

**INTEGRAZIONE TRA LUCE NATURALE E ARTIFICIALE PER IL
RISPARMIO ENERGETICO ED IL COMFORT VISIVO:
L'USO DEI SISTEMI DI CONTROLLO AUTOMATICO**

Energy ^{11° edizione} *Med*

**SVILUPPO E INNOVAZIONE NELLA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI
DI ILLUMINAZIONE PER INTERNI**

5 aprile 2018

A cura di AIDI

Cos'è un sistema di controllo?

Un sistema di gestione e controllo della luce è l'insieme di una serie di dispositivi atti a ricevere dati e a rielaborarli in segnali, in modo da modificare le condizioni di funzionamento dei sistemi di illuminazione naturale o artificiale. I sistemi di controllo possono essere classificati in tre macro categorie sulla base delle modalità di controllo:

➤ manuali



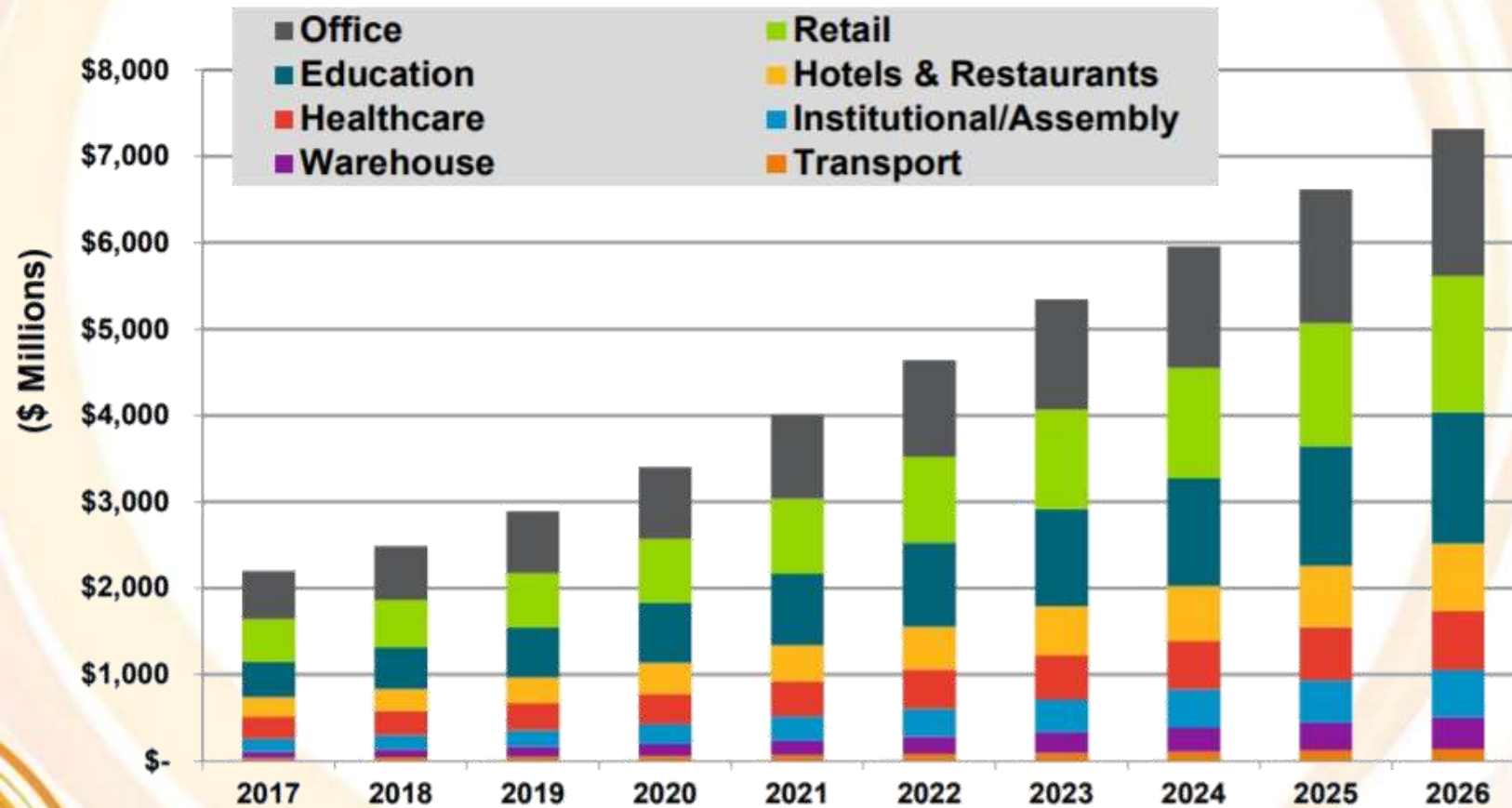
➤ automatici



➤ misti



Stima della crescita dei ricavi relativi alla diffusione dei sistemi di controllo automatico in funzione della destinazione d'uso dell'edificio: 2017-2026



Source: Navigant Research, Market Data: Intelligent Lighting Controls, 2017)

11[°] edizione

Energy Med

Francesca Fragliasso, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Napoli Federico II
e-mail: francesca.fragliasso@unina.it



Perché scegliere un sistema automatico?

L'utilizzo di un sistema di controllo automatico consente di ottenere diversi benefici:

- risparmio energetico;
- miglioramento delle condizioni di comfort visivo;
- controllo degli effetti sul comfort termico dovuti all'illuminazione;
- maggiore flessibilità dell'impianto;
- valorizzazione dello spazio architettonico;
- semplificazione delle operazioni di manutenzione.

11° edizione

Energy Med

Francesca Fragliasso, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli
Studi di Napoli Federico II
e-mail: francesca.fragliasso@unina.it



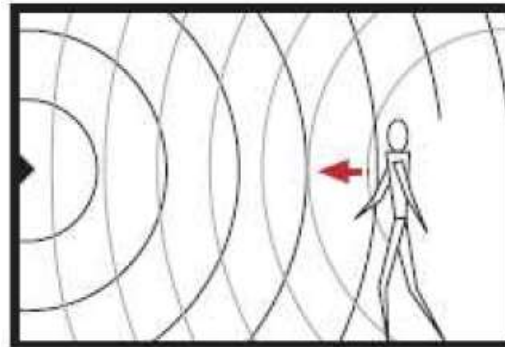
Tipologie di sistemi automatici

I sistemi automatici si dividono in tre grandi famiglie:

➤ timers



➤ occupancy based systems



➤ daylight-linked systems



Daylight-linked systems



Un sensore rileva
la luce naturale



invia un segnale
ad un controller
che lo rielabora
sulla base di un
algoritmo di
controllo e lo
traduce in un
comando



che gestisce
l'accensione, lo
spegnimento e la
regolazione degli
apparecchi
illuminanti

Sono i sistemi più complessi da progettare:

- si basano sullo sfruttamento di luce naturale, che è una risorsa estremamente variabile;
- a differenza degli altri, che si limitano a spegnere le luci quando gli utenti sono assenti, regolano l'emissione di flusso luminoso dei corpi illuminanti quando gli utenti sono presenti. Di conseguenza influiscono più degli altri sistemi sul benessere degli occupanti di uno spazio;
- numerosi parametri influenzano le loro prestazioni.

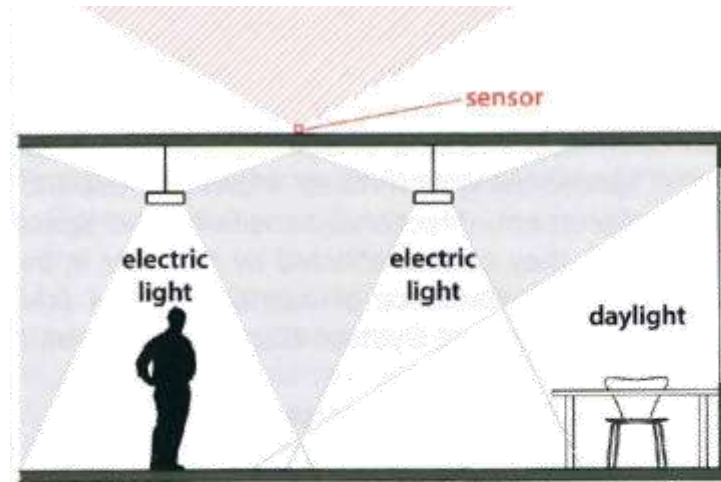
Daylight-linked systems: scelte progettuali

- Tipologia e localizzazione dei sensori;
- caratteristiche dei sensori;
- tecniche di controllo;
- definizione dei gruppi di controllo;
- calibrazione del sistema.

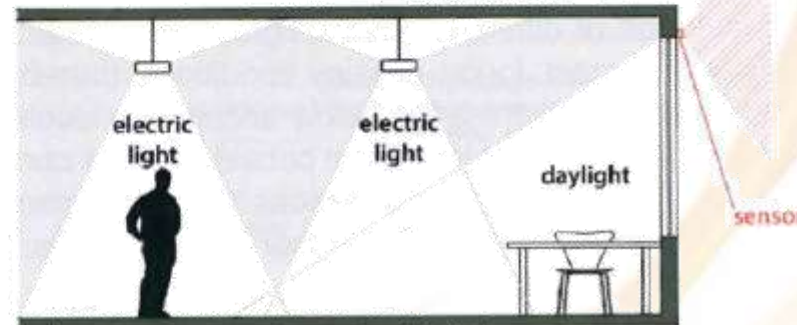
Daylight-linked systems: scelte progettuali

Tipologia e localizzazione dei sensori

Sensori open-loop da esterno: il sensore rileva solo la luce naturale



sensore open-loop
montato sul solaio
di copertura



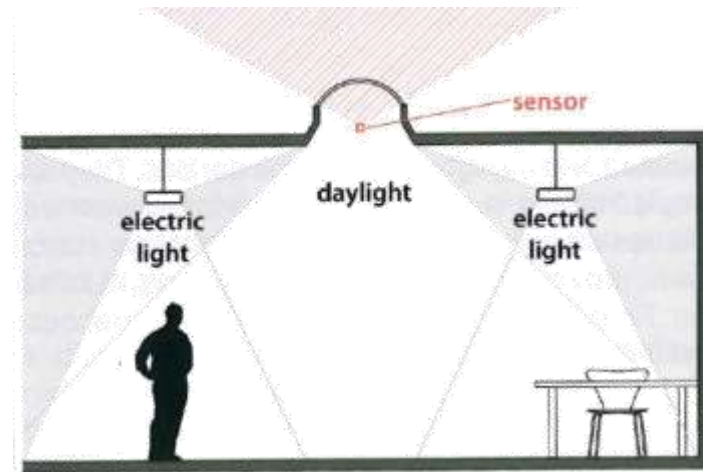
sensore open-loop
montato in facciata

Fonte: IES, Recommended practice for daylighting buildings, 2013

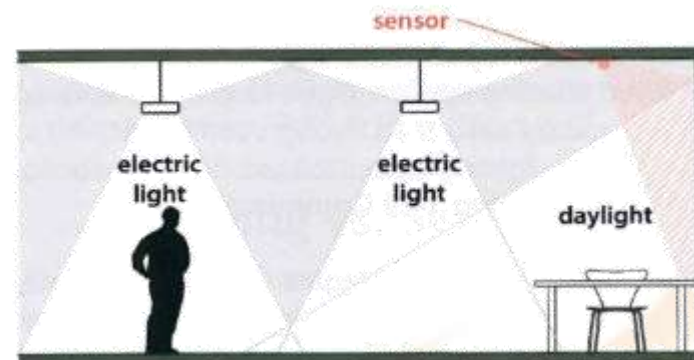
Daylight-linked systems: scelte progettuali

Tipologia e localizzazione dei sensori

Sensori open-loop da interno: il sensore è puntato verso i sistemi finestrati e rileva solo luce naturale



sensore open-loop
montato all'interno
di un lucernaio



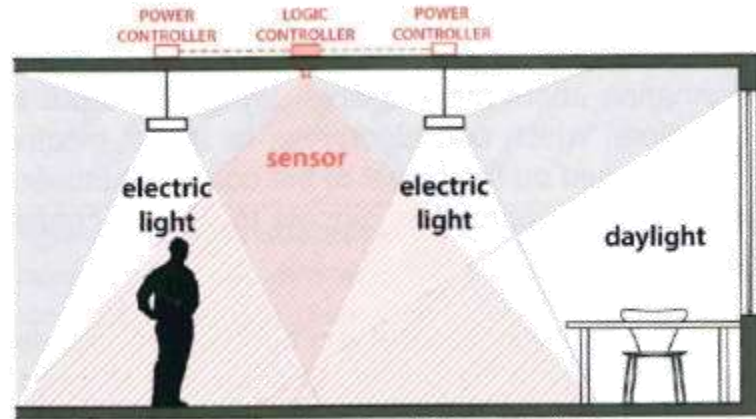
sensore open-loop
di tipo look out

Fonte: IES, Recommended practice for daylighting buildings, 2013

Daylight-linked systems: scelte progettuali

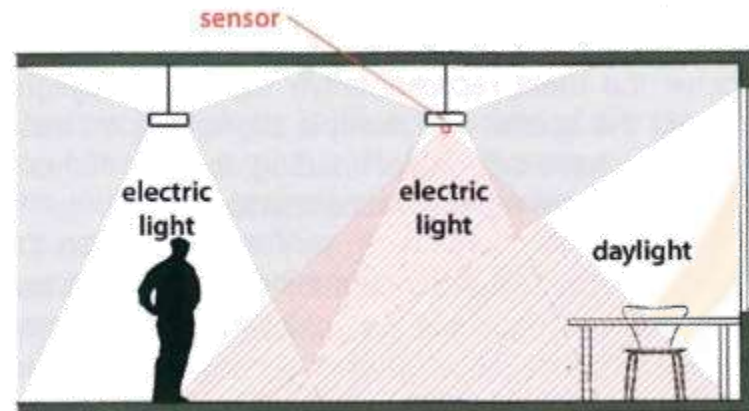
Tipologia e localizzazione dei sensori

Sensori closed-loop: rileva sia la luce naturale che quella artificiale



sensore closed-loop di tipo look down

sensore closed-loop incorporato nel corpo illuminante

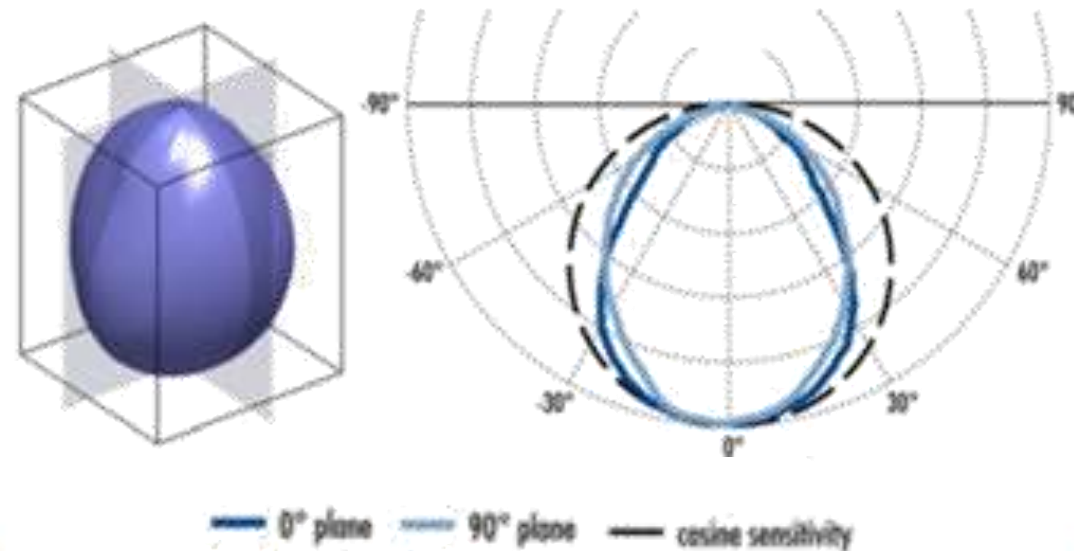


Fonte: IES, Recommended practice for daylighting buildings, 2013

Daylight-linked systems: scelte progettuali

Caratteristiche dei sensori

La risposta spaziale: descrive la sensibilità del sensore rispetto alla radiazione incidente che proviene da diverse direzioni, ovvero ciò che il sensore “vede”.

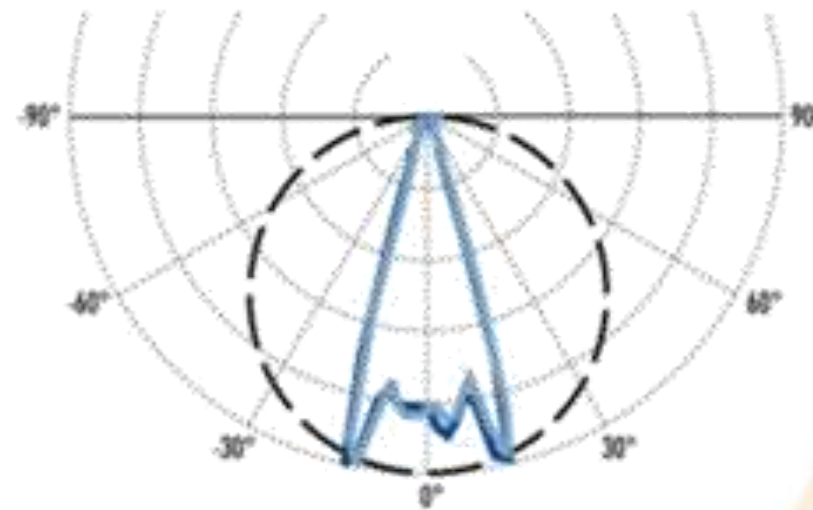
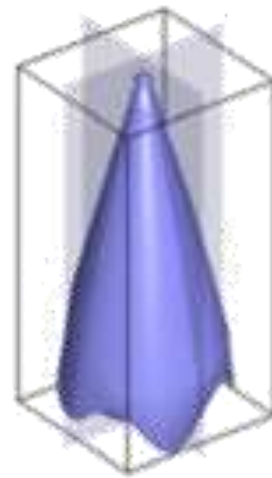


Fonte: NLPIP National Lighting Product Information Photosensors Program - Dimming and Switching Systems for Daylight Harvesting; 2007.

Daylight-linked systems: scelte progettuali

Caratteristiche dei sensori

La risposta spaziale: descrive la sensibilità del sensore rispetto alla radiazione incidente che proviene da diverse direzioni, ovvero ciò che il sensore “vede”.



— 0° plane — 90° plane — cosine sensitivity

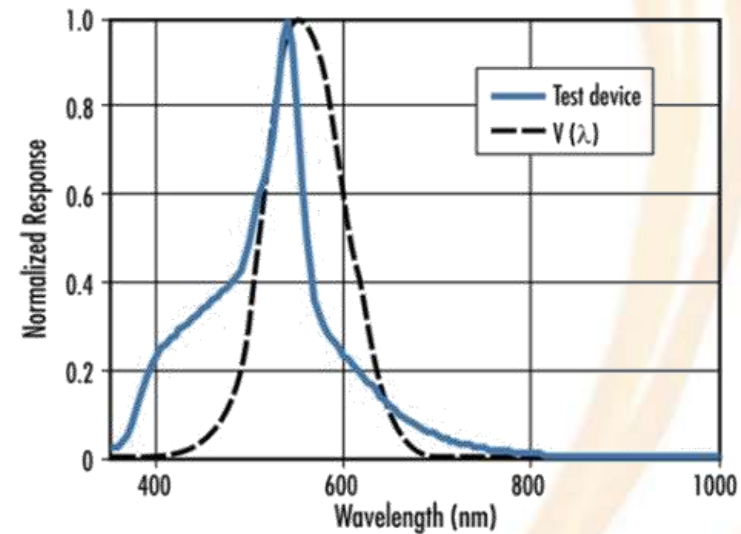
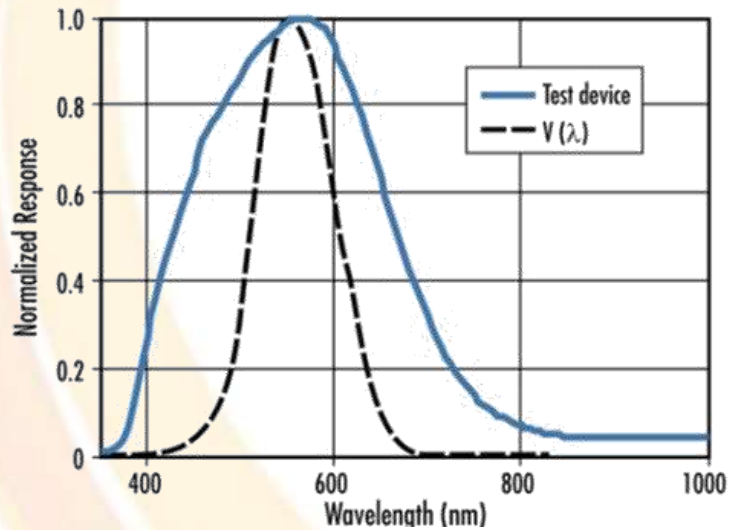
Fonte: NLPIP National Lighting Product Information Photosensors Program - Dimming and Switching Systems for Daylight Harvesting; 2007.



Daylight-linked systems: scelte progettuali

Caratteristiche dei sensori

La risposta spettrale: descrive la sensibilità del sensore nel rilevare radiazioni di lunghezze d'onda diverse



Fonte: NLPIP National Lighting Product Information Photosensors Program - Dimming and Switching Systems for Daylight Harvesting; 2007.

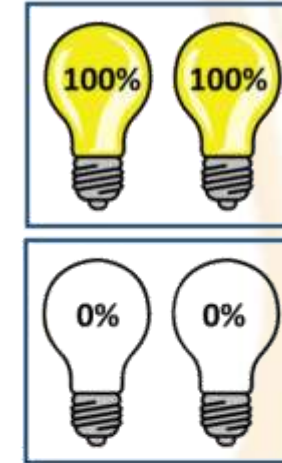
Daylight-linked systems: scelte progettuali

Tecniche di controllo

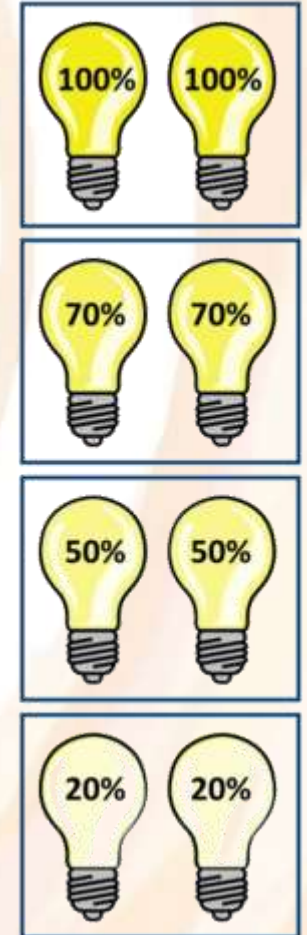
On-off switching: la luce elettrica viene accesa e spenta in funzione della luce naturale disponibile

Dimming: la luce elettrica viene regolata in continuo in funzione della luce naturale disponibile

ON-OFF SWITCHING



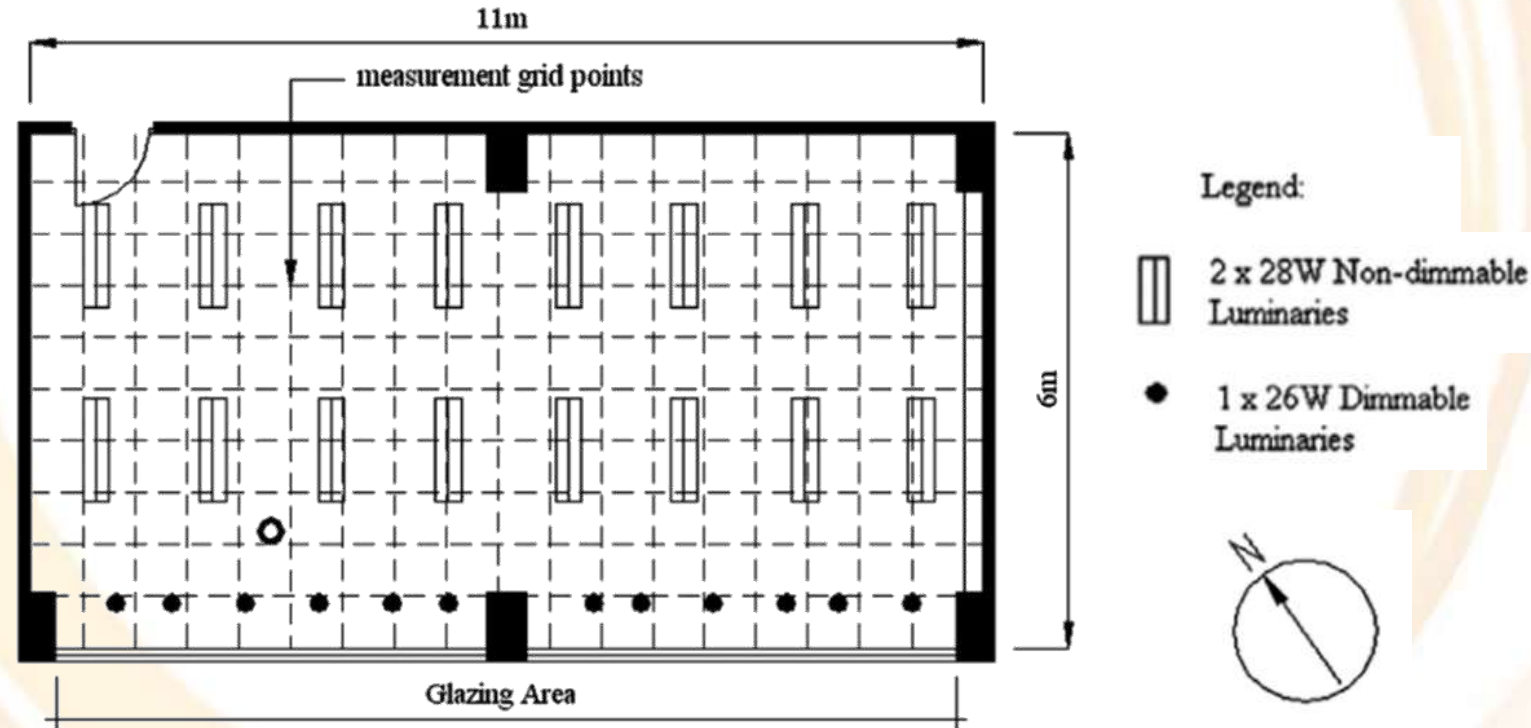
DIMMING



Daylight-linked systems: scelte progettuali

Definizione dei gruppi di controllo

Si definisce gruppo di controllo un insieme di apparecchi illuminanti regolati tutti allo stesso modo.



Fonte: Li, Danny HW, et al. "An analysis of energy-efficient light fittings and lighting controls." *Applied Energy* 87.2 (2010): 558-567.

Daylight-linked systems: scelte progettuali

Definizione dei gruppi di controllo

Fractional reductions in artificial lighting use (%) under various control systems at target workplane illuminance of 500 lx for the classroom.

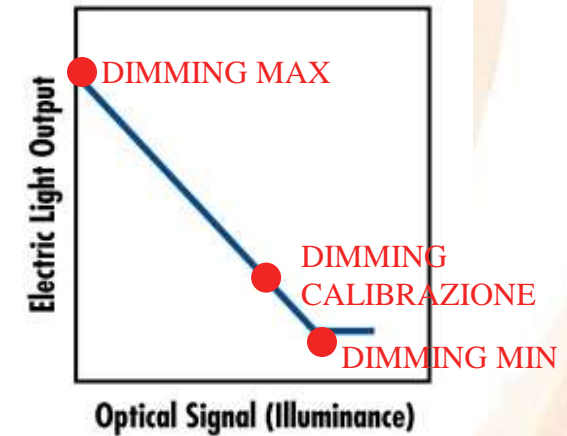
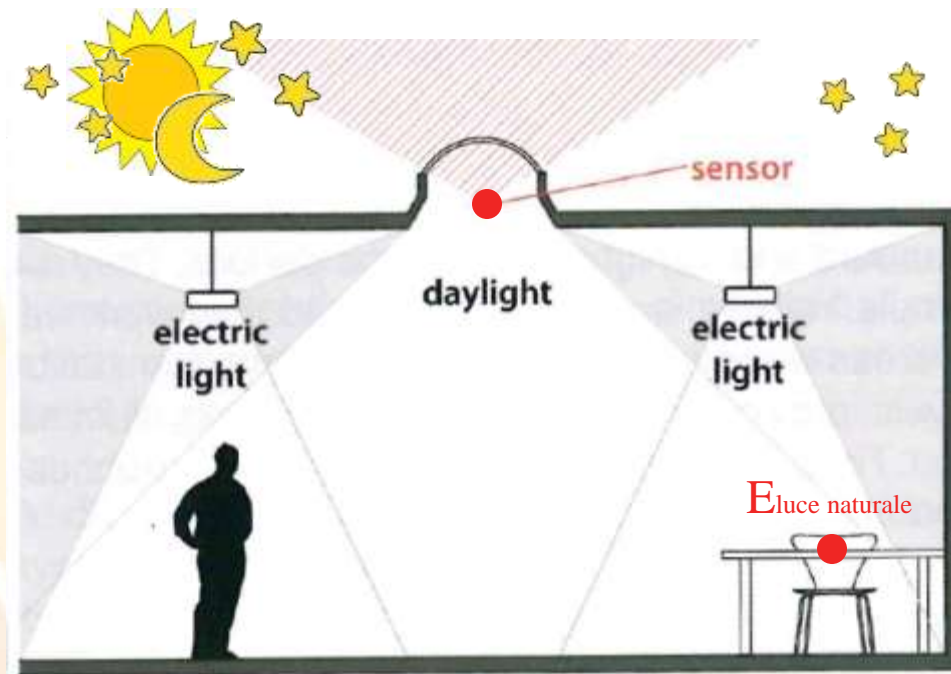
Target workplane illuminance $E_x = 500$ lx	Fractional lighting energy savings %
<i>One on-off control</i>	
1. Row 1 only	23.4
2. Rows 1 and 2 coupled (installed on row 2)	45.8
3. Rows 1, 2 and 3 coupled (installed on row 3)	40.2
<i>Two on-off controls</i>	
4. Rows 1 and 2 independent	50.4
5. Rows 1 and 2 coupled (installed on row 2), row 3 independent	60.7
6. Row 1 independent, rows 2 and 3 coupled (installed on row 3)	53.2
<i>Three on-off controls</i>	
7. Rows 1, 2 and 3 independent	65.3

Fonte: Li, Danny HW, et al. "An analysis of energy-efficient light fittings and lighting controls." *Applied Energy* 87.2 (2010): 558-567.

Daylight-linked systems: scelte progettuali

Calibrazione del sistema

La fase di calibrazione consiste nell'individuare, sulla base di misure in campo, i punti fondamentali necessari a settare l'algoritmo di controllo.



11° edizione

Energy Med

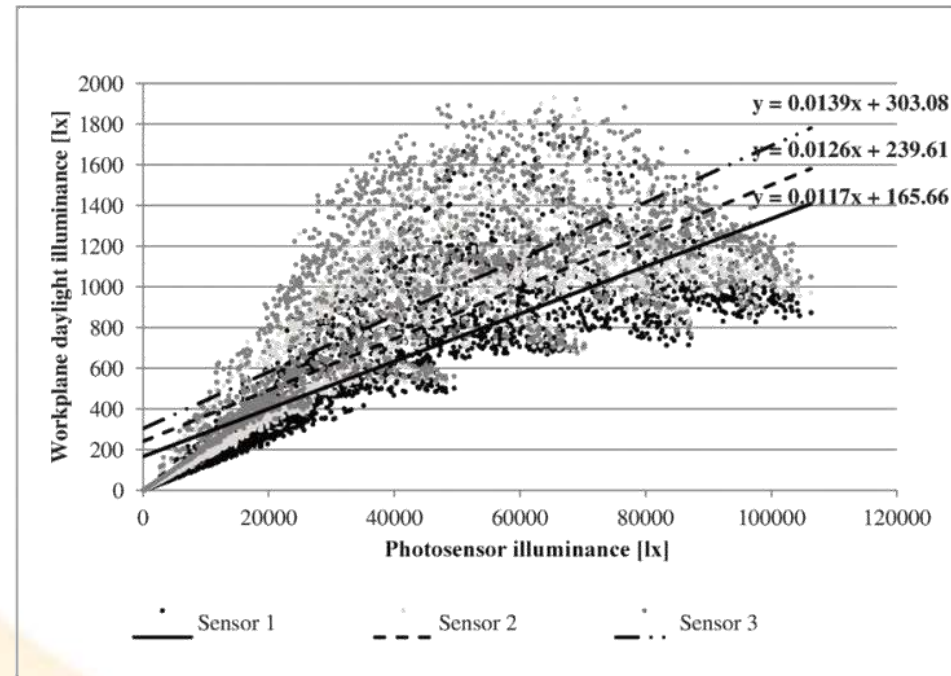


Daylight-linked systems: scelte progettuali

Calibrazione del sistema

La fase di calibrazione consiste nell'individuare, sulla base di misure in campo, i punti fondamentali necessari a settare l'algoritmo di controllo.

The correlation between photosensor illuminance [lx] and workplane daylight illuminance [lx]



Fonte: Bellia L, Fragliasso F, Pedace A. Evaluation of Daylight Availability for Energy Savings. Journal of Daylighting 2015; 2: 12-2.

In un ufficio del DII sono state effettuate misure di illuminamento da luce naturale considerando un intervallo di misura uguale ad un minuto.

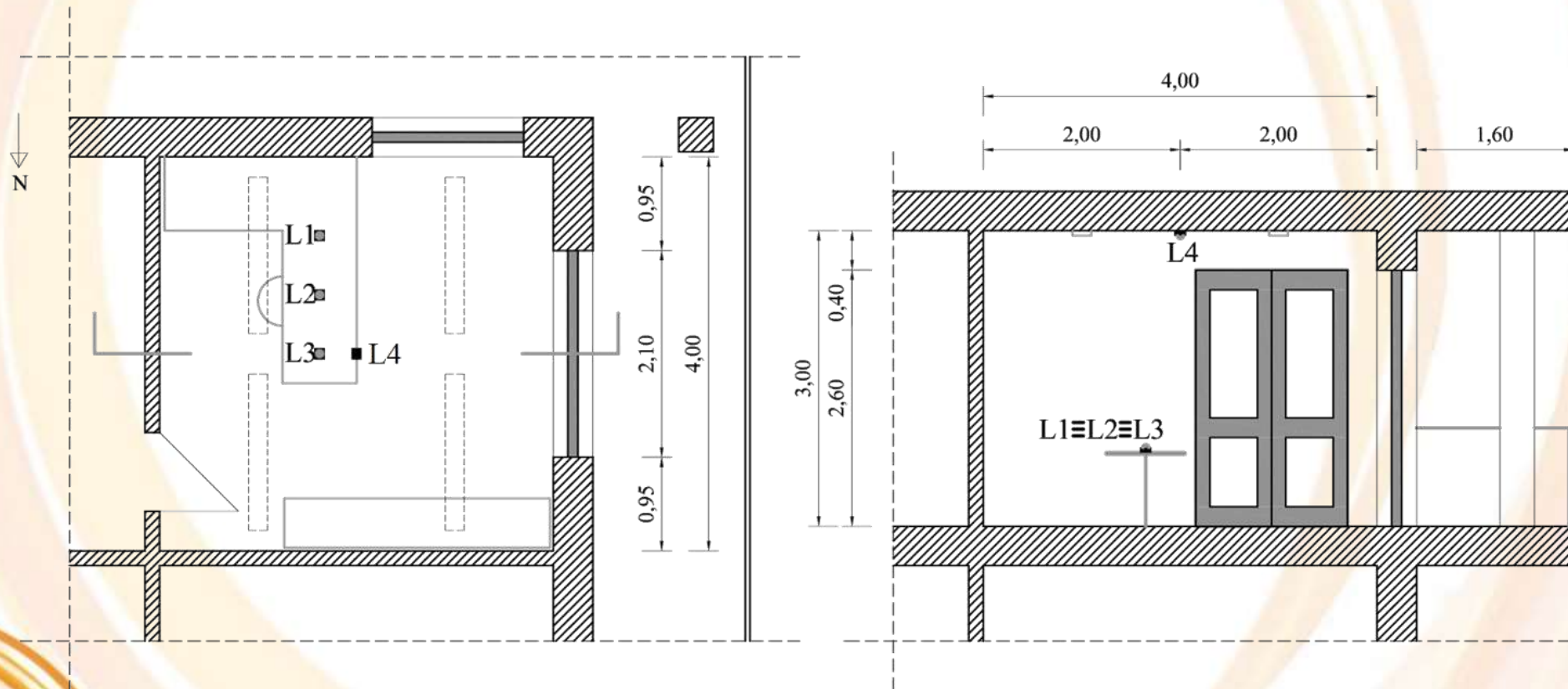


L'ufficio è utilizzato per ricevere gli studenti del corso di laurea in Architettura. La norma UNI EN 12464-1. Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in ambienti interni, 2011 definisce:

COMPITO VISIVO: “disegno tecnico” - $E_m = 750 \text{ lx}$ - **Uniformità** = 0.7

11° edizione

Posizione dei luxmetri

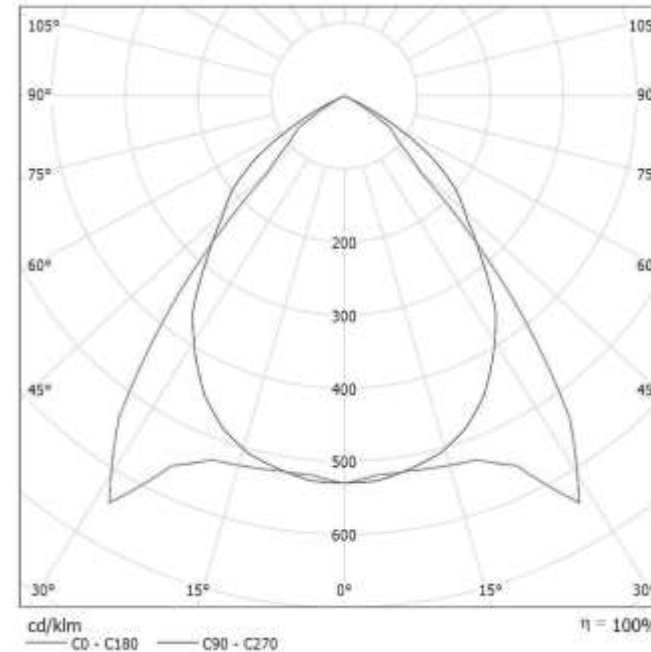
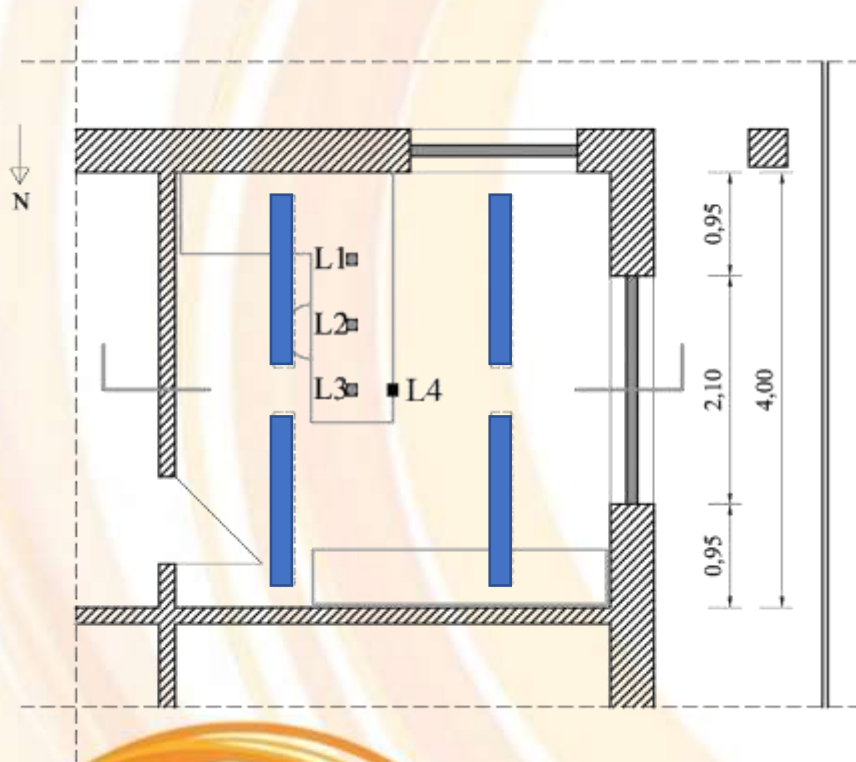


11° edizione

Energy Med



Ipotesi di impianto di illuminazione



**4 corpi illuminanti LED
disposti in 2 file**

Potenza totale installata= 98 W

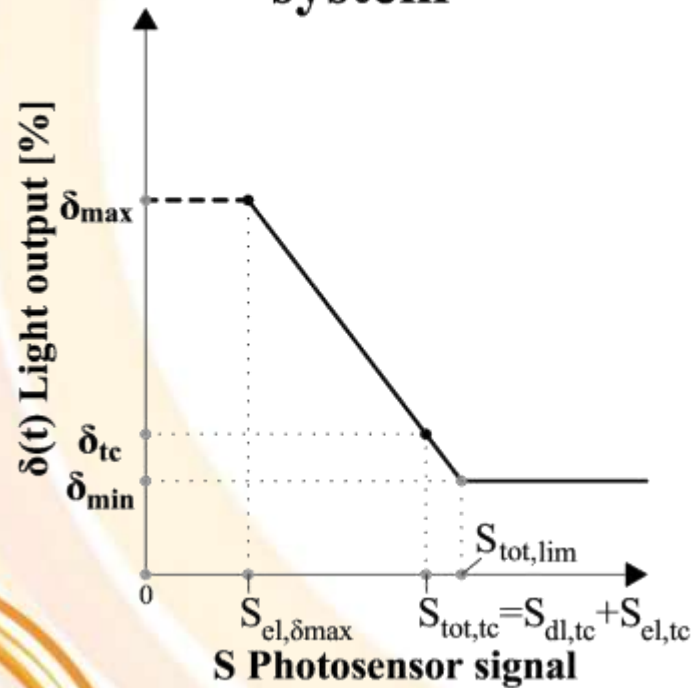
Fattore di manutenzione= 0.8

$E_{A,el} = 763 \text{ lx}$

Uniformità= 0.747

Ipotesi di impianto di illuminazione

Proportional dimming system



$E_{A,dl,tc}$	Circa 500 lx
$S_{dl,tc}$	Variabile
$S_{el,\delta_{\max}}$	222 lx
δ_{\max}	80%
δ_{\min}	20%
δ_{tc}	30%

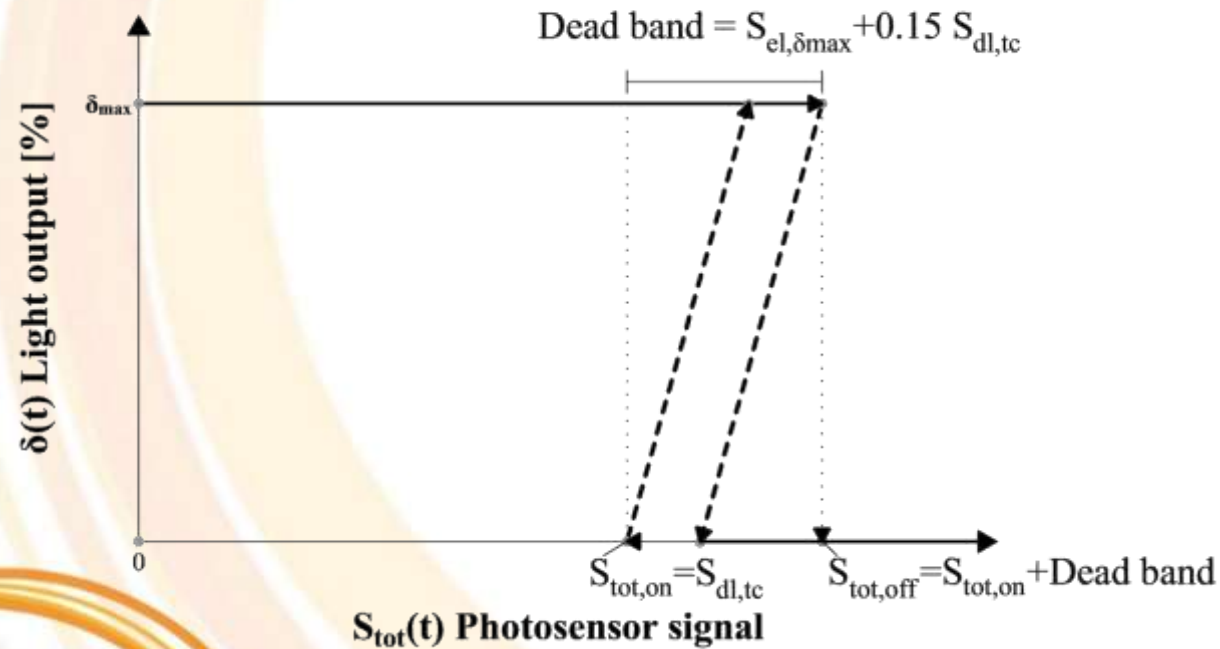
11° edizione

Energy Med



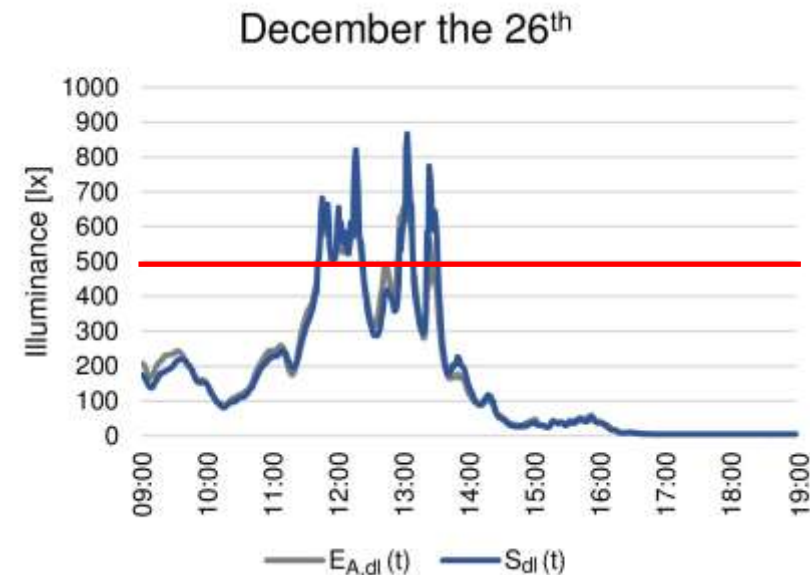
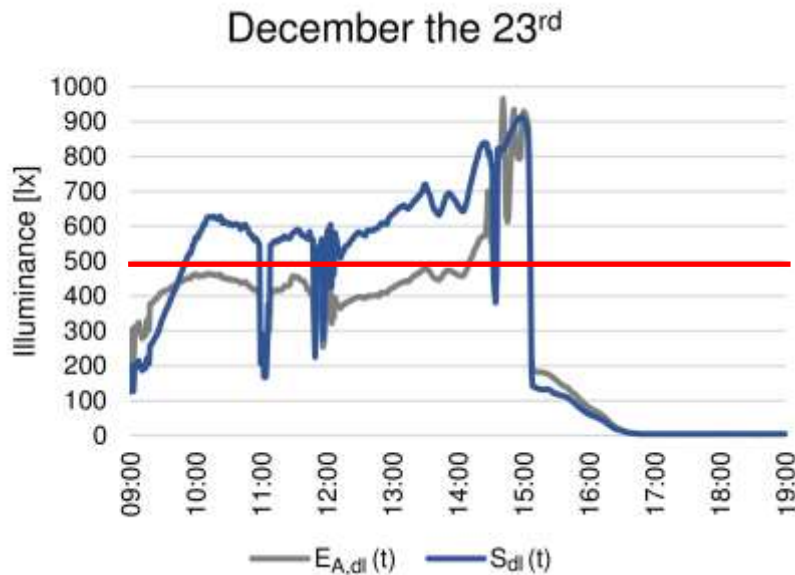
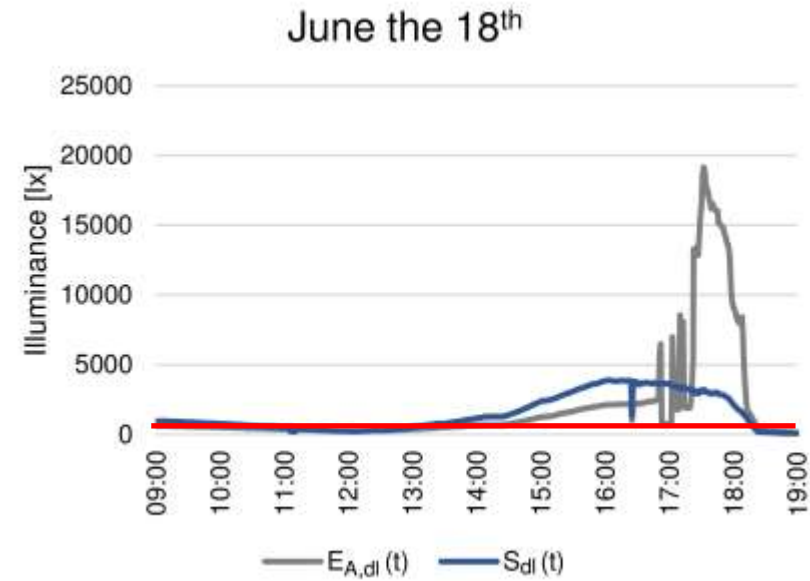
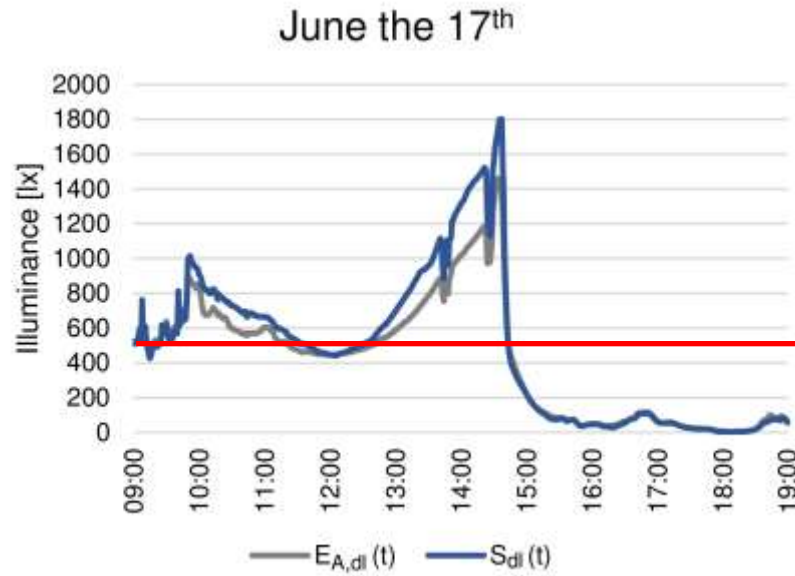
Ipotesi di impianto di illuminazione

Switching system

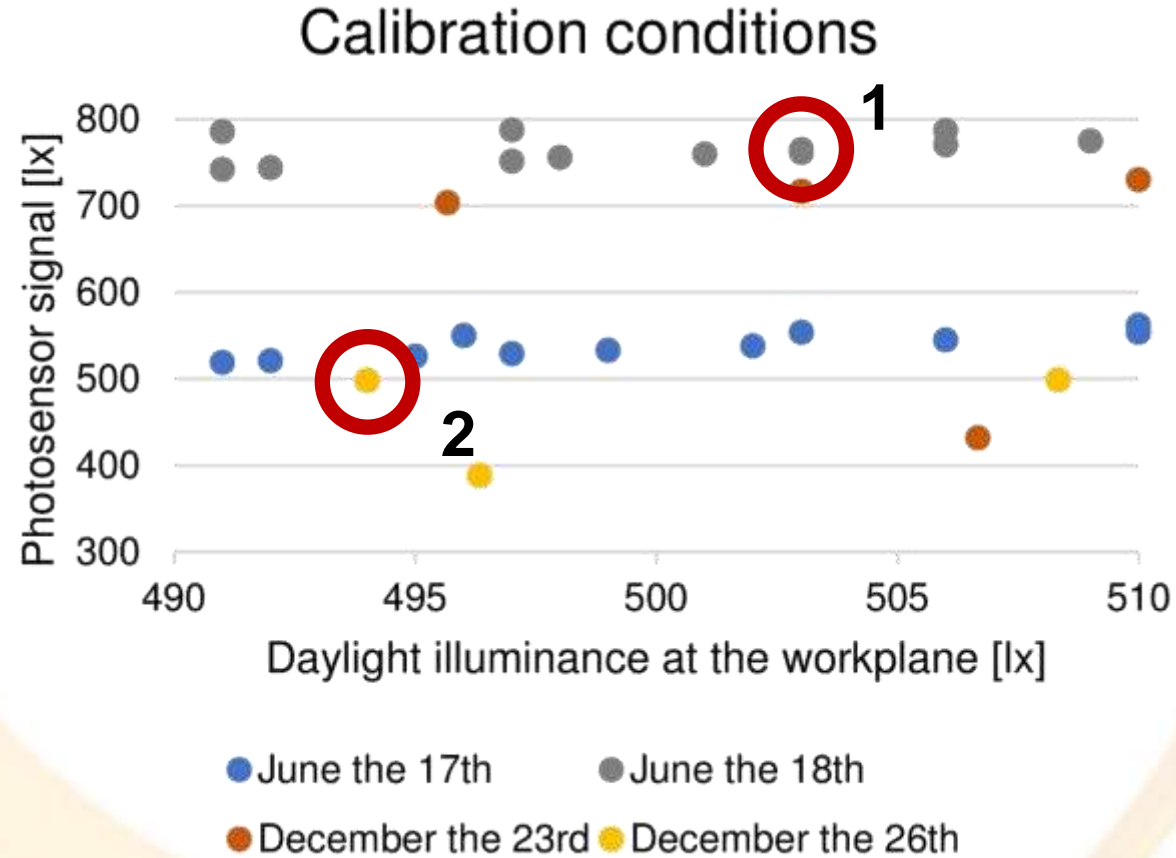


$E_{A,dl,tc}$	803 lx
$S_{dl,tc}$	1179
$S_{el,\delta_{max}}$	278 lx
δ_{max}	100%
Dead band	455 lx

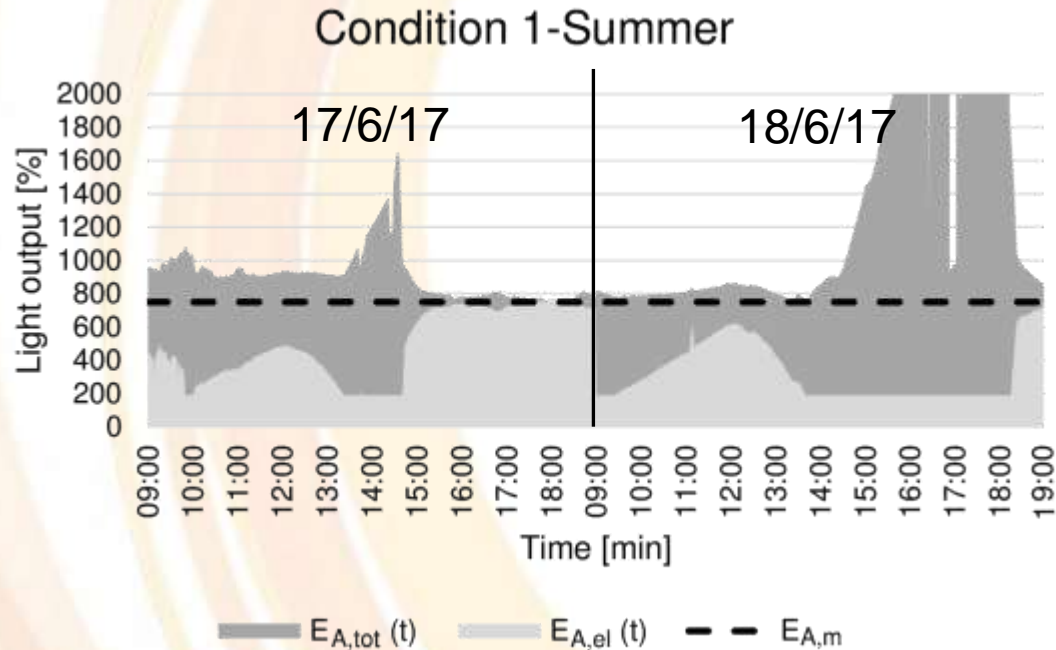
Effetto della fase di calibrazione – Orientamento ovest



Effetto della fase di calibrazione – Orientamento ovest

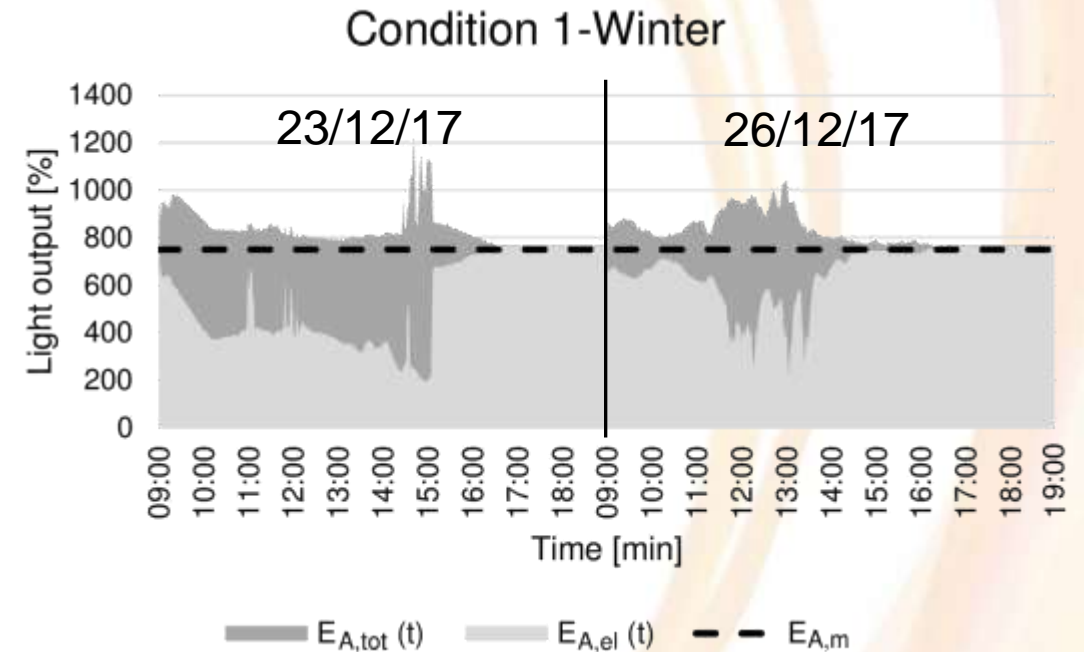


Effetto della fase di calibrazione – Orientamento ovest



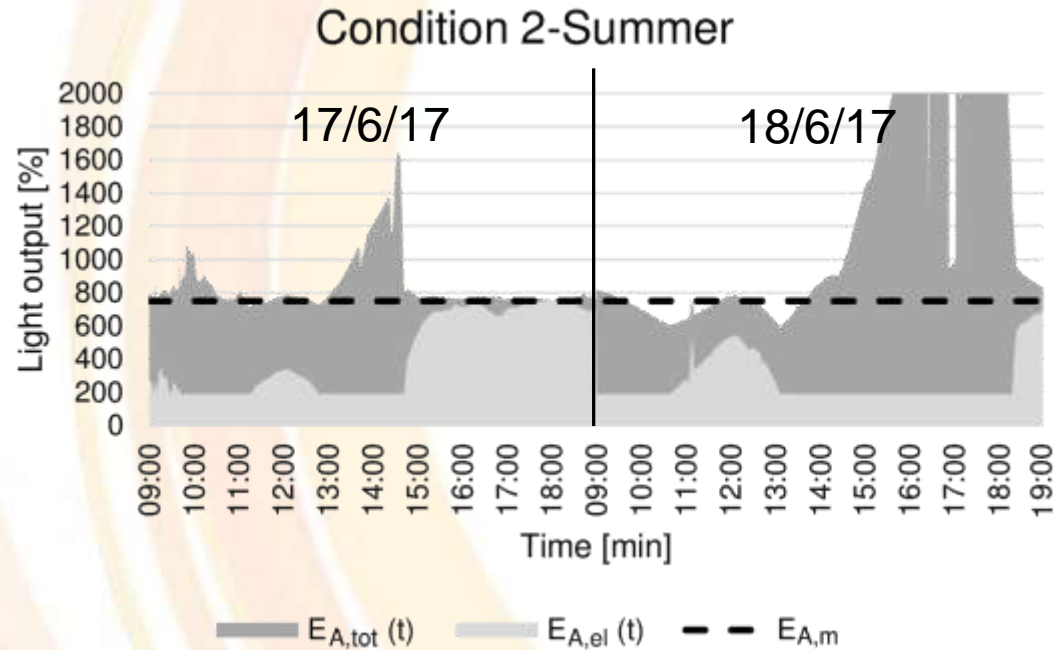
**Risparmio
energetico:
57%**

11[°]edizione

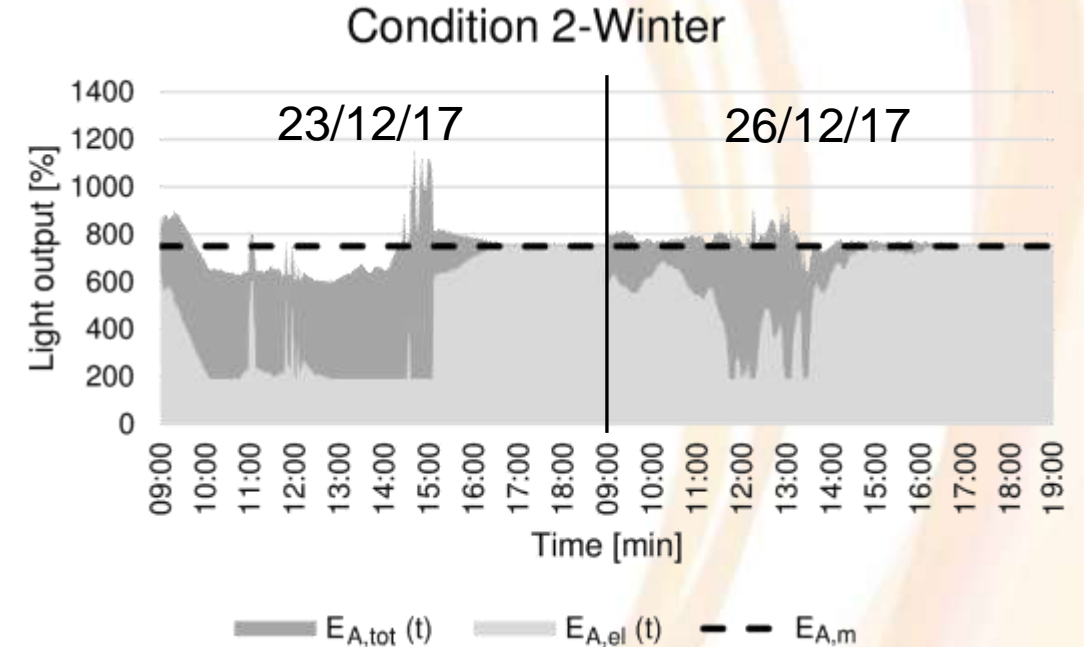


**Risparmio
energetico:
37%**

Effetto della fase di calibrazione – Orientamento ovest



**Risparmio
energetico:
64%**



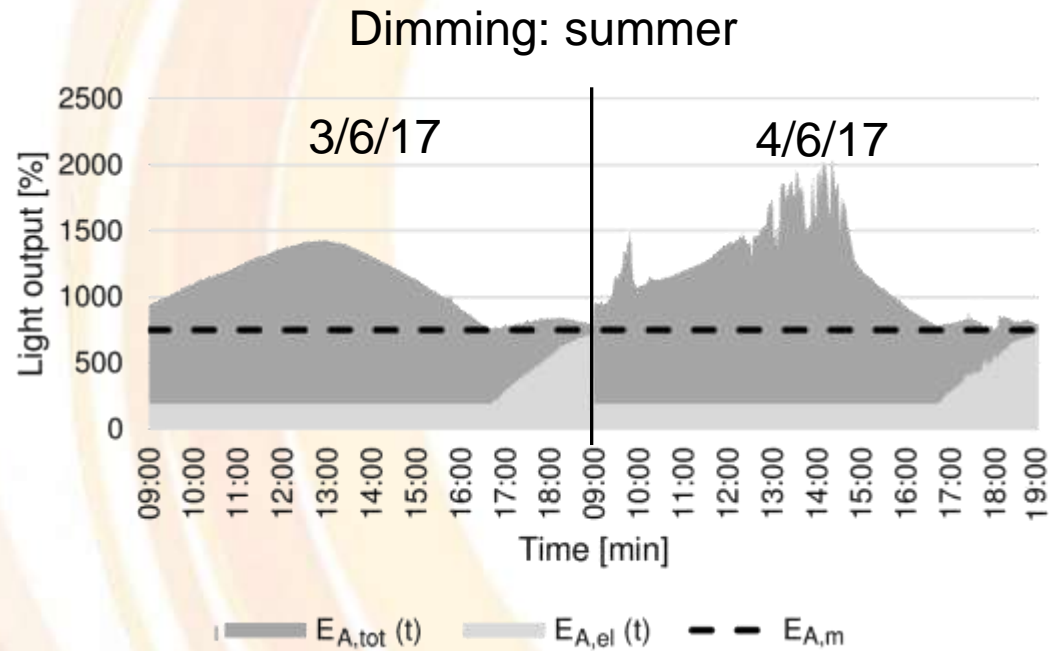
**Risparmio
energetico:
45%**

11° edizione

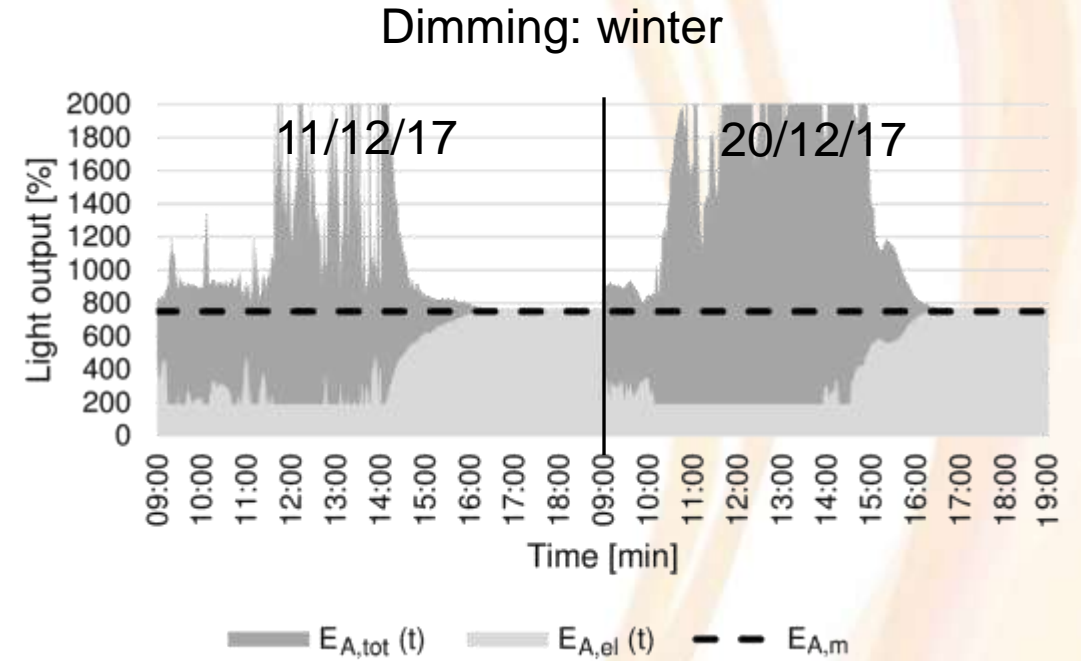
Energy Med



Effetto della scelta della strategia di controllo – Orientamento sud



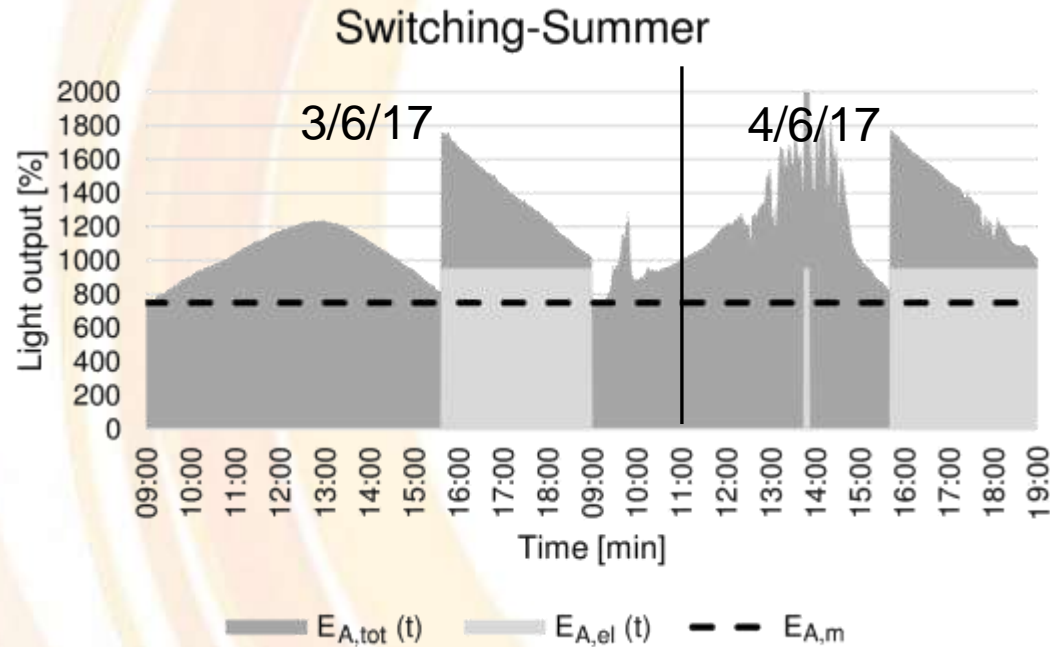
**Risparmio
energetico:
72%**



**Risparmio
energetico:
54%**

11[°] edizione

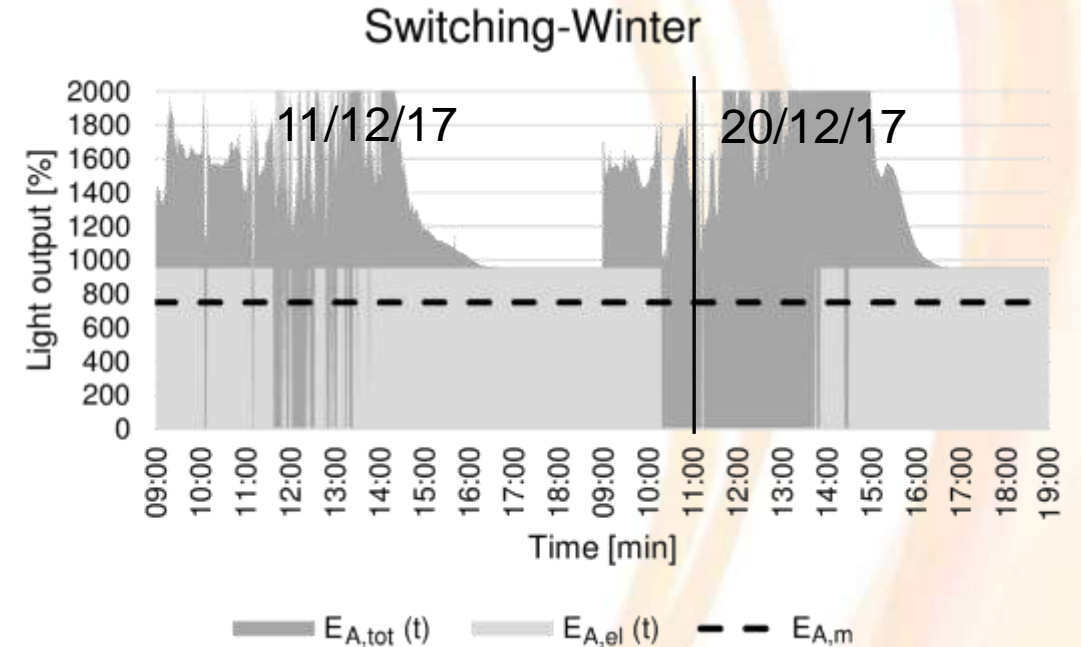
Effetto della scelta della strategia di controllo – Orientamento sud



**Risparmio
energetico:
66%**

11° edizione

Energy Med



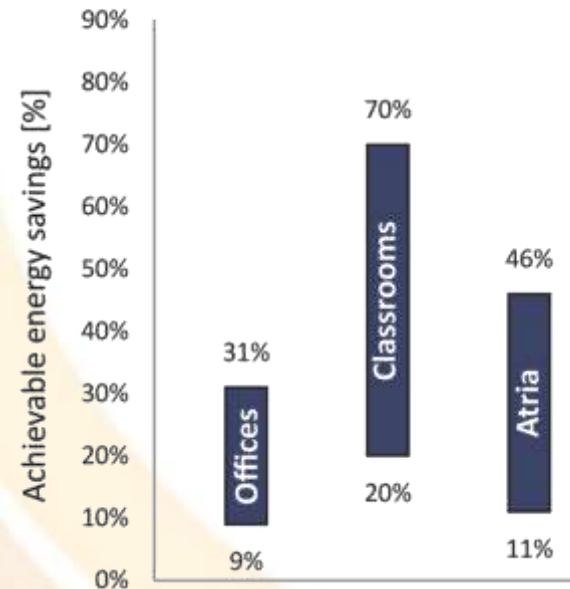
**Risparmio
energetico:
24%**



Daylight-linked systems: benefici

Solo una progettazione rigorosa consente di ottenere i benefici desiderati in termini sia di risparmio energetico che di soddisfazione dell'utente.

Energy savings achievable thanks to the use of daylight-linked controls

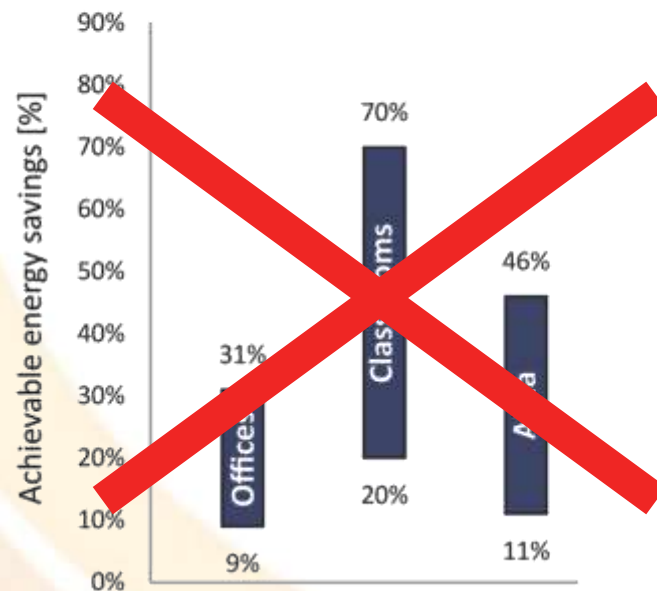


Fonte: Mohammed Asif ul Haq, Mohammed Yusri Hassan, Hayati Abdullah, Hasimah Abdul Rahman, Md Pauzi Abdullah, Faridah Hussin, Dalila Mat Said. A review on lighting control technologies in commercial buildings, their performance and affecting factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 33:268-279

Daylight-linked systems: potenziali svantaggi

Un utente insoddisfatto disabilita il controllo automatico ed i risparmi energetici attesi vengono persi. Un utente attento risparmia più energia di un sistema automatico progettato male.

Energy savings achievable thanks to the use of daylight-linked controls



Fonte: Mohammed Asif ul Haq, Mohammed Yusri Hassan, Hayati Abdullah, Hasimah Abdul Rahman, Md Pauzi Abdullah, Faridah Hussin, Dalila Mat Said. A review on lighting control technologies in commercial buildings, their performance and affecting factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 33:268-279

Grazie per l'attenzione

11° edizione
Energy Med

Francesca Fragliasso, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli
Studi di Napoli Federico II
e-mail: francesca.fragliasso@unina.it

