupanti) è assunto pari a 0,3. Il locale è dotato di 3 apparecchi 1x35 W con lampade fluorescenti ad alta efficienza T5 (circa 100 lumen/W), cablaggio elettronico e potenza complessiva (P_n) pari a 117 W (39 W per lampada compreso l'alimentatore). I tempi di utilizzo diurno e notturno del locale (t_D e t_N) sono stati desunti dalla tabella 1 pari rispettivamente a 2250 ore e 250 ore.

della luce diurna.

Le lampade sono state divise in due gruppi di comando indipendente:

- gruppo 'a1': lampade (una) installate nell'area che beneficia di luce naturale (A_D - Area di *daylight*);
- gruppo 'a2' lampade (due) installate nell'area che non beneficia di luce naturale (A_{ND} - Area di *non-daylight*).

La valutazione dell'area A_D è stata effettuata mediante il metodo proposto dalla norma (fig. 5).

Come soluzione progettuale base "caso 0" si è considerato un unico comando manuale che controlla entrambi i gruppi di controllo 'a1' e 'a2' senza prevedere alcun sensore.

L'indice LENI per il caso 0 vale 12,1 kWh/(m²anno).

La tabella 4 riporta 4 soluzioni progettuali proposte:

- Caso 1- Adozione di un interruttore manuale per ciascuno dei due gruppi di lampade ('a1' e 'a2'). Assenza di sensori d'illuminamento.
- Caso 2 – Come il caso 1 più installazione di un sensore IR di presenza con spegnimento automatico dei due gruppi di luci in caso di assenza prolungata degli occupanti.
- Caso 3 – Come il caso 2 più installazione di un sensore di illuminamento naturale centralizzato in corridoio che agisce sulle accensioni dei gruppi 'a1' e 'a2' (*switching*).
- Caso 4 - Come il caso 3 più installazione di un sensore di illuminamento locale nell'ambiente e regolazione continua di entrambi i gruppi 'a1' e 'a2' (*dimming*). In questo caso occorre osservare che: - è possibile considerare anche il fattore di illuminamento costante; -per tenere conto della regolazione continua di tutte le lampade del locale nel calcolo del LENI si è assunto $P_D=78W$ e $P_{ND}=39W$.

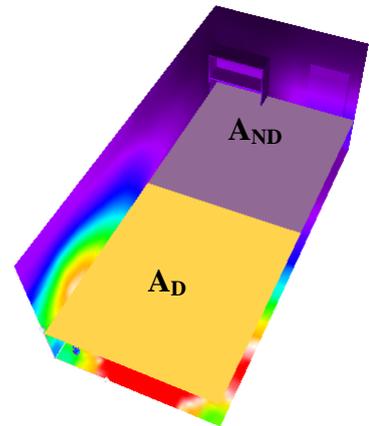


Fig.5 Individuazione delle aree A_D e A_{ND} secondo la norma UNI EN 15193.

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Interruttore manuale per ciascuno dei due gruppi di lampade ('a1' e 'a2'). Assenza di sensori d'illuminamento.	Interruttore manuale per ciascuno dei due gruppi di lampade ('a1' e 'a2'). Sensore IR di presenza con spegnimento automatico dei due gruppi di luci in caso di assenza prolungata degli occupanti.	Interruttore manuale per ciascuno dei due gruppi di lampade ('a1' e 'a2'). Sensore IR di presenza con spegnimento automatico dei due gruppi di luci in caso di assenza prolungata degli occupanti. Sensore di illuminamento naturale in corridoio.	I Interruttore manuale per ciascuno dei due gruppi di lampade ('a1' e 'a2'). Sensore IR di presenza con spegnimento automatico dei due gruppi di luci in caso di assenza prolungata degli occupanti. Sensore di illuminamento nel locale. Presenza di tenda parasole.
<i>Presence control:MAN</i> <i>Flux control:MAN</i>	<i>Presence control: AUTO</i> <i>Flux control:MAN</i>	<i>Presence control: AUTO</i> <i>Flux control:AUTO switching con sensore centralizzato</i>	<i>Presence control: AUTO</i> <i>Flux control:AUTO dimming con sensore locale</i>
$P_D=39$ W gruppo 'a1' $P_{ND}=78$ W gruppo 'a2' $F_D=0,74$ $F_0=0,9$ $F_C=1$	$P_D=39$ W gruppo 'a1' $P_{ND}=78$ W gruppo 'a2' $F_D=0,74$ $F_0=0,7$ $F_C=1$	$P_D=39$ W gruppo 'a1' $P_{ND}=78$ W gruppo 'a2' $F_D=0,34$ $F_0=0,7$ $F_C=1$	$P_D=78$ W gruppo 'a1' $P_{ND}=39$ W gruppo 'a2' $F_D=0,34$ $F_0=0,7$ $F_C=0,9$
LENI = 11,2 kWh/(m²anno)	LENI = 8,7 kWh/(m²anno)	LENI = 7,5 kWh/(m²anno)	LENI = 5,1 kWh/(m²anno)

Tab.4 Riepilogo dei casi analizzati.

La tabella 5 riassume i risultati ottenuti dalla valutazione energetica per le varie soluzioni progettuali proposte.

Soluzione	Apparecchi	Reattore	Comandi	Presence control	Flux control	LENI	x1000 mq	risparmio
	W					kWh/m ² /anno	kWh/anno	%
Caso 0	3x39	elettronico	1 man	NO	NO	12,1	12100	-
Caso 1	3x39	elettronico	2 man	NO	NO	11,2	11200	7%
Caso 2	3x39	elettronico	2 auto sw	SI	NO	8,7	8700	28%
Caso 3	3x39	elettronico	2 auto sw	SI	SI on/off	7,50	7500	38%
Caso 4	3x39	elettronico	2 auto dim	SI	SI dimming	5,1	5100	58%

Tab.5 Riepilogo dei risultati.

Occorre notare che, nel caso di utilizzo di sensore di illuminamento locale, il sensore IR di presenza può controllare anche la chiusura della tenda parasole per evitare inutili apporti solari quando il locale è vuoto. Tale controllo non è possibile nel "Caso 3" perché il sensore di illuminamento è di tipo centralizzato.

In conclusione, il risparmio energetico conseguibile mediante l'adozione di comandi intelligenti, per il locale preso in esame, assume i seguenti valori:

- 7% con sistema manuale di *flux-control*;
- 28% con sistema manuale di *flux-control* ed automatico di *presence-control*;
- 38% con sistema automatico di *presence-control* ed automatico centralizzato di *flux-control*;
- 58% con sistema automatico di *presence-control* ed automatico locale di *flux-control*.

5. LIMITI DEL METODO PROPOSTO DALLA NORMA EN 15193 E NUOVO MODELLO IN STUDIO

Il metodo di calcolo proposto dalla norma EN15193 risulta certamente uno strumento interessante e di valido utilizzo per la stima del consumo di energia elettrica per l'illuminazione artificiale degli edifici, includendo formule, tabelle e valori di riferimento. Esso consente di tenere conto dei controlli utilizzati e quindi dei benefici imputabili all'integrazione della luce naturale e artificiale ed alla presenza delle persone.

E' importante notare, però, che i valori ed i modelli messi a disposizione sono puramente empirici, derivati dal monitoraggio di casi reali.

Una prima osservazione sul metodo riguarda l'impostazione del calcolo del fattore F_D relativo al risparmio in funzione della disponibilità di luce naturale. La norma non evidenzia il metodo precedentemente suggerito di zonizzare il calcolo in modo da applicare il fattore correttivo solamente all'area effettivamente investita dalla luce A_D . Se non si procedesse ad una zonizzazione della stanza in un'area A_D per la quale considerare il fattore $F_D < 1$ ed un'area A_{ND} per la quale considerare un fattore F_D pari ad uno, si commetterebbe un errore di valutazione poiché si stimerebbe un risparmio energetico anche per le zone "profonde" di una stanza che non beneficiano di luce naturale.

Un'ulteriore osservazione sul metodo proposto dalla norma riguarda il non considerare l'orientazione dell'edificio. Appare chiaro che l'orientazione verso sud presenta un irraggiamento superiore all'orientazione verso nord e quindi l'illuminamento naturale, anche solo di tipo diffuso e non diretto, risulterebbe maggiore.

Sembrerebbe opportuno, inoltre, integrare il metodo di valutazione della luce naturale con un coefficiente che tenga conto dello schermo solare adottato per la finestra del locale in esame (tenda, schermo metallico fisso, pellicola protettiva, ecc.). La norma, infatti, tiene conto della tipologia di vetro unicamente nella valutazione della quantità di luce disponibile (debole, media, forte) e non considera la presenza di schermi solari regolabili durante l'esercizio dell'impianto. Il metodo inoltre non include l'ampio range di possibili soluzioni di controllo, limitandosi nel calcolo del fattore F_D a considerare un controllo manuale ed uno automatico. In realtà il risparmio conseguibile per integrazione della luce naturale dipende fortemente dalla tipologia particolare di controllo adottato (sensore automatico centralizzato, locale per area, locale per gruppo di lampade), dalla modalità di regolazione (switching o dimming) e dall'architettura del sistema di controllo (numero e layout dei gruppi di controllo delle lampade).

Sulla base di queste considerazioni, nell'ambito di un'attività di ricerca condotta presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università Sapienza di Roma, è in corso di elaborazione una metodologia di calcolo della prestazione energetica dei sistemi di illuminazione che si basa su un ampio spettro di simulazioni ambientali eseguite con i software EnergyPlus e Dialux, dalle quali sono state ricavate le relazioni tra la disponibilità di luce diurna ed il risparmio conseguibile, tenendo conto di tutti i possibili fattori che influenzano l'esercizio dell'impianto quali ad esempio l'effetto degli schermi solari, del controllo integrato dell'illuminazione e degli schermi solari, della tipologia di controllo automatico adottato, delle ripercussioni termiche delle soluzioni illuminotecniche adottate.

In Tab.6 vengono riportati punti di forza e di debolezza del metodo normativo e di quello sperimentale da noi elaborato.

Metodo di calcolo norma EN15193	Metodo di calcolo sperimentale
<p>Punti di forza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vengono considerati i controlli elettronici dell'illuminazione sia in relazione alla disponibilità di luce diurna (<i>flux control</i>) che all'occupazione dei locali (<i>presence control</i>). - Viene considerata una vasta gamma di elementi architettonici ostruenti, tra cui anche gli atrii e i cortili. - Presenta una buona flessibilità poiché ottiene come risultato parziale la disponibilità di luce diurna che svincola i dati architettonici da quelli impiantistici. <p>Punti di debolezza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nel calcolo della disponibilità di luce diurna non viene preso in considerazione il parametro "orientazione" che è invece di fondamentale importanza. Questo lascia pensare che vi siano forti errori sulla stima della disponibilità di luce. - E' sicuramente presente un errore nella relazione tra risparmio elettrico, fattore F_D e area illuminata da luce naturale A_D. Questo fa sì che il risparmio percentuale non dipenda dalla profondità della stanza a parità di superficie trasparente. - Gli schermi solari vengono trattati solo in modo molto semplicistico e senza controlli automatici. - Non viene indicato il numero e la posizione dei sensori luminosi. 	<p>Punti di forza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applicazione immediata eseguendo una sola moltiplicazione di coefficienti, applicabile facilmente anche senza computer. - Considera l'effetto delle protezioni solari. - Considera l'effetto di soluzioni innovative come il controllo integrato dell'illuminazione e degli schermi solari. - Considera anche le ripercussioni termiche delle soluzioni illuminotecniche; <p>Punti di debolezza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La versione attuale non è molto flessibile poiché sono stati fissati i seguenti parametri: livello di illuminamento richiesto (500lux), ubicazione (Roma), orientazione (Sud). - Vengono considerati solo ostacoli orizzontali (es. montagne o edifici) e non agetti (es. balconi o ali). - Non viene considerato il controllo dell'illuminazione in base all'occupazione dei locali. - Non viene preso in considerazione il controllo manuale.

Tab.6: Punti di forza e debolezza dei due metodi

Si propone un breve confronto numerico per verificare i risultati dei due metodi a parità di condizioni. Come già detto il metodo normativo e quello sperimentale non sono pienamente confrontabili, esiste però un sottoinsieme di casi in cui ci si attende da entrambi lo stesso risultato e l'esempio prende in considerazione proprio uno di questi casi.

Per permettere un confronto veloce ed affidabile è stato realizzato il software *LeniManager* (Fig.6) che implementa entrambe le metodologie analizzate. Il programma prende come input i dati generali riguardanti le caratteristiche architettoniche ed ambientali del locale in analisi nonché i dati relativi all'impianto d'illuminazione ed ai sistemi di *Building Automation*. Per ciascuno di questi due ultimi aspetti è possibile inserire tre diverse configurazioni a crescente ottimizzazione, in questo modo, a parità di locale, si potranno effettuare confronti diretti tra i due metodi nelle varie configurazioni.

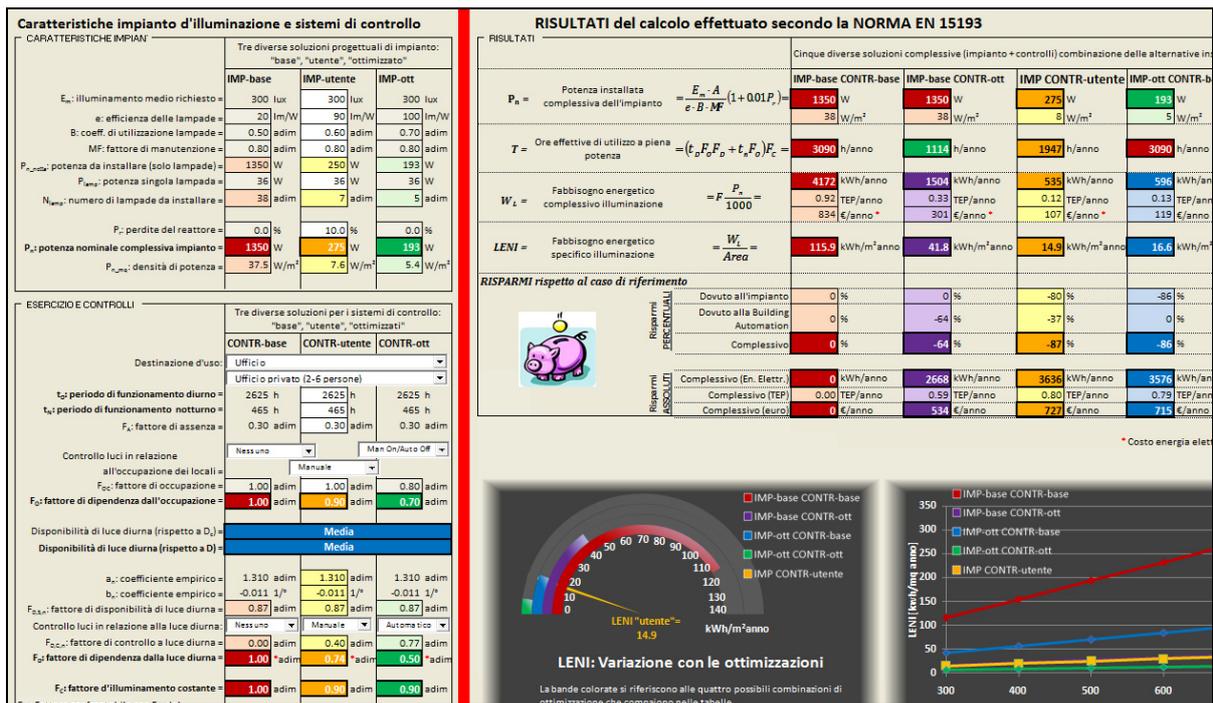


Fig.6: Una delle schermate del software *LeniManager*

I dati di input dell'esempio sono riportati in Tab.7, i risultati in Fig.7 e Fig.8 .

Esempio - dati di input

Dati generali del locale:

- Ubicazione: Roma (41.54° nord);
- Orientazione: Sud (per il metodo sperimentale), non definita (per il metodo normativo);
- Dimensioni: larghezza lato finestrato 6m, profondità 8m, altezza 3m;
- Altezza architrave finestre: 2.66m, Larghezza finestre: 3.90m → 30% di area trasparente rispetto al pavimento;
- Altezza piano di lavoro: 0.8m;
- Dati delle finestre: T=0.68, fattore telaio=0.78, fattore pulizia=1, fattore incidenza inclinata=0.85;
- Atrii e chiostri non presenti;
- Ostruzione esterna di tipo lineare con angolo di 20°;
- Doppie facciate vetrate non presenti;
- Schermi solari non presenti.
- Destinazione d'uso: ufficio (2625 ore di funzionamento diurno, 465 notturno);

...segue a pagina successiva...

Impianto di illuminazione, tre livelli di ottimizzazione		
IMPIANTO-base - Illuminamento: 500lux; - Efficienza lampade: 30 lm/W; - Coeff. utilizzazione: 0.6; - Fattore manutenzione: 0.8; - Perdite nel reattore: 0%;	IMPIANTO-utente - Illuminamento: 500lux; - Efficienza lampade: 80 lm/W; - Coeff. utilizzazione: 0.6; - Fattore manutenzione: 0.8; - Perdite nel reattore: 10%;	IMPIANTO-ottimo - Illuminamento: 500lux; - Efficienza lampade: 100 lm/W; - Coeff. utilizzazione: 0.7; - Fattore manutenzione: 0.8; - Perdite nel reattore: 2%;
Controllo dell'illuminazione, tre livelli di ottimizzazione:		
CONTROLLO-base - Presence control: assente; - Flux control: assente;	CONTROLLO-utente - Presence control: assente; - Flux control: automatico;	CONTROLLO-ottimo - Presence control: assente; - Flux control: automatico;

Tab.7: Confronto dei risultati in una situazione significativa, dati di input

In Fig.7 e Fig.8 sono riportati i risultati dell'esempio rispettivamente col metodo di calcolo normativo e con quello sperimentale.

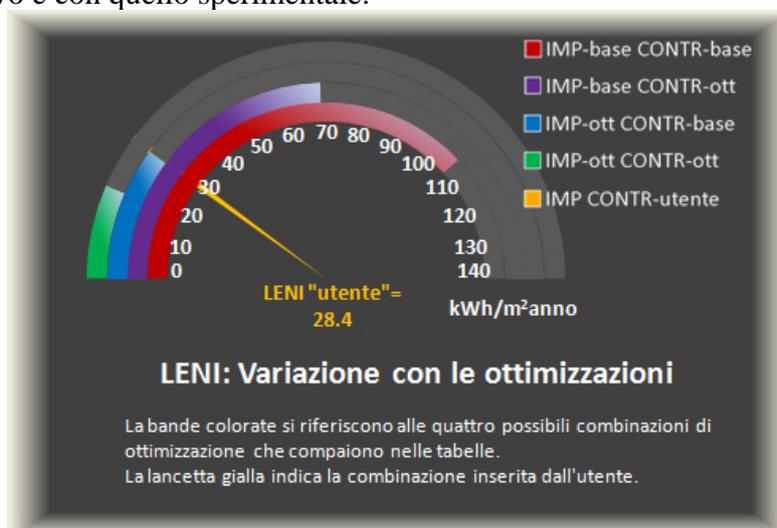


Fig.7: Risultati calcolati secondo la norma EN15193

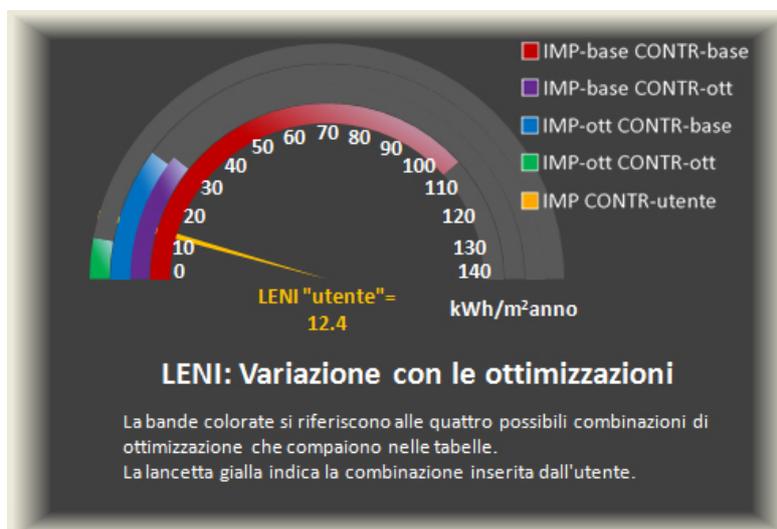


Fig.8: Risultati calcolati secondo il metodo sperimentale

Come ci si aspettava, il valore del LENI per il sistema peggiore (banda rossa) e per quello con impianto ottimizzato (banda azzurra) è identico per i due metodi poiché non sono presenti sistemi di controllo automatico. Al contrario il valore del LENI nel sistema completamente ottimizzato (banda verde), così come nel sistema con ottimizzazione dei controlli (banda viola), varia moltissimo: per la norma il fabbisogno energetico è più del doppio che per il metodo sperimentale. Probabilmente tale grande differenza è dovuta al fatto che il metodo sperimentale considera un'orientazione a sud senza schermi solari, mentre la norma non permette di specificare tale parametro e probabilmente inserisce implicitamente delle protezioni solari. Infatti si può verificare che, inserendo un blando schermo protettivo nel metodo sperimentale (una tenda chiara traslucida), i risultati dei due metodi sono praticamente identici. In ogni caso si nota che i risparmi conseguibili rispetto ad un impianto di illuminazione poco efficiente sono veramente ingenti: ottimizzando sia i corpi illuminanti che i sistemi di controllo si arriva all' 80-90 per cento, mentre ottimizzando solamente i controlli mediante Building Automation si va dal 35 al 70 per cento a seconda degli schermi solari utilizzati.

6. CONCLUSIONI

L'adozione di sistemi di controllo intelligenti basati su tecnologie BUS consentono di conseguire importanti risultati in termini di risparmio energetico.

La norma UNI EN 15193-2008 fornisce un metodo di calcolo per stimare il consumo di energia elettrica per l'illuminazione negli edifici che tiene conto dei potenziali benefici imputabili all'integrazione della luce naturale ed al controllo automatico sulla base dell'occupazione degli ambienti.

In alternativa al metodo normativo è stato realizzato un metodo, ancora in fase sperimentale, che offre delle possibilità in più ed è più semplice da applicare, ma presenta ancora degli svantaggi in termini di flessibilità. Tale metodo non necessita di un PC ed è scaricabile gratuitamente dal sito www.marcoceconi.it/articolo_tesi.pdf. I due metodi possono essere affiancati al fine di validare reciprocamente i risultati ottenuti.

L'utilizzo di questi strumenti di calcolo può essere di grande utilità per individuare preliminarmente le possibilità di ottimizzazione energetica dei locali, aprendo la strada a soluzioni impiantistiche innovative sia in edifici esistenti che in nuove costruzioni.

Bibliografia

- [1] EN15193_1 "Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting - part 1: Lighting energy estimation", March 2005.
- [2] EN 15232 "Energy performance of buildings — Impact of Building Automation, Controls and Building Management", October 2006.
- [3] EN 12464-1 "Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places" Standard 2002
- [4] M. Ceconi - Tesi di Laurea: "Building automation ed efficienza energetica: metodologia di valutazione del risparmio energetico conseguibile mediante controllo integrato dell'illuminazione e delle protezioni solari", 2008
- [5] G. Parise, L. Martirano, Impact of Building Automation, Controls and Building Management on Energy Performance of Lighting, IEEE IAS I&CPS. Calgary (Canada), May 3-7 2009
- [6] L. Martirano, M. ceconi, Casa Futura
- [7] L. Martirano , L'impatto della domotica e della building automation nella prestazione energetica degli edifici, Seminario AEIT L'ecoprogettazione degli impianti elettrici negli edifici. Università La Sapienza di Roma, 23 aprile 2008.