

A nighttime cityscape featuring a dense cluster of skyscrapers, including the Petronas Twin Towers and the CN Tower. The scene is overlaid with numerous vertical blue light trails that create a sense of digital connectivity and data flow.

KNX DALI

Guida alla progettazione di sistemi KNX DALI
Illuminazione smart per gli edifici

Seconda edizione

se.com/it

Life Is On

Schneider
Electric

Guida alla progettazione di sistemi KNX DALI

Illuminazione smart per gli edifici

A Il controllo dell'illuminazione	5
B Schneider Electric KNX/DALI Lighting Control System	65
C Appendice	123

A

B

C

Premessa

È passato solo un anno dalla pubblicazione della prima edizione di questa guida. Un tempo assolutamente breve quando si parla di tecnologie per gli edifici, un tempo tra l'altro anche complesso a causa di circostanze che nulla hanno a che vedere con questi argomenti, anche se hanno determinato alcuni interessanti fenomeni connessi con un cambiamento radicale della modalità con cui le persone fruiscono degli ambienti edilizi.

Gli edifici commerciali hanno sperimentato gli effetti dello smart-working, trovandosi sovente impreparati a gestire in modo "efficiente" la rimodulazione della presenza delle persone, mentre al contempo le abitazioni di molti si sono dovute trasformare in uffici tecnici, commerciali o amministrativi.

Anche in questa particolare circostanza, le tecnologie digitali hanno dimostrato tutte le loro potenzialità nel rendere possibili adattamenti, anche così repentini e sostanziali, dei servizi tecnologici come ad esempio l'illuminazione. In tutti i fabbricati dotati di sensori di presenza questo adattamento è stato immediato, spontaneo, efficace. In quelli ancora dotati di installazioni tradizionali, l'inefficienza intrinseca di cui sono caratterizzati è stata ulteriormente messa in evidenza rendendo necessari, ove possibili, interventi manuali.

Eppure, malgrado tutto, in questo anno ci sono state importanti evoluzioni, alcune delle tecnologie DALI2 prospettate nella prima edizione della guida hanno finalmente visto la luce, mentre altre, già disponibili, stanno diventando ormai di uso comune, e forse questa è la cosa più importante.

Questa evoluzione è testimoniata da una nuova generazione di componenti KNX/DALI, sempre più performanti e capaci di implementare le nuove funzionalità dello standard.

Pur essendo in consistente ritardo nell'applicazione della direttiva 2010/31/UE sull'efficienza energetica degli edifici, nel mese di giugno 2020 l'Italia ha recepito la successiva direttiva 2018/844/UE. Questo progetto sposta ulteriormente in avanti gli obiettivi di performance energetica degli edifici, ponendo ulteriore risalto agli aspetti connessi con il controllo e regolazione dei sistemi. Un requisito che necessita di un parametro misurabile, verificabile.

Lo Smart Readiness Indicator (SRI), introdotto dalla nuova direttiva, cercherà auspicabilmente di dare una risposta a questa esigenza.

Tutti questi elementi, insieme, ci indicano in modo sempre più esplicito che stiamo evolvendo verso un sistema che basa i suoi fondamenti sui "dati", su risultati numerici misurabili. Si sente oramai pressante la necessità che le installazioni impiantistiche producano un sempre maggior numero di informazioni, dati consuntivi, dati previsionali, risultati correlabili a cause specifiche. Sia in termini di quantità delle informazioni disponibili ma anche in termini di qualità, precisione ed accuratezza.

La prima edizione di questa guida ha trovato un interesse significativo tra gli operatori del settore. Oltre 5000 download a cui sono seguite numerose domande e richieste di chiarimenti o approfondimenti. Segno forse che i tempi sono finalmente maturi, chissà.

La sensazione, che si consolida di giorno in giorno, è che ormai non si torna più indietro, anzi...

Alberto Fabbro
Progettista, System Integrator e Tutor KNX



Sommario A

1. Introduzione	6
Standards normativi	8
Il progetto illuminotecnico	9
Performance energetica	10
Il contributo dei sistemi di controllo e regolazione	15
2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione	18
Valutazione delle prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione	19
Il parametro LENI	20
Il fattore di costo energetico (e_L)	21
Fattore relativo al controllo luminosità costante ($e_{L,C}$)	22
Fattore relativo al controllo di presenza ($e_{L,O}$)	25
Daylight Harvesting - Fattore relativo alla luce naturale ($e_{L,D}$)	28
Conclusioni	32
3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale	34
L'installazione digitale	35
Sistemi HBES e BACS	35
KNX - Lo standard mondiale per il controllo dell'edificio	36
Architettura delle reti KNX TP1-256	38
DALI - Digital Addressable Lighting Interface	41
Certificazione del prodotto DALI	43
Architetture DALI	43
Indirizzi DALI, Gruppi e Scene	46
Comandi DALI	47
Memoria interna al dispositivo DALI	48
Device Types	49
Application Extended Commands	50
DT1 - Self-Contained Emergency Lighting	51
DT19 - Lampade per sistemi di illuminazione di emergenza centralizzati	52
DT6 - LED	53
DT8 - Colour control	54
DT20 - Demand Response (Load shedding)	56
DT50 - Informazioni di prodotto estese	57
DT51 - Energy Reporting	58
DT52 - Diagnostics & Maintenance	59
La scelta dell'apparecchio illuminante DALI	60
Lighting Control Systems (LCS)	61
Sistemi di controllo KNX/DALI	61
Il Gateway KNX/DALI	62
Vantaggi dell'architettura KNX/DALI	63

1. Introduzione

A



Fig. 1.
L'evoluzione
della luce

L'illuminazione artificiale è forse stato il primo utilizzatore elettrico che abbiamo inserito all'interno degli edifici. Questo ha dato inizio ad un processo di elettrificazione dell'involucro edilizio che ha reso necessario in primo luogo un impianto che provvedesse alla distribuzione capillare dell'energia e ci consentisse di comandarlo (ad esempio con un interruttore) e in seguito infrastrutture di comunicazione per la gestione di segnali di varia natura ma altrettanto fondamentali per l'utilizzo dell'edificio ed il suo funzionamento: telefonia, citofonia, segnali TV, fino alla connessione ad Internet e così via.

Nel tempo gli edifici sono cambiati profondamente, tutto in qualche modo è diventato elettrico prima, elettronico poi, introducendo automatismi, funzionalità e comfort andando così a caratterizzare quello che oggi consideriamo tecnologicamente "normale dotazione impiantistica".

Nelle attuali installazioni elettriche tradizionali rimane però forse un solo elemento che nel tempo non ha cambiato la sua funzione: l'interruttore. Negli impianti tradizionali comandiamo gli apparecchi illuminanti nello stesso identico modo con cui Edison accese, nel 1880⁽¹⁾, la sua invenzione.

Anche l'illuminazione è cambiata e sta ulteriormente evolvendo. Da una parte le nuove sorgenti a LED stanno gradualmente ridisegnando il mondo dell'illuminazione artificiale in ogni sua componente, dall'altra l'evoluzione tecnologica digitale ci ha portato a disporre di soluzioni per il comando ed il controllo degli oggetti e degli utilizzatori basate su presupposti completamente diversi: algoritmi. Questi sono oggi deterministici (basati cioè su relazioni/regole note tra i fattori considerati) ma presto diventeranno non-deterministici (elaborati autonomamente da sistemi capaci di apprendere e adattarsi al contesto).

La soluzione tecnologica adottata per la comunicazione, da tempo ormai, non costituisce di per sé alcun valore aggiunto. Cablata piuttosto che wireless, basata su architetture cloud o gestita localmente, questi aspetti non forniscono al mercato alcun elemento significativo. Sono le funzionalità che questi sistemi riescono ad assicurare ad essere determinanti e questo è fortemente, se non esclusivamente, determinato da quelle supportate dagli apparecchi illuminanti di nuova generazione e dai dispositivi di controllo (es. sensori).

(1) L'invenzione della lampada ad incandescenza viene comunemente attribuita a Thomas Edison anche se in realtà già dal 1802 diversi ricercatori avevano già realizzato prototipi funzionanti (es. Lindsay, Geissler, Becquerel, Woodward e l'italiano Alessandro Cruto, per citarne alcuni). Ad Edison va forse attribuito il merito e la capacità di aver trasformato l'invenzione in un prodotto commercializzabile su larga scala.

1. Introduzione

Questo aspetto, nel settore della Building Automation, è fortemente percepito e radicato nel processo decisionale e nell'approccio progettuale che privilegia fattori quali:

- Interoperabilità funzionale tra apparecchi e soluzioni illuminotecniche di diversi produttori;
- Interoperabilità temporale, necessaria a garantire il valore degli investimenti;
- Integrazione, perché l'illuminazione, comunque la si veda, è solo una parte delle infrastrutture impiantistiche dell'edificio che deve poter essere controllata e governata da un livello superiore.

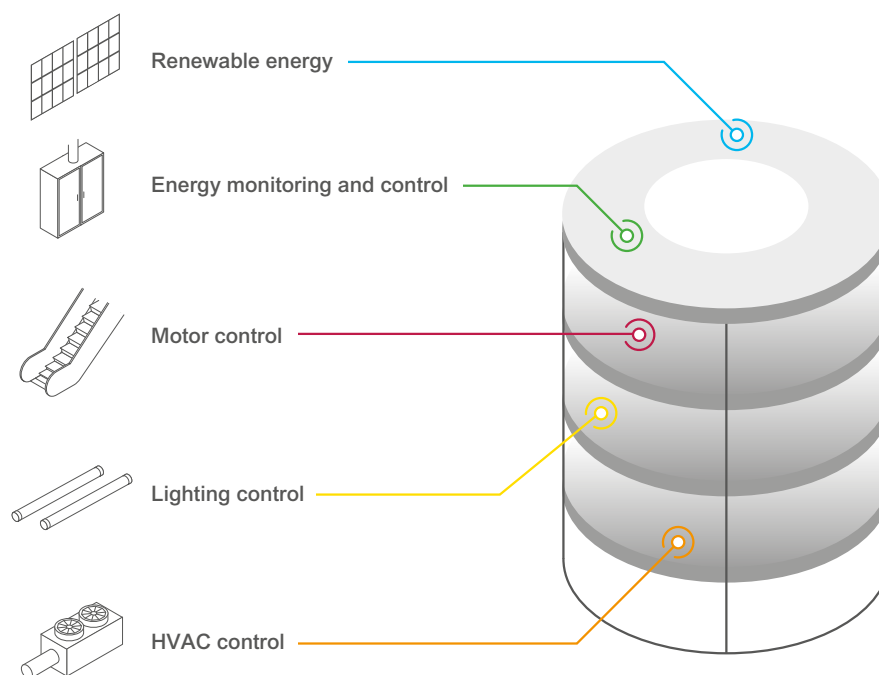


Fig. 2.
Soluzioni impiantistiche
per edifici smart

Un impianto di illuminazione è un ausilio alla visione ed in quanto tale deve innanzi tutto (per non dire solamente) operare correttamente da questo punto di vista.

Il settore delle infrastrutture impiantistiche dell'edificio, e quindi anche degli impianti di illuminazione, è per sua natura incapace di esprimere dinamiche "disruptive" a causa del consistente peso e complessità che deriva dall'intervenire su elementi complessi e costosi. Questo settore vive da molto tempo la sua graduale ma costante evoluzione al digitale, una trasformazione necessariamente lenta e ponderata, sostanzialmente immune da contaminazioni tecnologiche di breve periodo. Questa lenta evoluzione non deve però essere sottovalutata e, in particolare in questo periodo, sussistono elementi concordanti e coincidenti (es. direttive comunitarie, evoluzione tecnologica DALI2, ecc.) che attribuiscono a questo momento una significativa importanza che deve essere colta dal progettista.

Questa guida vorrebbe quindi anche contribuire ad un'ulteriore spinta verso un meritato "pensionamento" di questo dispositivo, l'interruttore, che dopo oltre un secolo di onorato servizio può contare finalmente su un consistente numero di successori moderni, affidabili, performanti, ma soprattutto tecnologicamente coerenti con il mondo in cui viviamo.

Standards normativi

In molti settori, ma in quello delle costruzioni in particolare, l'evoluzione tecnologica e la performance di materiali e dispositivi fa riferimento a standard normativi oltre che a prescrizioni legislative specifiche.

L'utilizzatore finale non è in grado di valutare autonomamente la performance di questi sistemi, la quale deve quindi essere garantita collettivamente da un sistema sociale, che porti i costruttori al rispetto di questi standard⁴⁵:

1. Un prodotto o dispositivo deve essere idoneo all'uso a cui è destinato e nel perseguire questo obiettivo deve al contempo garantire il rispetto di tutti gli altri standard applicabili, ad esempio garantire la sicurezza dell'utilizzatore.
2. È necessario garantire una sostanziale "intercambiabilità"⁴⁶ di tutti gli elementi che lo costituiscono, basata su aspetti costruttivi e dimensionali (es. la geometria di un portalampade) o di performance (es. reazione al fuoco, isolamento termico o acustico, ecc.).
3. Il risultato di una prestazione deve poter essere certificato, dimostrato ed essere verificabile, e questo è possibile solo nel momento in cui viene elaborato uno standard che indichi una modalità univoca di test.



Fig. 3.
Vantaggi di un
approccio standard

Questo approccio non è limitato al materiale da costruzione in genere, sia esso edile o impiantistico, ma si estende necessariamente allo sviluppo e fabbricazione di quei componenti e dispositivi il cui funzionamento è sempre meno dipendente dall'hardware che li costituisce ma piuttosto dal software con cui vengono equipaggiati. Anzi, se vogliamo, più si va verso una "dematerializzazione" del prodotto, tanto più diventano importanti standard che fissino e garantiscano all'utente usabilità, interoperabilità, durata e performance.

La standardizzazione rappresenta quindi una garanzia per tutti gli operatori del mercato. Per i progettisti che, utilizzando prodotti e soluzioni "conformi", sanno di poter raggiungere gli obiettivi del progetto, per gli installatori che troveranno nell'unificazione costruttiva la certezza del risultato dell'impianto, ma soprattutto per gli utenti finali, che vedranno garantito il loro investimento economico.

In questa guida si tratterà esclusivamente di tecnologie di automazione dell'edificio basate su standard normativi, quindi concepite in accordo con le prescrizioni normative del settore delle costruzioni, da ogni punto di vista:

- Affidabilità
- Sicurezza
- Interoperabilità
- Durata
- Performance energetica
- Sostenibilità ecologica ed ambientale

(45) Gli standard nascono inoltre per agevolare il libero scambio di merci e prodotti, assicurando unificazioni dimensionali o funzionali comuni, allargando il mercato di riferimento di un prodotto.

(46) Nel settore delle tecnologie Bus per il controllo dell'edificio al posto del termine "intercambiabilità" si usa "interoperabilità" in quanto non sono gli aspetti costruttivi e dimensionali a contare quanto piuttosto le funzionalità e la capacità di comunicare ed integrarsi con altri dispositivi.

1. Introduzione

 **Norma UNI EN 12464-1**
Illuminazione dei Luoghi di Lavoro

La Norma UNI EN 12464-1 sostituisce la precedente UNI 10380 avente come tema i requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni. In tale norma vengono analizzati i compiti visivi abituali, evidenziando le esigenze di comfort visivo e dando indicazioni sui livelli di illuminamento, uniformità e grado massimo di abbagliamento necessari alle diverse prestazioni visive, incluse quelle che comportano l'utilizzo di videoterminali.

 **Norma EN 17037:2018**
Daylight in buildings

Questo documento specifica gli elementi per ottenere, attraverso la luce naturale, un adeguato illuminamento all'interno degli ambienti e su come limitare l'abbagliamento. Vengono definiti i parametri utilizzati per la valutazione delle condizioni di luce diurna e fornisce principi di calcolo e verifica, che consentono di affrontare il problema della variabilità della luce del giorno nel corso dei giorni e dell'anno. Il presente documento trova applicazione in tutte le installazioni che possono essere regolarmente occupati dalle persone per periodi prolungati; sono esclusi gli ambiti nei quali l'illuminazione diurna è contraria ai cicli naturali e al ruolo dell'attuale lavoro svolto. Le specifiche dei requisiti di illuminazione per le persone nei luoghi di lavoro al chiuso, inclusi gli obblighi visivi, sono riportate nella norma EN 12464-1 e non fanno parte di questo documento.

Il progetto illuminotecnico

La progettazione di impianti di illuminazione persegue come obiettivo principale la scelta ed il dimensionamento delle sorgenti luminose al fine di ottenere un "ambiente" luminoso capace di assicurare un adeguato livello di comfort visivo. In passato questo obiettivo si correlava quasi esclusivamente ad aspetti quantitativi della luce, o livelli di illuminamento. Oggi sappiamo che la luce interagisce con l'apparato visivo umano in termini molto più articolati, comprendenti fattori come:

- la limitazione dell'abbagliamento
- l'uniformità
- la direzionalità della luce
- il modellato
- il colore della luce
- la resa cromatica

Questi aspetti sono entrati a far parte dei requisiti illuminotecnici già dalla prima versione della Norma EN 12464-1, relativa all'illuminazione dei posti di lavoro all'interno degli edifici ma utilizzata ormai come criterio generale per la progettazione di impianti di illuminazione in interni⁴⁷.

L'attuale edizione della norma contempla inoltre un ulteriore ed altrettanto importante aspetto: la variabilità della luce (sia in termini di intensità ma anche di colore). La variazione della luce, quindi la possibilità di modificarla, adattarla, diventa requisito fondamentale ed imprescindibile della progettazione illuminotecnica.

Recenti ricerche scientifiche hanno poi confermato esserci una correlazione diretta tra la luce ed alcuni nostri apparati fisiologici a cui compete la regolazione ormonale che sovrintende ai cicli di veglia e sonno, a loro volta fattori molto importanti nella determinazione del benessere della persona. Questi elementi rientrano nella definizione di "aspetti non correlati alla visione" della luce, anch'essi gradualmente recepiti all'interno degli standard normativi⁴⁸.

Ne emerge l'ulteriore necessità di gestire la variazione della luce artificiale durante l'arco della giornata secondo fattori completamente diversi rispetto a quelli correlati con il comfort visivo. Sempre più servono impianti di illuminazione capaci di restituire, per quanto possibile, una condizione di luce coerente con le caratteristiche della luce solare, in termini di intensità, di contenuto spettrale, ma soprattutto di variazione ed evoluzione. Oppure, se vogliamo, capaci di mitigare il disordine fisiologico prodotto da sistemi di illuminazione artificiale che, mantenendo costanti questi fattori, vanno ad alterare il nostro orologio biologico. Questo aspetto ci porta necessariamente ad occuparci anche della stessa luce naturale che, in ogni edificio occupato da persone, deve necessariamente essere presente e disponibile. Anche questa componente non può più essere valutata solo in termini quantitativi (rapporto aero/illuminante con la superficie di un ambiente) ma deve essere valutata in termini illuminotecnici, considerando gli stessi aspetti sopra richiamati.

La recente Norma EN 17037:2018 – Daylight in buildings – introduce indicazioni per il corretto dimensionamento e posizionamento delle aperture in modo da assicurare:

- un adeguato livello di illuminamento naturale
- una sufficiente esposizione alla luce diretta del sole
- elementi per la limitazione dell'abbagliamento
- fattori che determinano la visione dell'ambiente esterno in termini di porzioni di cielo, paesaggio e terreno.

Anche in questo caso, oltre ad una migliore progettazione edile delle aperture, si rendono necessari sistemi di regolazione per elementi schermanti, da semplici tapparelle/veneziane a sistemi oscuranti più sofisticati, capaci di operare automaticamente in funzione della posizione del sole.

Il controllo e la regolazione degli impianti di illuminazione è quindi diventato elemento fondamentale della progettazione illuminotecnica, una componente sempre presente, capace di implementare regolazioni e variazioni determinate da diversi algoritmi di controllo, per assicurare il corretto comfort visivo nelle diverse condizioni di uso di un ambiente, per assicurare una corretta integrazione tra luce naturale ed artificiale o per garantire un'adeguata esposizione a specifiche componenti spettrali tipiche della luce solare o ancora, e non ultimo, per assicurare un adeguato livello di efficienza energetica.

(47) Questa norma si completa con la EN 12464-2, applicabile per le attività lavorative all'esterno.

(48) CEN/TR 16791:2017 - Quantifying irradiance for eye-mediated non-image-forming effects of light in humans – In Germania è in vigore dal 2013 lo standard DIN SPEC 67600 – Biologically effective illumination. Design guidelines.

1. Introduzione

A

Performance energetica

Introduzione

Con il decreto legislativo n. 48 del 10 giugno 2020 l'Italia recepisce la direttiva 2018/844/UE sulla prestazione energetica degli edifici (direttiva EPBD) e, nei giorni successivi, la direttiva 2018/2002/UE relativa all'efficienza energetica.

Entrambe vanno a modificare ed aggiornare le versioni precedenti, rispettivamente del 2010 e 2012, con alcune significative variazioni, sia in termini di obiettivi:

- ridurre le emissioni di gas serra, riconducibili al consumo energetico degli edifici, di almeno il 40% entro il 2030
- favorire lo sviluppo di un sistema energetico sostenibile, competitivo, sicuro e decarbonizzato entro il 2050.

e sia per quanto attiene alle procedure e strumenti operativi.

In particolare, queste direttive introducono gradualmente l'obbligo di intervenire sugli edifici esistenti che, come vedremo, rappresentano l'ostacolo maggiore al raggiungimento degli obiettivi generali.

Questo aspetto si può facilmente rilevare osservando i dati relativi agli Attestati di Prestazione Energetica (APE) emessi in Italia nel periodo 2016-2019 e depositati presso l'ENEA⁽⁴⁹⁾.

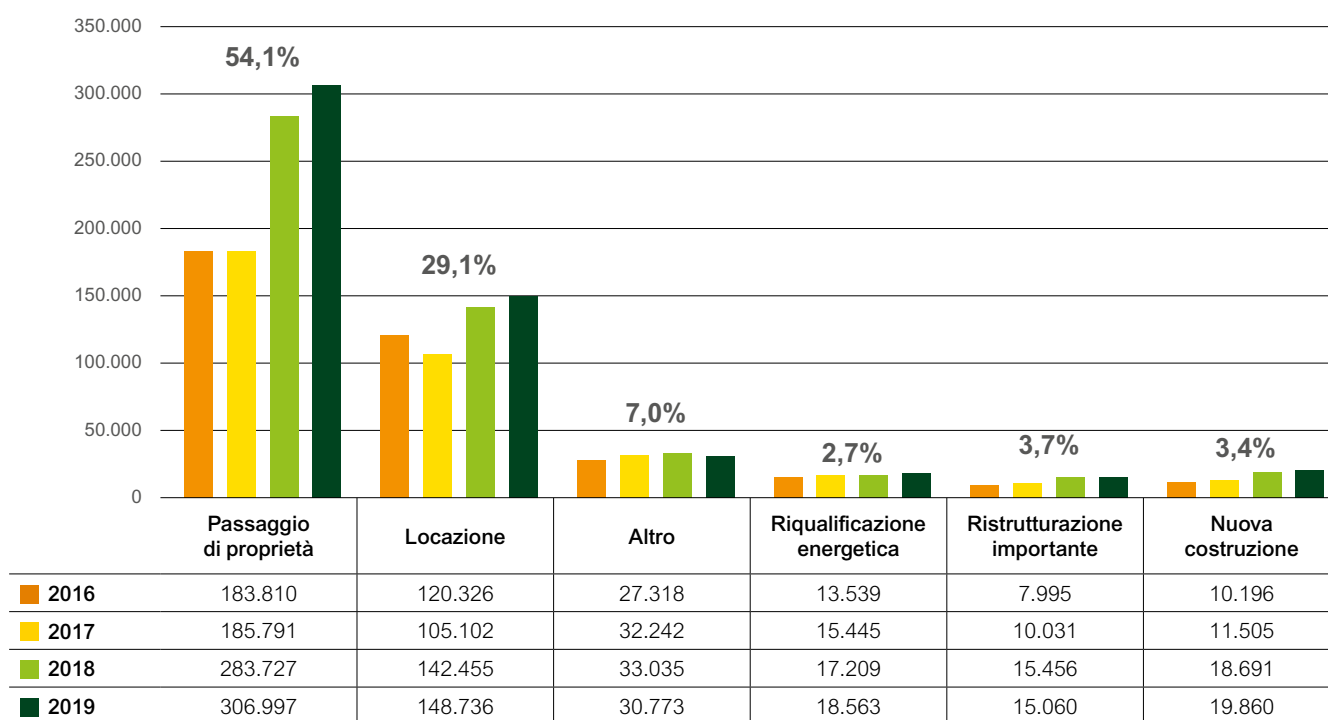


Fig. 4. Distribuzione degli APE secondo la motivazione nel periodo 2016-2019 *

(49) Dati rilevati dal Rapporto Annuale sulla Certificazione Energetica degli Edifici 2020 ENEA – Settembre 2020.

1. Introduzione

Su un totale di circa 4,5 milioni di APE emessi nel quadriennio considerato,

- l'83,2% sono stati rilasciati in relazione ad un passaggio di proprietà o in caso di locazioni.
- solo il 6,4% riguarda interventi di riqualificazione energetica o ristrutturazione importante.
- le nuove costruzioni rappresentano il 3,4%.

Se poi si va a verificare la performance energetica (classe energetica) dichiarata, il quadro diventa ulteriormente esplicito.

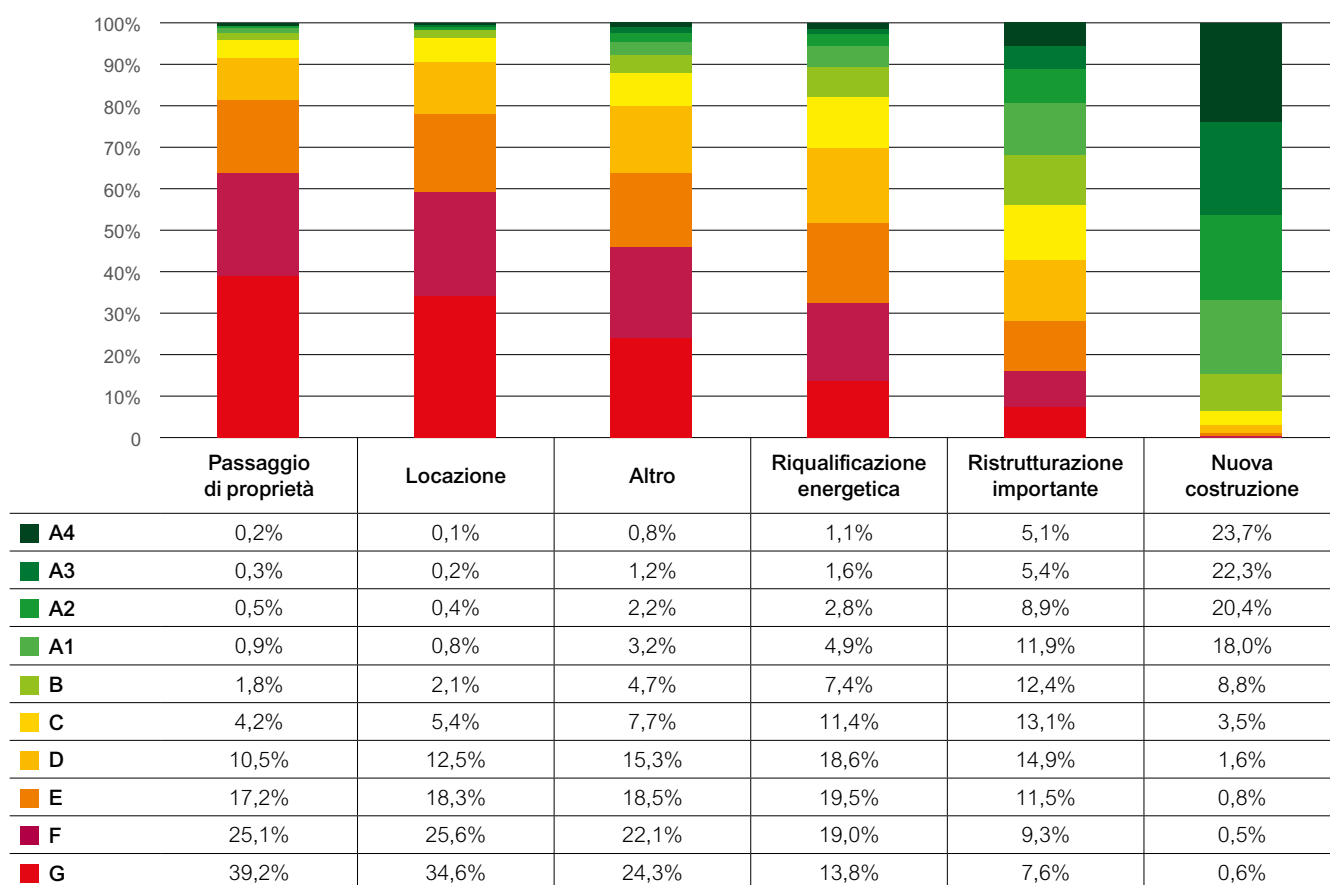


Fig. 5. Distribuzione degli APE per la classe energetica e la motivazione *

Solo una minima parte degli interventi di riqualificazione energetica o ristrutturazione importante raggiunge performance significative (Classi A1, A2, A3 e A4).

Ci si potrebbe poi domandare in cosa consistono quegli interventi di riqualificazione energetica che hanno determinato come risultato la Classe G (13,8%).

* Elaborazioni ENEA su dati da SIAPE e da Regioni

A Il controllo dell'illuminazione

1. Introduzione

66

Al fine di ottimizzare l'uso dell'energia negli edifici, per gli edifici a uso non residenziale è reso obbligatorio un livello minimo di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS), corrispondente alla Classe B della Norma UNI EN 15232

*Decreto Interministeriale 26/06/2015
Allegato 1 – Art. 3.2*

A

In Italia l'adozione di sistemi di controllo e regolazione automatica degli impianti di illuminazione (in ambito non residenziale), al fine di conseguire livelli di efficienza energetica conformi alle normative comunitarie è sostanzialmente obbligatorio già dal 2015.

È certamente un significativo passo in avanti ma dobbiamo considerare che la percentuale di nuovi edifici o di ristrutturazioni è comunque una quota esigua rispetto al parco immobiliare esistente, realizzato in genere senza alcun criterio di efficienza energetica, almeno relativamente all'illuminazione.

Come si vedrà nel seguito di questa guida, alcune performance energetiche sono conseguibili anche controllando gli apparecchi illuminanti in modalità On/Off ma la migliore performance si raggiunge solo potendo regolare il flusso in funzione dell'effettivo bisogno, rendendo quindi necessaria l'installazione di apparecchi dimmerabili praticamente in qualsiasi contesto applicativo. È cioè necessario iniziare a concepire la possibilità di regolare il flusso luminoso non solo più in termini illuminotecnici ma anche per esigenze diverse.

Va inoltre considerato che controlli automatici per l'efficienza energetica che intervengono con uno spegnimento delle lampade introducono frequentemente una limitazione al comfort visivo percepita e lamentata dal personale che opera nell'ambiente, inoltre, è la stessa norma EN 12464-1 che prescrive la possibilità di "regolare" l'intensità dell'illuminazione artificiale da parte degli operatori in modo da poterla adattare alle esigenze contingenti.

La prescrizione legislativa di cui al Decreto 26/06/2015 trae origine dall'adozione della precedente direttiva europea in materia di performance energetica degli edifici (Direttiva 2010/31/UE – Energy Performance of Buildings), e si basa sulle norme tecniche emanate dal CEN (Comitato Europeo di Normalizzazione) che ne danno attuazione.



Fig. 6.
Esempio di illuminazione
in un capannone

1. Introduzione

Il fondamentale contributo dei sistemi di controllo e regolazione, non solo nel settore dell'illuminazione, è noto da molto tempo anche se è sempre stato relativamente problematico calcolare e verificarne l'efficacia.

In particolare, non sussiste una correlazione diretta tra l'adozione di tecnologie di controllo ed efficienza energetica, perché questa dipende da come queste tecnologie sono state configurate, da quali algoritmi operano il controllo.

Cioè il digitale non significa necessariamente risparmio energetico, tecnologia digitale significa in realtà un possibile o potenziale risparmio. Risultato che si concretizza nel momento in cui vengono implementate modalità di regolazione e controllo efficaci e, soprattutto, viene attuata in modo sistematico un'attività di monitoraggio e verifica dei risultati.

Quindi l'adozione di soluzioni installative digitali costituisce di per sé una predisposizione ("readiness" in lingua inglese) fondamentale e necessaria per il conseguimento della performance energetica. Senza il digitale questi risultati non sono raggiungibili.

Lo Smart Readiness Indicator o SRI, introdotto dalla direttiva 2018/844/EU, viene definito come la capacità di un edificio e dei suoi sistemi tecnologici, di rilevare, interpretare, comunicare e rispondere attivamente, in modo efficiente, alle diverse modificazioni dovute al funzionamento delle sue infrastrutture, dell'ambiente esterno, delle reti energetiche a cui è connesso e delle esigenze degli occupanti.



L'obiettivo è quello di misurare la prontezza di adattamento nei confronti di tre aspetti principali:

- adattamento in risposta alle esigenze dell'utente;
- adattamento orientato al mantenimento di un funzionamento energeticamente efficiente e facilmente manutenibile;
- adattamento alle condizioni operative delle reti a cui l'edificio è connesso.

È un concetto sostanzialmente astratto di cui non è semplice delinearne i confini. Si parla di sensoristica, di reti di comunicazione, di logiche di controllo a diversi livelli, di integrazione ed interoperabilità, di governo e supervisione, di produzione ed analisi di dati funzionali, ecc.

Questo insieme disomogeneo di fattori vengono valutati in quanto capaci di concorrere collaborativamente alla performance complessiva dell'edificio, intesa soprattutto come capacità di adattamento dell'efficienza.

Qualsiasi sistema di controllo e regolazione è in grado di fornire una performance in determinate condizioni assunte in fase di progettazione o di messa in servizio. Queste condizioni iniziali sono in realtà effimere, l'edificio cambia, invecchia, si modificano le condizioni di utilizzo così come variano le condizioni dell'ambiente esterno e delle reti energetiche connesse. Serve quindi capire quanto l'edificio sia in grado di adattarsi, perseguendo una performance ottimale.

Le infrastrutture tecnologiche coinvolte nel processo di determinazione del SRI sono raggruppate in nove "domini", comprendenti:

- Riscaldamento
- Raffrescamento
- Acqua calda sanitaria
- Ventilazione controllata
- Illuminazione
- Elementi dinamici dell'involucro (es. sistemi oscuranti)
- Elettricità
- Ricarica di veicoli elettrici
- Monitoraggio e controllo



1. Introduzione

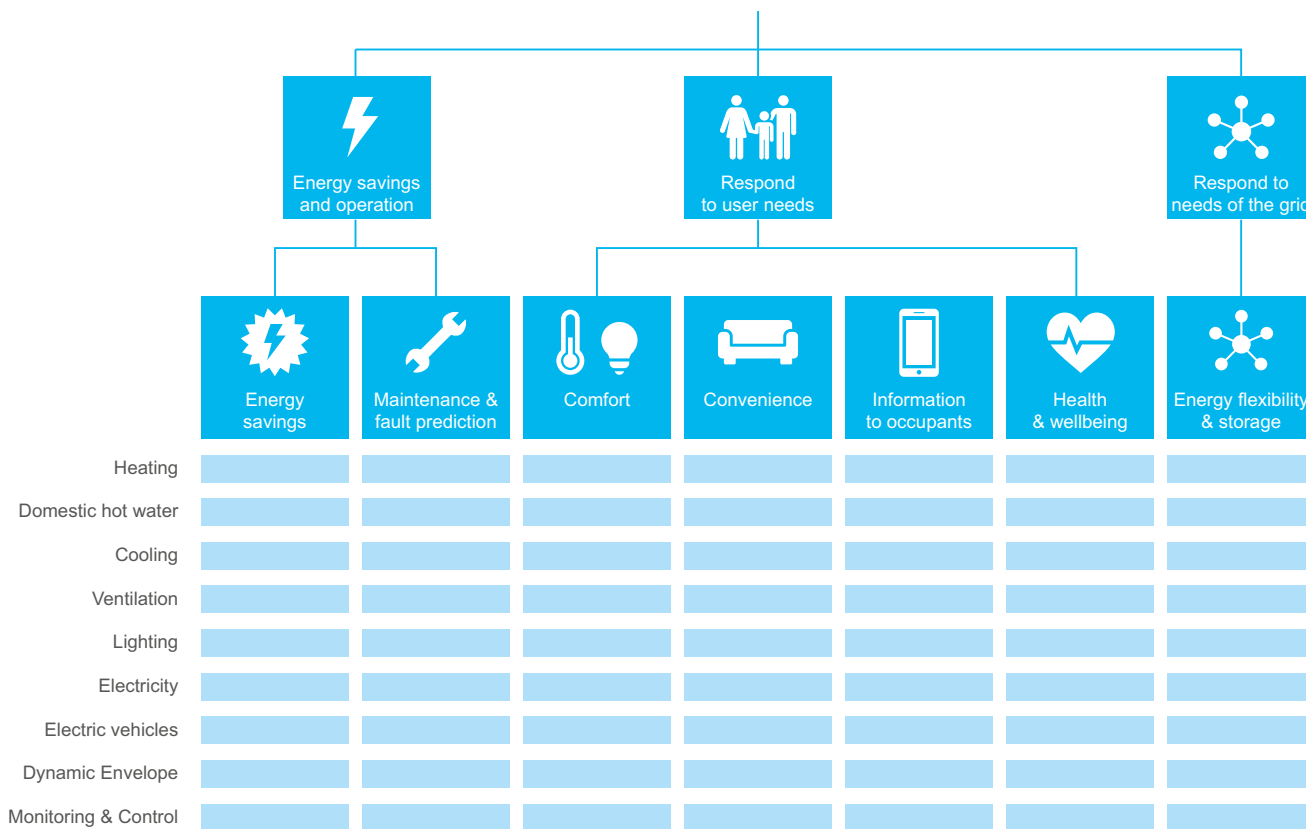
A

Ciascun dominio ha a sua volta un diverso "impatto" su almeno sette aspetti del fabbricato:

- Risparmio energetico
- Manutenzione e gestione predittiva di guasti ed anomalie
- Comfort
- Convenienza
- Salute e benessere delle persone
- Informazioni agli occupanti
- Configurazione flessibile della rete, compreso l'accumulo di energia.



One single score classifies the building's smart readiness



La procedura per la determinazione del SRI è in buona parte ancora in fase di definizione ma, per gli aspetti di efficienza energetica delle installazioni impiantistiche, sarà comunque basata sulle norme tecniche già pubblicate in ambito europeo⁽⁵⁰⁾.

(50) La definizione del SRI ed il relativo materiale informativo è disponibile sul sito <https://smartreadinessindicator.eu/>

1. Introduzione

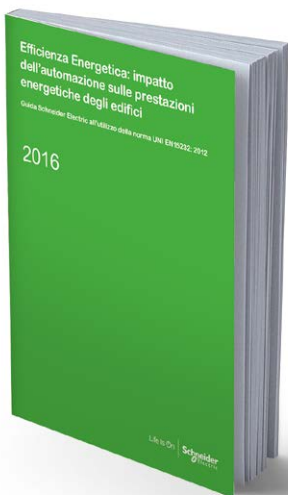


Fig. 7. Guida Schneider Electric sulla Norma EN 15232

Il contributo dei sistemi di controllo e regolazione

La Norma EN 15232-1⁵¹ - *“Prestazione energetica degli edifici. Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici”*, introduce un criterio per “stimare” il contributo, in termini di efficienza energetica, da attribuire al sistema che provvede al controllo di un determinato carico energetico. Ci si riferisce in particolare a tutte le infrastrutture impiantistiche che provvedono al:

- Riscaldamento
- Produzione di acqua calda sanitaria
- Condizionamento
- Ventilazione
- Illuminazione

cioè ai servizi generali presenti all'interno di tutti gli edifici, responsabili di circa il 40% del fabbisogno di energia primaria nell'Unione Europea⁵².

Come si vedrà più nel dettaglio, relativamente agli impianti di illuminazione, i sistemi di controllo, se correttamente progettati e configurati, consentono una riduzione sostanziale dei consumi energetici ed hanno quindi un peso altrettanto significativo rispetto a tutte quelle misure destinate a migliorare l'efficienza energetica di un utilizzatore. In Italia questo aspetto è stato recepito nella regolamentazione sulla classificazione energetica degli edifici solo negli ultimi anni mentre a livello europeo è sempre stato parte integrante della valutazione energetica di un fabbricato.

La prima edizione dello Standard EN 15232 risale al 2007, sostituita nel 2012 dalla seconda edizione, fino alla versione attuale, la terza, pubblicata a maggio del 2017⁵³.

Lo standard EN 15232 introduce alcune definizioni significative:

BAC: (Building Automation and Control), automazione e controllo dell'edificio. Rientra in questa definizione l'insieme dei prodotti, sistemi, servizi, attività di monitoraggio ed ottimizzazione destinato a conseguire un livello di efficienza energetica dell'edificio.

BACS: (Building Automation and Control System), Sistema, comprendente le voci sopra elencate, progettato, costruito e gestito, per il miglioramento dell'efficienza energetica di un edificio.

TBM: (Technical Building Management), insieme dei processi e dei servizi destinati alla gestione del funzionamento, manutenzione e controllo degli impianti tecnici per la verifica della loro efficienza anche attraverso relazioni tra le diverse tecnologie.

BACS Efficiency Class: Classe di efficienza di un sistema di BACS. La norma definisce quattro classi, dalla D alla A con grado crescente di performance energetica.

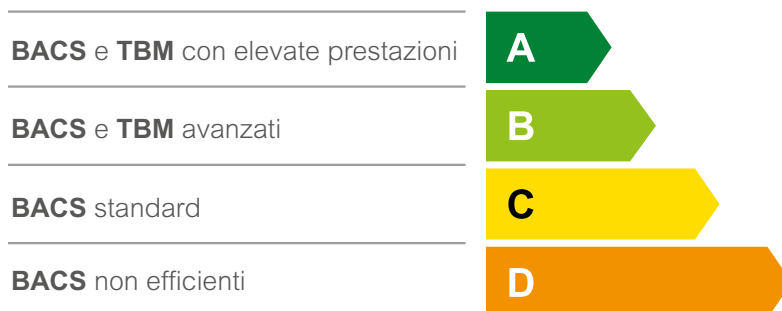


Fig. 8. Classi di efficienza

(51) Per approfondimenti su questo argomento si invita alla lettura della guida Schneider Electric “Efficienza Energetica: impatto dell'automazione sulle prestazioni energetiche degli edifici” – 2016.

(52) ENEA – Rapporto annuale Efficienza Energetica – 2017.

(53) Recepita in Italia come UNI EN 15232-1 – Ottobre 2017.

1. Introduzione

A

Classe D: BAC non efficienti dal punto di vista energetico. Edifici con sistemi di classe D devono necessariamente essere ammodernati e resi più efficienti. Nuovi edifici non devono essere realizzati con sistemi di classe D⁵⁴. Un edificio viene classificato D se non vengono implementate le funzionalità minime previste per la classe C.

Classe C: BAC standard, normali sistemi di controllo e regolazione, anche dotati di bus di comunicazione, ma non caratterizzati da prestazioni funzionali particolari dal punto di vista dell'efficienza energetica.

Classe B: BAC avanzati con alcune specifiche attività di gestione dell'edificio (TBM)

Classe A: BAC con elevate performance di efficienza energetica e attività di gestione tecnica dell'edificio (TBM).

Lo standard definisce quindi un elenco di "funzioni di controllo" per ciascuna tecnologia, ad esempio per gli impianti di illuminazione, sono definiti i seguenti algoritmi di controllo:

Funzioni di controllo	Definizione delle classi							
	Residenziale				Non residenziale			
	D	C	B	A	D	C	B	A
5 Controllo dell'illuminazione								
5.1 Controllo presenza								
0 Comando On/Off manuale								
1 Comando On/Off manuale con segnale di spegnimento aggiuntivo								
2 Rilevazione automatica (accensione automatica)								
3 Rilevazione automatica (accensione manuale)								
5.2 Controllo in funzione della luce naturale								
0 Controllo manuale centralizzato								
1 Controllo manuale per ambienti o zone								
2 Controllo automatico in modalità On/Off								
3 Controllo automatico con regolazione continua (dimming)								

Tabella A-1- Funzioni di controllo per l'illuminazione (UNI EN 15232-1 – Tab. 5)

Sono previste due diverse modalità di calcolo per determinare l'impatto della regolazione sull'efficienza dei sistemi. Un primo metodo, approfondito, può essere adottato quando si conoscono nel dettaglio i vari elementi dell'impianto e dell'edificio, il secondo metodo, semplificato, denominato dei Fattori BAC, consente in via preliminare una stima basata sulle caratteristiche tipiche e sui fattori comuni di alcune tipologie di edifici ed attività.

(54) Questo significa che tutti i nuovi edifici, realizzati in Italia dal 2007 ad oggi, dotati di impianti tradizionali, sono stati progettati e costruiti disattendendo questa normativa.

1. Introduzione

Dalla Tabella A-2 si può ad esempio rilevare come in un edificio ad uso uffici, un'installazione di Classe B presenta un miglioramento dell'efficienza energetica del 15% rispetto alla Classe C e del 23% rispetto ad un edificio con impianti tradizionali, quindi in classe D. Questi sono valori mediati per l'intero edificio. Come si vedrà nel seguito di questa guida, in un singolo ambiente alcuni algoritmi di regolazione possono portare a livelli di efficienza molto superiori.

Edifici non residenziali	Fattori di efficienza BACS							
	D		C		B		A	
	Non energy efficient		Standard		Advanced		High energy performance	
	Illum.	Aux	Illum.	Aux	Illum.	Aux	Illum.	Aux
Uffici	1,1	1,15	1	1	0,85	0,86	0,72	0,72
Sale conferenze	1,1	1,11	1	1	0,88	0,88	0,76	0,78
Scuole	1,1	1,12	1	1	0,88	0,87	0,76	0,74
Ospedali	1,2	1,1	1	1	1	0,98	1	0,96
Alberghi	1,1	1,12	1	1	0,88	0,89	0,76	0,78
Ristoranti	1,1	1,09	1	1	1	0,96	1	0,92
Negozi/Magazzini	1,1	1,13	1	1	1	0,95	1	0,91

Tabella A-2- Fattori di efficienza BACS per l'illuminazione negli edifici non residenziali (UNI EN 15232-1 – Tab. A.9)

A

“

...la migliore performance si raggiunge solo potendo regolare il flusso in funzione dell'effettivo bisogno, rendendo quindi necessaria l'installazione di apparecchi dimmerabili praticamente in qualsiasi contesto applicativo.

Il metodo semplificato, basato sui BAC Factor, è da intendersi indicativo ed applicabile per alcune categorie di edifici. Ad esempio, nella Tabella A-2 non compare alcun valore per strutture ad uso produttivo dove non è possibile determinare dei fattori di calcolo comuni. Gli stessi profili orari che per una scuola possono essere mediamente definiti, nel caso di stabilimenti produttivi possono variare in modo consistente.

Il metodo di calcolo approfondito tiene conto delle indicazioni contenute in norme specifiche di settore, ad esempio per l'illuminazione si applica la Norma EN 15193-1 – *Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione – Parte 1: Specificazioni, Modulo M9.*

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

A



2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Valutazione delle prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione

Una valutazione attendibile e coerente del fabbisogno di energia per illuminazione di un fabbricato richiede l'applicazione della Norma EN 15193-1, pubblicata ad aprile 2017⁵⁵ e completata dal Rapporto Tecnico CEN/TR 15193-2, anch'esso pubblicato nel 2017.

Anche in questo caso lo Standard prevede più modalità di calcolo, con diversi livelli di precisione:

- Metodo 1: calcolo approfondito
- Metodo 2: calcolo semplificato
- Metodo 3: misura

Il calcolo approfondito consente di valutare in modo dettagliato l'impatto di tutte le componenti che possono determinare il consumo energetico. Ad esempio, per quanto concerne il contributo di luce naturale, questo metodo fornisce formule di calcolo che tengono conto dell'effettiva consistenza delle aperture, del loro orientamento, ecc.

Capita sovente però che le informazioni ed i dati di calcolo non siano facilmente determinabili, oppure si ha bisogno solo di una stima preliminare orientativa, senza alcuna necessità di accuratezza. In questo caso il Metodo 2, il calcolo semplificato, consente rapidamente di valutare l'energia consumata dall'impianto basandosi su dati medi tabellati.

Il Metodo 3 si basa invece esclusivamente su dati relativi a misurazioni e quindi è applicabile solo per impianti esistenti ed in esercizio.

L'energia consumata per l'illuminazione dipende da molti fattori: innanzi tutto dalla potenza degli apparecchi illuminanti installati (meglio espressa come densità di potenza per unità di superficie), dal numero di ore di operatività dell'impianto, distinte tra ore diurne ed ore notturne.

Norma UNI EN 15193-1

La norma specifica la metodologia per la valutazione della prestazione energetica dei sistemi di illuminazione per l'illuminazione generale in edifici residenziali e non-residenziali e per il calcolo o la misurazione della quantità di energia richiesta o utilizzata per l'illuminazione negli edifici. Il metodo può essere applicato ad edifici nuovi, esistenti o ristrutturati. Fornisce inoltre una metodologia (LENI) come misura dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione negli edifici.

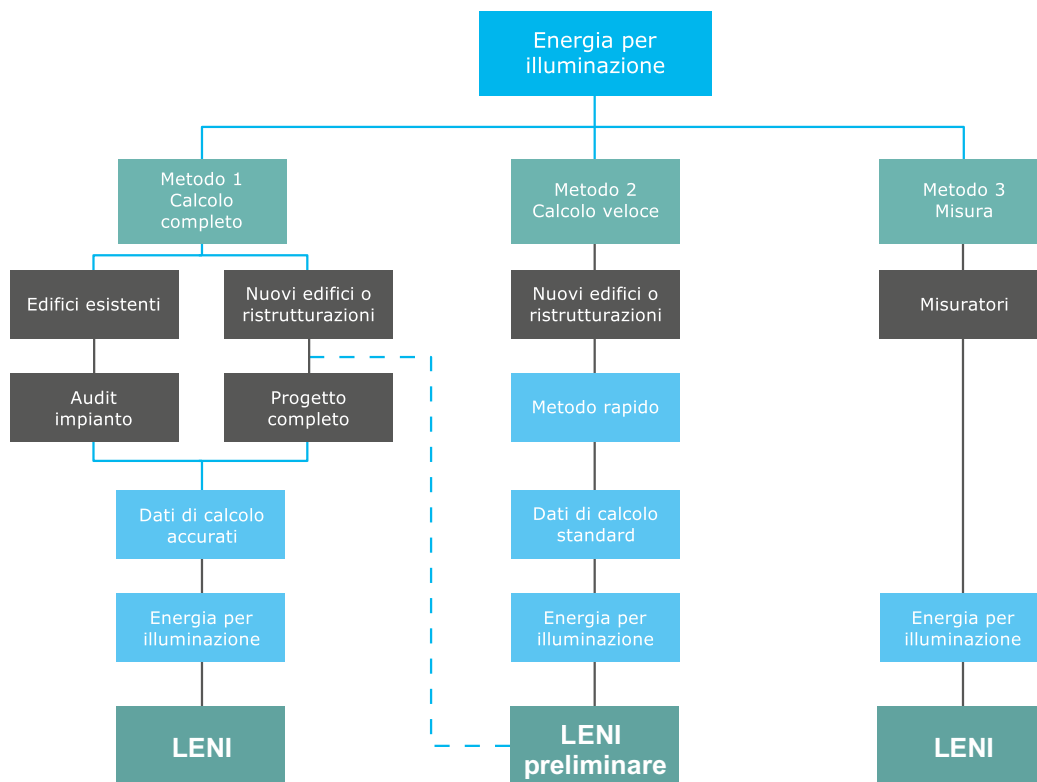


Fig. 9. Schema a blocchi della valutazione energetica per l'illuminazione (EN 15193-1)

(55) In Italia è stata recepita come UNI EN 15193-1 nel maggio 2017.

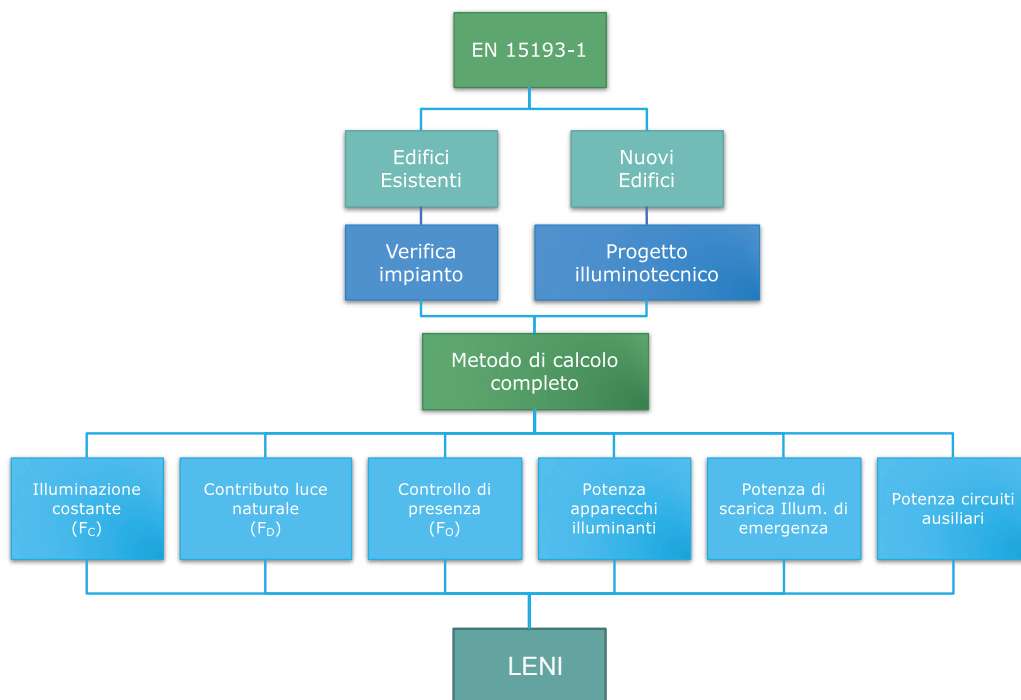


Fig. 10. Schema a blocchi della valutazione energetica per l'illuminazione (EN 15193-1)

Il parametro LENI

È poi però necessario tener conto di tutti quei fattori, connessi con il sistema di controllo e regolazione, che possono in qualche modo rendere l'installazione più efficiente.

Va infine considerato il consumo energetico in standby, cioè l'energia consumata dai sistemi ausiliari di comando e controllo e quella per il mantenimento in carica delle batterie dell'impianto di illuminazione di emergenza.

La Norma EN 15193-1 definisce il parametro LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) che rappresenta l'energia consumata annualmente per illuminazione, riferita all'unità di superficie (di un edificio, di una zona o di un singolo locale).

Questo parametro è definito con la seguente formula:

$$LENI = \{F_C \cdot (P_j / 1000) \cdot F_O [(t_D \cdot F_D) + t_N]\} + 1,0 + 1,5 \text{ [kWh/m}^2 \text{ anno]}$$

dove:

P_j è la densità di potenza dell'impianto di illuminazione, espressa in W/m^2

t_D è il numero di ore diurne di operatività dell'impianto

t_N è il numero di ore di operatività notturna, cioè in assenza di luce naturale.

La formula introduce tre distinti fattori che tengono conto dell'efficienza introdotta dal sistema di controllo e regolazione:

- F_C , relativo al recupero del fattore di manutenzione (Constant illuminance factor)
- F_O , relativo al controllo in funzione della presenza di persone (Occupancy dependency factor)
- F_D , relativo alla regolazione in funzione della disponibilità di luce naturale (Daylight dependency factor).

“

Il parametro LENI non contiene di per sé alcuna indicazione circa l'efficienza energetica della soluzione impiantistica adottata. Ad esempio, a parità di impianto, se il locale considerato è un reparto produttivo che lavora su tre turni avrà un LENI maggiore dello stesso reparto utilizzato per un solo turno.

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Il fattore di costo energetico (e_L)

Al fine di valutare l'efficienza energetica delle diverse soluzioni progettuali, la norma definisce un parametro specifico, denominato "Expenditure Factor", o fattore di costo energetico, determinato dal rapporto tra l'energia richiesta dal nostro impianto rispetto a quella consumata da un impianto teorico ideale.

Il fattore di costo energetico si calcola con la formula:

$$e_L = e_{L,C} \cdot e_{L,O} \cdot e_{L,D} \cdot e_{L,ES}$$

dove:

- $e_{L,C}$ è il fattore relativo al controllo costante dell'illuminazione
- $e_{L,O}$ è il fattore dipendente dal controllo di presenza
- $e_{L,D}$ è il fattore dipendente dal controllo in base alla luce naturale
- $e_{L,ES}$ è il fattore correlato alla densità di potenza elettrica installata, necessaria a generare il flusso luminoso richiesto.

In linea generale si può considerare che i primi tre fattori sono collegati alla soluzione tecnologica di controllo e regolazione dell'impianto mentre l'ultimo ($e_{L,ES}$) è strettamente connesso con le caratteristiche degli apparecchi illuminanti e la loro efficienza luminosa.

Nel contesto di questa guida si andrà ad approfondire la modalità di determinazione dei primi tre fattori, in modo da attribuire alle diverse soluzioni di automazione una specifica efficacia o performance nel contenimento dei consumi energetici.

“

Il fattore di costo viene determinato con riferimento ad un sistema ideale, un sistema capace di regolare perfettamente l'illuminazione, recuperando il sovradimensionamento dovuto al fattore di manutenzione, a disattivare immediatamente l'illuminazione nel momento in cui viene meno la presenza di persone ed in grado di sfruttare in modo ottimale la luce naturale disponibile.

Questo impianto ideale avrà un fattore di costo $e_L = 1$.

Il nostro impianto reale presenterà un fattore di costo maggiore, tanto maggiore quanto risulti meno efficiente.

Nei capitoli a seguire viene fornito un metodo semplificato per una rapida determinazione dei fattori di costo, sia per soluzioni tradizionali che prevedono un controllo manuale delle lampade e sia per le diverse tecnologie di regolazione automatica. Questo consentirà un rapido confronto e valutazione dei vantaggi che di volta in volta il sistema di controllo introduce.

A

Fattore relativo al controllo luminosità costante ($e_{L,C}$)

Gli impianti di illuminazione vengono dimensionati per assicurare un livello di illuminamento minimo mantenuto nel tempo. Considerando il decadimento del sistema dovuto sia alla sorgente luminosa ma anche ad altri fattori quali l'impolveramento dell'apparecchio o la riduzione della riflessione delle pareti, l'impianto deve essere sovradimensionato mediante il "Fattore di Manutenzione". Questo sovradimensionamento può avere un impatto importante sull'efficienza energetica dell'impianto di illuminazione e quindi necessita di alcuni approfondimenti.

La determinazione precisa del fattore di manutenzione può essere effettuata secondo le indicazioni dello standard ISO/CIE TS 22012:2019⁵⁶, ove viene determinato con la formula:

$$f_m = f_{LF} \cdot f_s \cdot f_{LM} \cdot f_{SM}$$

Dove:

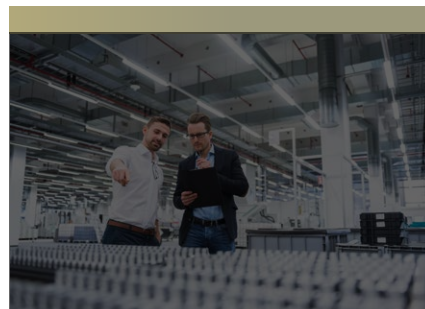
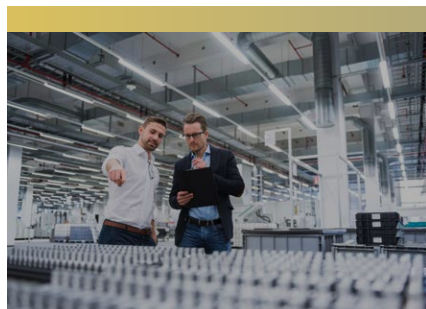
- f_{LF} (Luminous Flux Factor): fattore che tiene conto del decadimento della sorgente luminosa;
- f_s (Survival Factor): rappresenta la percentuale di apparecchi guasti dopo un dato numero di ore di funzionamento. Questo dato dovrebbe essere fornito dal costruttore dell'apparecchio illuminante. Il Survival Factor assume importanza significativa nelle installazioni dove gli interventi di sostituzione non vengono effettuati sul singolo apparecchio ma secondo una pianificazione temporale. Quindi l'impianto deve operare anche con qualche apparecchio guasto (es. strutture di grande altezza, dove intervenire singolarmente ad ogni guasto può risultare troppo oneroso).
- f_{LM} (Luminaire Maintenance Factor): fattore che tiene conto della riduzione nel tempo dell'efficienza delle ottiche dell'apparecchio illuminante, ad esempio per impolveramento.
- f_{SM} (Surface Maintenance Factor): fattore che tiene conto della riduzione nel tempo dei coefficienti di riflessione delle pareti.

Di fatto, questa norma consente di individuare il miglior rapporto tra i cicli di manutenzione (pulizia degli apparecchi illuminanti, sostituzione delle sorgenti, tinteggiatura delle pareti, ecc.) ed il sovradimensionamento delle sorgenti luminose (che è anch'esso un costo), in modo da assicurare che il livello di illuminamento non scenda mai al di sotto del requisito di progetto. Questo fattore è quindi fortemente influenzato dalle condizioni ambientali del luogo di installazione e dalla tipologia di apparecchi illuminanti e relative sorgenti luminose. In ambienti puliti il fattore di manutenzione può variare tra 0,8 e 0,9 mentre in alcuni ambienti industriali può scendere sensibilmente anche a valori inferiori a 0,6.

Va quindi considerato che non ha senso calcolare un fattore di manutenzione che non faccia riferimento ad un piano di manutenzione o, per contro, ad un dato fattore di manutenzione deve corrispondere una periodicità manutentiva definita.

Il conseguente sovradimensionamento dell'impianto di illuminazione, in particolare nel primo periodo di operatività, produrrà un livello di illuminamento superiore a quello di progetto ma soprattutto determinerà un maggior consumo di energia.

Fig. 11.
Esempio di decadimento
graduale dell'emissione
luminosa



(56) ISO/CIE TS 22012:2019 – Light and lighting – Maintenance factor determination – Way of working

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Lo standard ISO/CIE TS 22012 va di fatto a sostituire la precedente CIE 97 del 2005 che, con l'avvento delle sorgenti a LED, presentava alcune difficoltà di applicazione.

Quando si utilizzano lampade con sorgente integrata a LED, non si può sostituire la sorgente luminosa, come abitualmente si è fatto ad esempio per i tubi fluorescenti, ma si deve sostituire l'intero apparecchio illuminante. Conseguentemente il fattore di manutenzione deve tener conto di questa diversa modalità di gestione dell'impianto e basarsi sulla vita utile dell'impianto. La vita utile della combinazione apparecchio/sorgente LED viene espressa, in accordo con lo standard IEC 62722-2-1, con il termine $L_x B_y$ = numero di ore, che va letta come il Y% degli apparecchi, dopo un dato numero di ore di funzionamento, garantisce ancora l'X% del flusso luminoso.

Se si utilizza $Y=50\%$ questo termine diventa la vita media utile del nostro impianto di illuminazione.

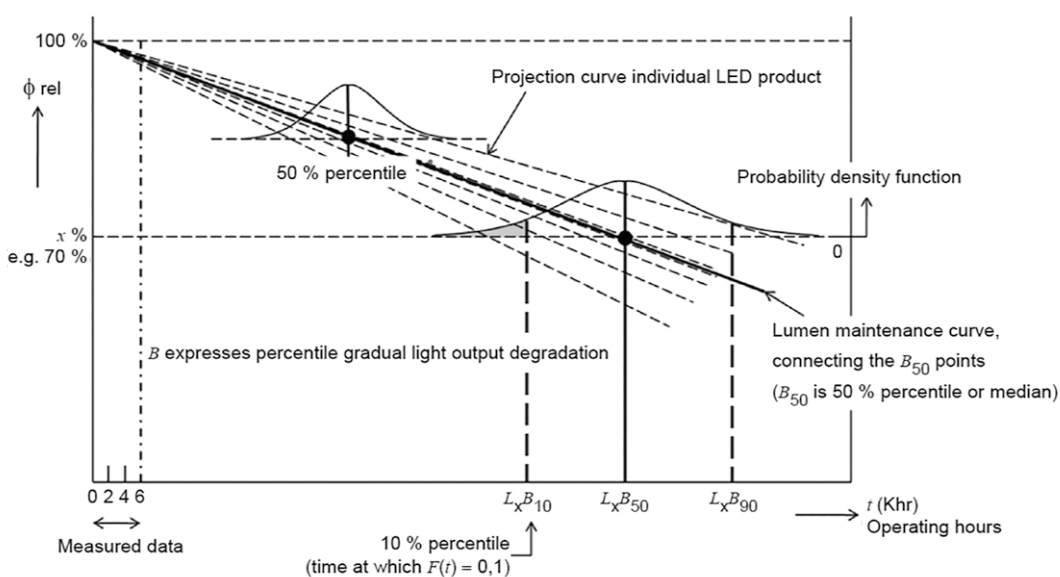


Fig. 12.
Determinazione
della vita utile delle
sorgenti LED (EN 62717)

Ad esempio, il dato $L_{80} B_{50} = 50.000$ ore significa che il nostro impianto, dopo 50.000 ore di funzionamento, avrà il 50% (Y) degli apparecchi illuminanti che forniscono un flusso luminoso pari o superiore all'80% (X) di quello iniziale, mentre il restante 50% avrà un flusso luminoso inferiore.

I costruttori dichiarano in genere diversi valori di vita utile, ad esempio:

- $L_{80} B_{50} = 100.000$ h
- $L_{90} B_{50} = 50.000$ h
- $L_{80} B_{20} = 85.000$ h

A questo punto il progettista deve fare una scelta: dichiarare al committente che il suo nuovo impianto di illuminazione dovrà essere sostituito dopo 50.000 ore di funzionamento, adottando nel dimensionamento il fattore $f_{LF} = 0,9$, oppure utilizzare il dato di vita utile per un maggior numero di ore, ad esempio a 100.000 ore, ma dimensionare l'impianto considerando un fattore f_{LF} che sarà pari a 0,8, con un non trascurabile aggravio del costo iniziale di realizzazione e un maggior consumo energetico.

Questo aspetto ci fa comprendere come la considerevole vita utile delle sorgenti a LED si traduce solo parzialmente in un effettivo vantaggio dal punto di vista del dimensionamento dell'impianto di illuminazione, di fatto i fattori di manutenzione da utilizzare in questi impianti non sono diversi da quelli che venivano utilizzati negli impianti con sorgenti luminose tradizionali.

A Il controllo dell'illuminazione

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Tornando alla valutazione del fattore di costo parziale $e_{L,C}$, che quantifica questa inefficienza energetica, consideriamo che questo viene calcolato con la formula:

$$e_{L,C} = \frac{1 - \frac{1}{2} F_{cc} (1 - f_m)}{1 - \frac{1}{2} (1 - f_m)}$$

Di fatto questo parametro dipende sostanzialmente dal fattore di manutenzione (f_m) e dall'efficacia di un sistema di regolazione (F_{cc}) nel compensare automaticamente il sovradimensionamento.

Nel caso di impianti con lampade non regolabili non è possibile recuperare il fattore di manutenzione, di conseguenza il fattore F_{cc} deve essere assunto pari 0. Quando invece l'impianto viene dotato di lampade dimmerabili, controllate da sensori di luminosità capaci di mantenere ragionevolmente costante il livello di illuminamento, il fattore F_{cc} può assumere valori compresi nel range $0 < F_{cc} \leq 1$.

Va detto che non è semplice determinare l'efficacia del sistema di regolazione, anche perché questo opererà simultaneamente insieme alla regolazione in funzione della presenza e della luce naturale, avrà un peso maggiore nelle ore notturne piuttosto che diurne, ecc. Di fatto la norma non fornisce criteri oggettivi per una valutazione dell'efficacia del sistema di regolazione e, in prima approssimazione, quando presente, consente di assumere il valore massimo ($F_{cc} = 1$).

Questo ci consente di determinare $e_{L,C}$ nelle due condizioni possibili, senza alcun sistema (oppure quando si utilizzano lampade non dimmerabili) e con un sistema di regolazione automatica.

f_m	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Senza regolazione	1,43	1,38	1,33	1,29	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,00
Con regolazione autom.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabella A-3 - Valori di $e_{L,C}$ in funzione del Fattore di Manutenzione (f_m)

“

L'installazione di apparecchi illuminanti regolabili trova il massimo vantaggio negli ambienti industriali dove in genere il fattore di manutenzione è sensibilmente basso, contrariamente ad una diffusa abitudine progettuale che in questa tipologia di ambienti prevede un semplice comando On/Off, riservando funzionalità di dimming ad ambienti ad usi diversi, ad esempio uffici.

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Fattore relativo al controllo di presenza ($e_{L,o}$)

Il secondo fattore di costo energetico considerato dalla norma è quello relativo al controllo di presenza, cioè alla capacità del sistema di attivare l'illuminazione di un ambiente solo nel momento in cui all'interno vi sono persone.

Il contributo in termini di efficienza energetica fornito dal controllo in base alla presenza di persone viene espresso dal fattore $e_{L,o}$, calcolato la formula seguente:

$$e_{L,o} = \frac{F_o}{(1 - F_A)}$$

Dove:

- F_o : Fattore di occupazione, rappresenta l'efficacia di un sistema di controllo di presenza nel contesto di uno specifico ambiente, quindi varia in funzione della tecnologia di controllo delle luci.
- F_A : Fattore di assenza, indica quanto un determinato locale, essendo utilizzato in modo discontinuo, beneficia di un sistema automatico di rilevazione presenza.

Il Fattore di occupazione F_o è determinato dall'efficacia del sistema di controllo (F_{oc}) ma dipende anche dal fattore di assenza (F_A) e può essere determinato con una delle formule riportate nella Tabella A-4.

$0,0 \leq F_A < 0,2$	$0,2 \leq F_A < 0,9$	$0,9 \leq F_A \leq 1,0$
$F_o = 1 - [(1 - F_{oc}) \cdot F_A / 2]$	$F_o = F_{oc} + 0,2 - F_A$	$F_o = [7 - (10 \times F_{oc})] \cdot (F_A - 1)$

Tabella A-4 - Determinazione del fattore F_o

Lo standard considera, ai fini del controllo di presenza, sistemi manuali o automatici, con diversi gradi di efficacia.

#	Sistemi senza controllo di presenza	F_{oc}
A	Comando manuale On/Off	1,00
B	Comando manuale On/Off + spegnimento automatico temporizzato	0,95
#	Sistemi con controllo presenza	F_{oc}
C	Comando automatico On / Dimming	0,95
D	Comando automatico On / Off automatico	0,90
E	Comando manuale On / Dimming	0,90
F	Comando manuale On / Off automatico	0,80

Tabella A-5 - Efficacia dei sistemi di controllo presenza

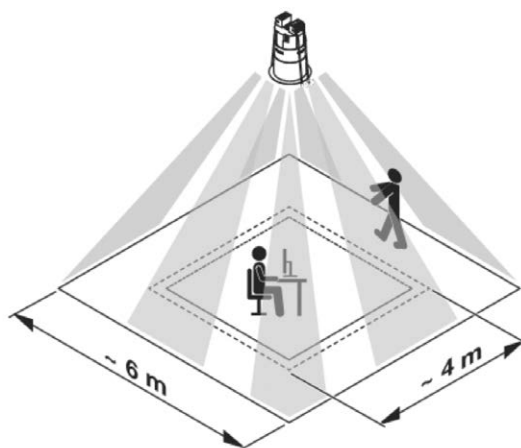


Fig. 13.
Esempio di area di rilevamento di un sensore presenza da soffitto

A Il controllo dell'illuminazione

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Tabella A-6

Fattore di assenza F_A
(EN 15193-1 - Tab. B.6)

I valori del fattore di assenza F_A sono forniti dalla Norma EN 15193-1 e sono basati su dati statistici rilevati in Europa all'interno di ambienti con una destinazione d'uso tipica.

A

Valore medio per edificio		Valore per singolo ambiente					
Attività	F_A	Attività	Ambiente/Locale F_A				
Uffici	0,20	Uffici	Ufficio cellulare da 1 persona	0,40			
			Ufficio cellulare da 2-6 persone	0,30			
			Open space > 6 pers./30 m ²	0,00			
			Open space > 6 pers./10 m ²	0,20			
			Corridoio (dimmed)	0,40			
			Reception – Ingresso	0,00			
			Showroom	0,60			
			Servizi igienici	0,90			
			Rest room	0,50			
			Deposito - Guardaroba	0,90			
			Locale tecnico	0,98			
			Locale server	0,50			
			Sala conferenze	0,50			
			Archivio	0,98			
			Scuole	0,20	Scuole	Classe	0,25
Locale per attività di gruppo	0,30						
Corridoio (dimmed)	0,60						
Sala comune	0,50						
Sala lettura	0,40						
Segreteria	0,40						
Palestra	0,30						
Mensa	0,20						
Sala insegnanti	0,40						
Copisteria / deposito	0,40						
Cucina	0,20						
Biblioteca	0,40						
Ospedali	0,00	Ospedali				Reparti, camere di degenza	0,00
						Esami / Terapie	0,40
						Sala pre-operatoria	0,40
			Reparto di riabilitazione	0,00			
			Comparto operatorio	0,00			
			Corridoio	0,00			
			Sala attesa	0,00			
			Ingresso / Ricevimento	0,00			
			Soggiorno	0,20			
			Laboratorio	0,20			
			Industria	0,00	Industria	Reparto di montaggio	0,00
						Piccola area produttiva	0,20
						Magazzino con scaffali	0,40
						Magazzino aperto	0,20
						Cabina di verniciatura	0,20
Alberghi / Ristoranti	0,00	Alberghi / Ristoranti	Reception / Atrio	0,00			
			Corridoio (dimmed)	0,40			
			Camera d'albergo	0,60			
			Sala da pranzo / colazione	0,00			
			Cucina	0,00			
			Sala conferenze	0,40			
			Dispensa, deposito	0,50			
Centri commerciali / Negozi	0,00	Centri commerciali / Negozi	Area di vendita	0,00			
			Magazzino	0,20			
			Cella frigo	0,60			
			Altre zone	Sala attesa	0,00		
				Vano scale (dimmed)	0,20		
		Auditorium, sala concerti		0,00			
		Esposizione, sala congressi		0,50			
		Museo		0,00			
		Biblioteca, sala lettura		0,00			
		Archivio		0,90			
		Area per attività sportive		0,30			
		Parcheggio privato		0,95			
		Parcheggio pubblico		0,80			

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

“

...il fattore di assenza F_A è tanto maggiore quanto il locale viene utilizzato in modo discontinuo e quindi la presenza di un sistema automatico è efficace ai fini dell'efficienza energetica.

Come si può notare dai valori tabellati, il fattore di assenza F_A è tanto maggiore quanto il locale viene utilizzato in modo discontinuo e quindi la presenza di un sistema automatico è efficace ai fini dell'efficienza energetica. Ambienti costantemente occupati, come un reparto produttivo o un open space di grandi dimensioni, non beneficiano più di tanto del controllo di presenza.

Va inoltre considerato che un sistema di controllo presenza non è necessariamente costituito da un sensore di movimento/presenza. Ad esempio, in una camera d'albergo, l'utilizzo di sistemi di controllo accessi che riescano a discriminare la presenza del cliente in camera, ad esempio mediante badge, costituiscono un valido sistema di verifica della presenza, sicuramente più efficace e confortevole di un sensore.

Nella Tabella A-7 sono riportati i valori del fattore di costo $e_{L,O}$ calcolati per le diverse tipologie di sistemi di controllo e per ciascun valore del fattore di assenza.

Sistemi senza controllo di presenza	
A	Comando manuale On/Off
B	Comando manuale On/Off + spegnimento automatico temporizzato
Sistemi con controllo presenza	
C	Comando automatico On / Dimming
D	Comando automatico On / Off automatico
E	Comando manuale On / Dimming
F	Comando manuale On / Off automatico

Tabella A-8

Tabella con i Sistemi di controllo presenza

F_A	Fattore di costo $e_{L,O}$					
	Efficacia del sistema di controllo presenza F_{OC} (Tab. A.5)					
	A	B	C	D	E	F
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
0,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10
0,15	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16
0,20	1,25	1,19	1,19	1,13	1,13	1,00
0,25	1,27	1,20	1,20	1,13	1,13	1,00
0,30	1,29	1,21	1,21	1,14	1,14	1,00
0,35	1,31	1,23	1,23	1,15	1,15	1,00
0,40	1,33	1,25	1,25	1,17	1,17	1,00
0,45	1,36	1,27	1,27	1,18	1,18	1,00
0,50	1,40	1,30	1,30	1,20	1,20	1,00
0,55	1,44	1,33	1,33	1,22	1,22	1,00
0,60	1,50	1,38	1,38	1,25	1,25	1,00
0,65	1,57	1,43	1,43	1,29	1,29	1,00
0,70	1,67	1,50	1,50	1,33	1,33	1,00
0,75	1,80	1,60	1,60	1,40	1,40	1,00
0,80	2,00	1,75	1,75	1,50	1,50	1,00
0,85	2,33	2,00	2,00	1,67	1,67	1,00
0,90	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00
0,95	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00
1,00	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00

Tabella A-7 - Determinazione del Fattore parziale di costo $e_{L,O}$

“

...l'installazione di sensori in ambienti con un basso valore di F_A non comporta un significativo vantaggio mentre l'uso di comandi manuali in locali caratterizzati da valori elevati di F_A risulta evidentemente inefficiente.

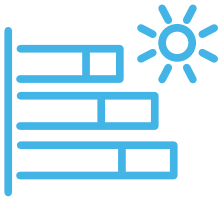
Questa tabella ci aiuta a comprendere come l'installazione di sensori in ambienti con un basso valore di F_A non comporta un significativo vantaggio mentre l'uso di comandi manuali in locali caratterizzati da valori elevati di F_A risulta evidentemente inefficiente.

Ad esempio, volendo fare una verifica in un ufficio singolo ($F_A=0,4$), il comando manuale (tipologia A) determina un fattore di costo $e_{L,O}$ pari a 1,33. L'uso invece di un sensore con accensione automatica e spegnimento automatico (tipologia D), riduce il fattore a 1,17. Ancora più efficace sarebbe una soluzione dove la luce viene accesa manualmente e spenta automaticamente dal sensore (Tipologia F), che riduce il fattore $e_{L,O}$ a 1,00, il valore minimo possibile.

Qualche considerazione sul controllo in funzione di presenza: lo standard distingue i sistemi che prevedono un'accensione manuale (tipologie E ed F) rispetto a quelli che, rilevando presenza, attivano automaticamente l'impianto (C e D).

Questa distinzione ha un effettivo valore nel momento in cui, in base alla destinazione d'uso del locale, il comportamento manuale potrebbe risultare più efficiente rispetto all'accensione automatica. In un servizio igienico privo di illuminazione naturale l'accensione automatica di un sensore non è diversa da quella manuale dell'utente che non potrebbe utilizzare l'ambiente senza accendere le luci. Dal punto di vista dello spegnimento però, l'utilizzo del sensore assicura che la luce non possa essere dimenticata accesa.

A



Daylight Harvesting Fattore relativo alla luce naturale ($e_{L,D}$)

Questa terza ed ultima componente tiene conto della riduzione dei consumi grazie alla disponibilità di luce naturale mediante l'utilizzo di sistemi di controllo e regolazione, denominati DRCS (Daylight Responsive Control Systems), capaci di disattivare, o regolare in modo continuo, l'illuminazione artificiale in tutte quelle zone dove, grazie alla luce naturale, non è più necessaria.

La determinazione di questo contributo risulta complessa ed articolata, difficilmente riconducibile ad una tabella di valori predefiniti, in quanto le variabili coinvolte ed i fattori di cui tener conto sono numerosi:

- Posizione dell'edificio (latitudine)
- Orientamento dell'edificio e dei singoli ambienti
- Dimensioni e geometria delle aperture
- Posizione delle aperture (finestre verticali, shed o cupolotti in copertura, ecc.)
- Fattore di trasmissione luminosa delle superfici trasparenti delle aperture
- Grado di penetrazione della luce naturale
- Presenza di sistemi oscuranti e di limitazione dell'abbagliamento solare, tende, ecc.
- Orari di utilizzo (ovviamente nelle ore notturne questa componente è inefficace)

Inoltre, è necessario fare una valutazione distinta per ciascun ambiente in modo da poter pesare singolarmente le diverse componenti che cambiano, in modo anche sostanziale, anche per locali dello stesso edificio.

Il fattore F_D (Daylight Dependency Factor) è correlato a due componenti e viene calcolato con la formula:

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \cdot F_{D,C})$$

Dove:

- $F_{D,S}$ è definito Daylight Supply Factor, un fattore che quantifica e qualifica la luce naturale in un dato ambiente.
- $F_{D,C}$ rappresenta l'efficacia del sistema di regolazione nello sfruttare la luce naturale (Lighting Control Factor).

Il corrispondente fattore di risparmio $e_{L,D}$, viene determinato con la seguente formula:

$$e_{L,D} = \frac{A_D (t_{Day} \cdot (1 - F_{D,S} \cdot F_{D,C}) + t_{Night}) + A_{ND} (t_{Day} + t_{Night})}{A_D (t_{Day} \cdot (1 - F_{D,S} \cdot t_{Night}) + A_{ND} (t_{Day} + t_{Night}))}$$

Dove:

- A_D : è la superficie dell'ambiente che beneficia di luce naturale
- A_{ND} : è la superficie non coperta da luce naturale.
- t_{Day} è la parte di operatività dell'impianto in ore diurne
- t_{Night} è la corrispondente parte in ore notturne.

Anche in questo caso il fattore $e_{L,D}$ dipende sostanzialmente da due componenti: $F_{D,S}$ e $F_{D,C}$.

In una condizione teorica di massima disponibilità di luce naturale ($F_{D,S} \rightarrow 1$), il valore di F_D è sostanzialmente determinato da $F_{D,C}$. Un valore basso di $F_{D,C}$ rappresenta una ridotta efficienza, quindi uno spreco energetico. Diversamente, in ambienti con una bassa disponibilità di luce naturale ($F_{D,S} \rightarrow 0$) il contributo del sistema sarà ovviamente sempre basso. Anche elevati valori di $F_{D,C}$, dovuti ad un sofisticato sistema di regolazione, non modificano significativamente il fattore F_D (potremmo in questo caso definirlo uno spreco di tecnologia).

66

Se la superficie illuminata da luce naturale copre una quota importante di quella totale dell'edificio, il contributo della regolazione risulta determinante per ottenere risparmio energetico.

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Nel contesto di questa guida ci interessa in particolare misurare l'efficacia dei diversi sistemi di regolazione automatica che, se utilizzati in ambienti con adeguata disponibilità di luce naturale, possono apportare diversi valori di efficienza.

Conseguentemente si può, in prima approssimazione, quantificare la disponibilità ed efficacia della luce naturale in un dato ambiente, in quattro livelli determinabili dal progettista in modo empirico.

Valori indicativi di $F_{D,S}$			
Disponibilità luce naturale			
Nessuna	Bassa	Media	Elevata
0	0,65	0,80	0,90

Tabella A-9 - Fattore $F_{D,S}$

Ovviamente questo criterio non assicura un livello di precisione elevato e quindi richiede, da parte del progettista, una valutazione corretta. Ad esempio:

Elevata: la disponibilità, l'intensità e la distribuzione della luce naturale è sicuramente elevata, tale da consentire per un considerevole numero di ore al giorno di poter utilizzare il locale con l'illuminazione artificiale spenta.

Media: l'ambiente è illuminato dalla luce diurna ma la quantità e la sua distribuzione non è sempre sufficiente e quindi è necessario un contributo, anche parziale, di luce artificiale.

Bassa: l'illuminazione naturale per quantità o distribuzione all'interno dell'ambiente non è praticamente mai sufficiente, è quindi sempre necessario l'apporto di luce artificiale per mantenere un adeguato livello di illuminamento.

Nessuna: la disponibilità di luce naturale è trascurabile o completamente assente.

Inoltre, per semplificare la valutazione, consideriamo di applicare questo fattore solo ad ambienti dove l'illuminazione naturale copre praticamente l'intera superficie (quindi $A_{ND} = 0$ e $A_D = A$).

Per quanto riguarda i sistemi DRCS, la norma considera i seguenti algoritmi di controllo.

Rif.	Algoritmo
I	Controllo manuale
II	DRCS in modalità On/Off. Il sistema disattiva automaticamente l'illuminazione quando viene raggiunto il setpoint e provvede alla sua riattivazione quando il livello di illuminamento risulta inferiore.
III	DRCS in modalità On/Off operante su gradini. Il sistema disattiva su due o più gradini l'illuminazione quando viene raggiunto il setpoint e provvede alla sua riattivazione, sempre a gradini, quando il livello di illuminamento risulta inferiore.
IV	DRCS in modalità On/Off che provvede alla disattivazione automatica dell'illuminazione quando viene raggiunto il setpoint. La riattivazione dell'impianto deve essere effettuata manualmente.
V	DRCS in modalità dimming. Regola il flusso luminoso al valore minimo senza disattivare l'impianto e provvede a riattivare automaticamente il sistema, regolandolo in modo da mantenere il livello di setpoint di progetto.
VI	DRCS in modalità dimming. Regola il flusso luminoso al valore minimo, arrivando a spegnere completamente l'impianto. Riattiva automaticamente il sistema in modo da mantenere il livello di illuminamento di progetto.
VII	Sistema corrispondente all'algoritmo V con l'unica differenza che non provvede automaticamente a riattivare l'impianto se non dopo un comando manuale.
VIII	Sistema corrispondente all'algoritmo VI con l'unica differenza che non provvede automaticamente a riattivare l'impianto se non dopo un comando manuale.

Tabella A-10 - Tipologie di DRCS

È importante che la norma abbia attribuito anche al controllo manuale un valore di efficienza perché questo consentirà, successivamente, di confrontarlo con i sistemi automatici.

A Il controllo dell'illuminazione

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

La determinazione di $F_{D,C}$ può invece essere ottenuta dalla Tabella A-11.

Come si può notare dai valori in tabella, la norma attribuisce una maggior efficacia ai sistemi di regolazione automatica, in modo direttamente proporzionale al livello di illuminamento richiesto (E_m). Da questo punto di vista il sistema con maggiore efficienza è quello che utilizza l'algoritmo (VIII) che prevede un'attivazione manuale dell'impianto di illuminazione ed una sua automatica regolazione in funzione della luce naturale.

Tipo di controllo	Tipo di sistema	Fattore $F_{D,C}$									
		Disponibilità di luce naturale									
		Bassa			Media			Alta			
		Illuminamento E_m									
		300 lx	500 lx	750 lx	300 lx	500 lx	750 lx	300 lx	500 lx	750 lx	
Manuale		I	0,50	0,47	0,44	0,55	0,52	0,49	0,60	0,57	0,54
Automatico	On/Off	II	0,58	0,59	0,59	0,63	0,63	0,62	0,67	0,66	0,65
		III	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
		IV	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
		V	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
	Dimming	VI	0,71	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,81	0,81
		VII	0,72	0,77	0,80	0,77	0,80	0,83	0,80	0,83	0,84
		VIII	0,78	0,81	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,89	0,89

Tabella A-11 - Determinazione del fattore $F_{D,C}$

Va infine tenuto conto del numero di ore diurne di utilizzo dell'ambiente rispetto a quelle notturne. Anche in questo caso, per semplificare il calcolo, si può determinare un rapporto tra le ore diurne ed il tempo totale di utilizzo.

Nella tabella A-12 sono riportati i dati medi di operatività per alcune tipologie di edifici caratterizzati da profili orari abbastanza definiti. In ogni caso, il progettista può utilizzare dati diversi, corrispondenti al caso reale. È sufficiente determinare il rapporto tra il numero di ore di operatività diurna rispetto al totale.

Con questi dati è quindi possibile calcolare il fattore di costo $e_{L,D}$ per tutte le combinazioni di diversi sistemi DRCS nelle varie combinazioni di disponibilità di luce naturale.

Tipo di edificio	Operatività annuale (ore)			
	t_{Day}	t_{Night}	t_{Tot}	t_{Day}/t_{Tot}
Residenziale	1820	1680	3500	0,52
Uffici	2250	250	2500	0,90
Scuole	1800	200	2000	0,90
Ospedali	3000	2000	5000	0,6
Alberghi	3000	2000	5000	0,6
Ristoranti	1250	1250	2500	0,5
Strutture sportive	2000	2000	4000	0,5
Centri commerciali	3000	2000	5000	0,6
Stabilimenti produttivi	2500	1500	4000	0,62

Tabella A-12 - Ore annue di operatività diurna e notturna (EN 15193-1 - Tab. B.1)

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Luce naturale	$F_{D,s}$	t_{Day}/t_{Tot}	Fattore di costo $e_{L,D}$								
			$F_{D,c}$								
			0,5	0,55	0,6	0,65	0,70	0,75	0,8	0,85	0,9
Bassa	0,65	0,5	1,24	1,22	1,19	1,17	1,14	1,12	1,10	1,07	1,05
		0,6	1,32	1,29	1,26	1,22	1,19	1,16	1,13	1,10	1,06
		0,7	1,42	1,38	1,33	1,29	1,25	1,21	1,17	1,13	1,08
		0,8	1,54	1,49	1,43	1,38	1,33	1,27	1,22	1,16	1,11
		0,9	1,70	1,63	1,56	1,49	1,42	1,35	1,28	1,21	1,14
		1,0	1,93	1,84	1,74	1,65	1,56	1,46	1,37	1,28	1,19
Media	0,80	0,5	1,33	1,30	1,27	1,23	1,20	1,17	1,13	1,10	1,07
		0,6	1,46	1,42	1,37	1,32	1,28	1,23	1,18	1,14	1,09
		0,7	1,64	1,57	1,51	1,45	1,38	1,32	1,25	1,19	1,13
		0,8	1,89	1,80	1,71	1,62	1,53	1,44	1,36	1,27	1,18
		0,9	2,29	2,16	2,03	1,90	1,77	1,64	1,51	1,39	1,26
		1,0	3,00	2,80	2,60	2,40	2,20	2,00	1,80	1,60	1,40
Elevata	0,90	0,5	1,41	1,37	1,33	1,29	1,25	1,20	1,16	1,12	1,08
		0,6	1,59	1,53	1,47	1,41	1,35	1,29	1,23	1,18	1,12
		0,7	1,85	1,77	1,68	1,60	1,51	1,43	1,34	1,26	1,17
		0,8	2,29	2,16	2,03	1,90	1,77	1,64	1,51	1,39	1,26
		0,9	3,13	2,92	2,71	2,49	2,28	2,07	1,85	1,64	1,43
		1,0	5,50	5,05	4,60	4,15	3,70	3,25	2,80	2,35	1,90

Tabella A-13 - Determinazione del fattore $e_{L,D}$

A

Conclusioni

L'efficienza energetica derivante dall'adozione di sistemi di regolazione e controllo dell'illuminazione si esprime sulla base dei tre fattori di costo e_c , determinati nei capitoli precedenti.

Il valore di ciascun fattore ci dà un'indicazione del peso in termini di efficienza energetica di ciascuna componente e la moltiplicazione esprime l'efficacia complessiva.

Questo approccio consente di valutare in ogni situazione quanto ciascuna componente sia importante o, come in alcuni casi, del tutto ininfluyente e quindi tale da rendere inutile l'utilizzo di tecnologie di controllo.

I dati necessari per il calcolo delle tre componenti sono:

- f_m : Fattore di manutenzione
- E_m : Livello di illuminamento
- Rapporto tra l'operatività diurna ed il totale delle ore di utilizzo dell'ambiente
- Una stima, empirica, del grado di disponibilità di luce naturale

Gli altri elementi sono determinabili dalle tabelle proposte nei rispettivi capitoli.

Qualche esempio di calcolo del fattore di costo energetico per due ambienti lavorativi diversi:

Caso 1

Ufficio singolo



	Situazione iniziale (manuale)	Con sistema di controllo
Illuminazione costante		
- Fattore di manutenzione f_m		0,8
Fattore di costo $e_{L,C}$:	1,11	1
Controllo presenza		
- Fattore di assenza F_A (Tabella A-6)		0,40
- Tipo di controllo (Tabella A-5)	A (comando manuale)	D (sensore auto on/auto off)
Fattore di costo $e_{L,O}$:	1,33	1,17
Daylight Harvesting		
- Illuminamento		500
- Disponibilità luce naturale		Elevata
- Rapporto tra ore diurne/ore totali		0,90
- Tipo di comando (Tabella A-10)	I (Manuale $F_{DC}=0,57$)	VI ($F_{DC}=0,81$)
Fattore di costo $e_{L,D}$:	2,92	1,85
Fattore di costo totale:	4,31	2,16

A parità di apparecchio illuminante utilizzato nell'ambiente, il sistema di regolazione automatica introduce una riduzione dei consumi di circa il 50% rispetto al comando manuale. La maggior efficienza è da attribuire al Daylight Harvesting ed in misura inferiore al controllo di presenza ed al recupero del fattore di manutenzione.

2. Efficienza energetica degli impianti di illuminazione

Caso 2

Reparto produttivo



A

	Situazione iniziale (manuale)	Con sistema di controllo
Illuminazione costante		
- Fattore di manutenzione f_m		0,7
Fattore di costo $e_{L,C}$:	1,18	1
Controllo presenza		
- Fattore di assenza F_A (Tabella A-6)		0
- Tipo di controllo (Tabella A-5)	A (comando manuale)	A (comando manuale)
Fattore di costo $e_{L,O}$:	1	1
Daylight Harvesting		
- Illuminamento		300
- Disponibilità luce naturale		Media
- Rapporto tra ore diurne/ore totali		0,62
- Tipo di comando (Tabella A-10)	I (Manuale $F_{D,C}=0,55$)	VI ($F_{D,C}=0,77$)
Fattore di costo $e_{L,D}$:	1,42	1,23
Fattore di costo totale:	1,68	1,23

Il sistema di regolazione introduce una riduzione dei consumi del 26%, da attribuire sia al recupero del fattore di manutenzione ed anche all'utilizzo della luce naturale.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

A



3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

L'installazione digitale

Tutti i settori tecnologici hanno vissuto, chi prima chi poi, la loro trasformazione al digitale, trasformazione che sempre ha portato consistenti vantaggi, migliorato le prestazioni e ridotto i costi.

Anche le installazioni impiantistiche vivono questa trasformazione, operazione lunga in quanto relativa agli edifici e quindi lenta nella sua diffusione ma comunque in costante evoluzione. Concetti come Smart Building o Edifici intelligenti, sono diventati di uso comune ormai e l'enunciazione delle funzionalità e degli automatismi che li caratterizzano rischia di far passare in secondo piano il concetto fondamentale alla base di queste soluzioni, cioè che si tratta di edifici dotati di installazioni digitali, impianti il cui funzionamento non dipende dal collegamento dei dispositivi che lo compongono ma dal fatto che questi si scambiano messaggi utilizzando un mezzo fisico di comunicazione (es. un doppino). Cioè in questi edifici il normale funzionamento dei suoi sistemi si è trasformato in dati, informazioni. Oggi conosciamo bene il valore dell'informazione, i dati sono alla base dell'economia attuale e futura e gli edifici digitali generano una quantità enorme di dati che possono, anzi devono, essere analizzati e valutati perché contengono tutto ciò che serve per conoscere il comportamento e la performance effettiva di un fabbricato.

Rispetto ad altri settori, il mondo delle costruzioni ha le sue regole e le sue esigenze che spesso sono molto diverse e si basano su alcuni requisiti di base, quali:

- a) Interoperabilità tra componenti di costruttori diversi;
- b) Interoperabilità temporale, cioè la capacità di mantenere una piena compatibilità nel tempo dei dispositivi che vengono utilizzati;
- c) Controllo professionale, completo, affidabile e scalabile;
- d) Integrazione, controllare e/o farsi controllare da altri sistemi.

Intervenire sulle installazioni impiantistiche degli edifici è oneroso e quindi è necessario orientarsi verso tecnologie che assicurano il mantenimento di un valore nel tempo. Il mondo digitale evolve vorticosamente mentre gli edifici, una volta costruiti, esprimono la loro funzione per decenni.

Sistemi HBES e BACS

Le installazioni digitali sono da tempo state regolamentate in ambito normativo, sia per quanto riguarda gli aspetti costruttivi ed installativi, parlando in questo caso di sistemi HBES (Home and Building Electronic Systems), sia per quanto riguarda le funzionalità implementate, gli algoritmi di controllo, riferendoci in questo caso ai sistemi BACS (Building Automation and Control Systems).

Queste infrastrutture impiantistiche, in particolare se cablate, si compenetrano con la distribuzione elettrica di potenza e quindi devono garantire idonei livelli di isolamento ed assicurare un'adeguata protezione contro i contatti diretti ed indiretti. Inoltre, uno degli aspetti più importanti di queste applicazioni è relativa alla loro capacità di interconnettersi e comunicare con altre infrastrutture, ad esempio nell'ambito delle Smart Grid, della produzione autonoma di energia da fonti rinnovabili o nella gestione dei flussi di energia da o verso punti di ricarica di veicoli elettrici o ancora, in ambito smart home, per assicurare un coerente funzionamento degli elettrodomestici smart.

Questi standard definiscono le interfacce di comunicazione per assicurare la corretta integrazione tra i sistemi.

Tra i principali standard normativi in questo settore, vanno citati i seguenti:

- EN 50491 (serie) – Requisiti generali per i sistemi elettronici per la casa e l'edificio (HBES) e i sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS)
- EN 50090 (serie) – Sistemi di automazione per la casa e l'edificio (HBES)



La scelta di un sistema di automazione dell'edificio deve innanzi tutto incentrarsi su aspetti di concretezza funzionale, su soluzioni efficaci e scalabili, basate su soluzioni aperte e interoperabili, tali quindi da prestarsi per essere controllate dalle tecnologie attuali ma anche e soprattutto da quelle future.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale



KNX - Lo standard mondiale per il controllo dell'edificio

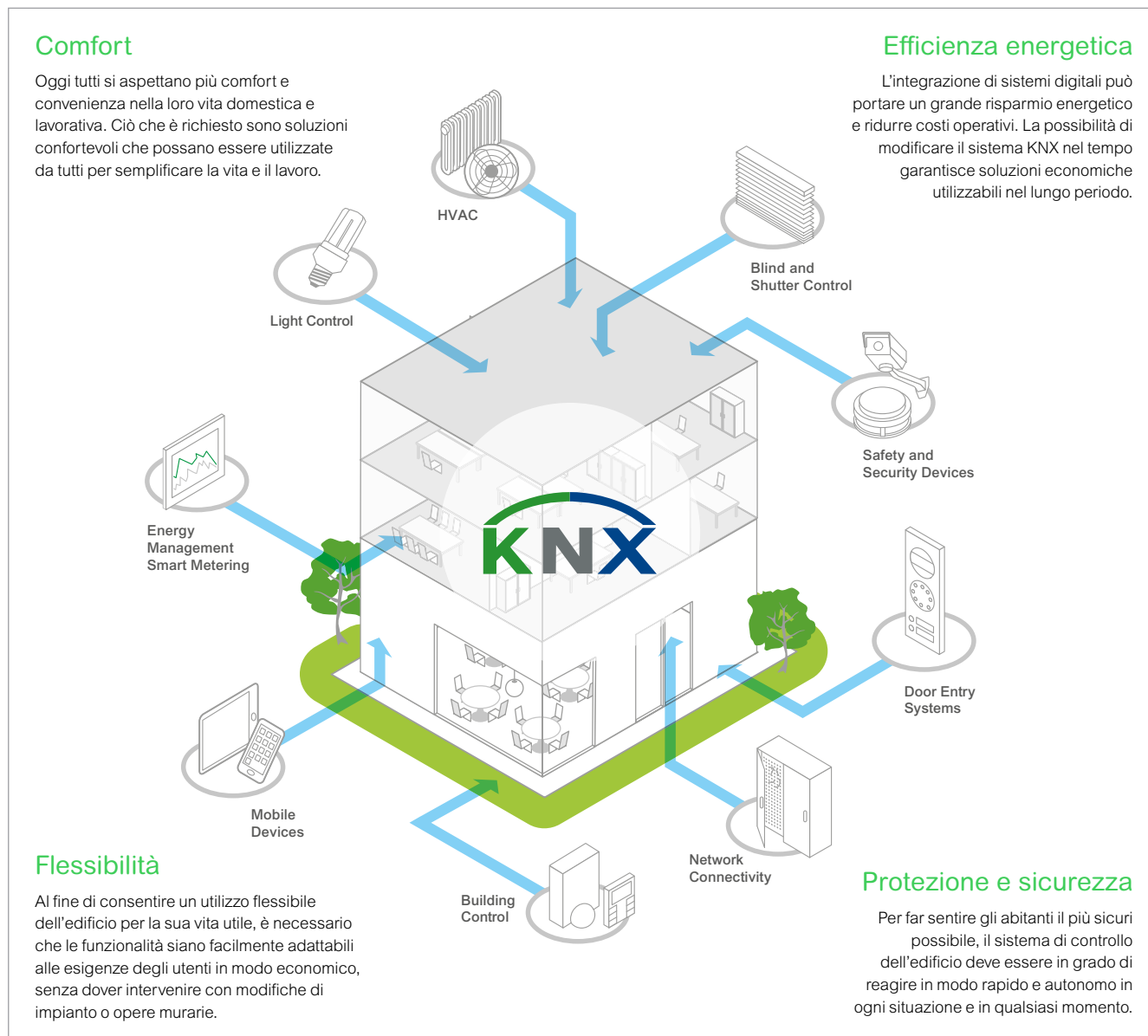
Nel 1999 nasce a Bruxelles la KNX Association con il compito di sviluppare una piattaforma tecnologica per il controllo degli edifici unificando i protocolli allora disponibili.

In breve tempo il progetto raccoglie il consenso e l'adesione dei principali produttori del settore ed oggi rappresenta certamente lo standard tecnologico più diffuso con:⁵⁷

- 500 produttori di 44 diverse nazionalità
- 504 training center distribuiti in 72 paesi⁵⁸
- 161 partner scientifici costituiti in buona parte da università e centri di ricerca di 36 diversi paesi
- 96.000 KNX Partner⁵⁹ distribuiti in 171 nazioni.

Attualmente sono disponibili alcune decine di migliaia di prodotti KNX certificati, elencati in un database consultabile sul sito internet www.knx.org. La rispondenza dei singoli dispositivi allo standard è garantita da un processo di certificazione del prodotto supervisionata direttamente dall'Associazione KNX, con il supporto di alcuni laboratori di prova accreditati.

A



(57) Dati aggiornati a Gennaio 2021.

(58) In Italia Schneider Electric è un Training Center accreditato da KNX Association ed eroga sul territorio nazionale corsi di formazione certificati.

(59) Un KNX Partner è un soggetto che ha frequentato il KNX Basic Course di 5 giorni, superando l'esame finale.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale


Integrazione IoT 1.0	Web Services (OBIX, OPC UA, BACnet/WS)			
Modi di configurazione	SYSTEM MODE	ETS INSIDE	EASY MODE - LTE	
Runtime	EXTENDED PROTOCOL		STANDARD PROTOCOL	
Kernel unico				
Indirizzamento comune				
Mezzi fisici	PL	RF	TP	IP

Fig. 14.
Caratteristiche della tecnologia KNX



Le caratteristiche principali di questa tecnologia comprendono:

- Protocollo aperto (non proprietario);
- Scalabilità, l'infrastruttura ed i dispositivi sono idonei per applicazioni in piccoli edifici residenziali ma anche per controllare grandi strutture;
- Tecnologia recepita in ambito normativo internazionale;
- Interoperabilità tra dispositivi di costruttori diversi;
- Interoperabilità nel tempo, nuovi e più recenti dispositivi possono essere introdotti in installazioni esistenti senza problematiche di compatibilità;
- Tecnologia orientata alle funzionalità dell'edificio;
- Architettura ad intelligenza distribuita, al fine di assicurare affidabilità al sistema senza dipendere da un elemento centrale;
- Supporto per diversi mezzi fisici di comunicazione: doppino twistato (TP), radio frequenza (RF), powerline communication (PL), reti TCP/IP;
- Diverse modalità di configurazione (System Mode, Easy Mode, LTE Logical Tag Extended, ETS Inside);
- Un solo tool di configurazione (software ETS) per tutti i dispositivi KNX certificati;
- Supporto per la sicurezza del protocollo (KNX IP Secure, KNX Data Secure);
- Continua evoluzione della tecnologia (Web Services, IoT, ETS Inside, Channels/Functions enhanced configuration, ecc.).



Un aspetto particolarmente significativo della tecnologia KNX è il supporto nativo per mezzi di comunicazione diversi, dal tradizionale doppino twistato a soluzioni wireless, mantenendo inalterata l'architettura, lo spazio di indirizzamento e la modalità di configurazione. Questo consente la realizzazione di impianti misti dove si possono sfruttare i vantaggi offerti dalle diverse tecnologie senza dover cambiare protocollo di comunicazione.

In Italia è presente una rappresentanza nazionale dell'associazione KNX, con sede a Milano, viale Lancetti, 43 e di cui fanno parte i principali operatori italiani del settore della Home & Building Automation.

L'Associazione KNX Italia promuove a livello nazionale l'uso della tecnologia KNX per il controllo dell'edificio con conferenze ed incontri di formazione, ed è inoltre presente in occasione delle principali fiere del settore. Ad essa si affianca l'User Group KNX Professional Italia, che vede tra gli iscritti professionisti del settore, system integrators ed installatori.

Architettura delle reti KNX TP1-256

Un sistema KNX è costituito da dispositivi KNX connessi a segmenti di cavo (doppino twistato), con il quale vengono alimentati e allo stesso tempo comunicano in modalità seriale asincrona a 9.600 bit/s. Il segmento elementare è denominato Linea KNX alla quale possono essere connessi fino a 256 dispositivi⁶⁰.

Ogni Linea è dotata di un Alimentatore KNX (PSU – Power Supply Unit) che produce una tensione di 30 V_{DC} che costituisce la portante del segnale ed allo stesso tempo fornisce l'alimentazione ai singoli dispositivi KNX il cui assorbimento è in media di circa 10mA⁶¹.

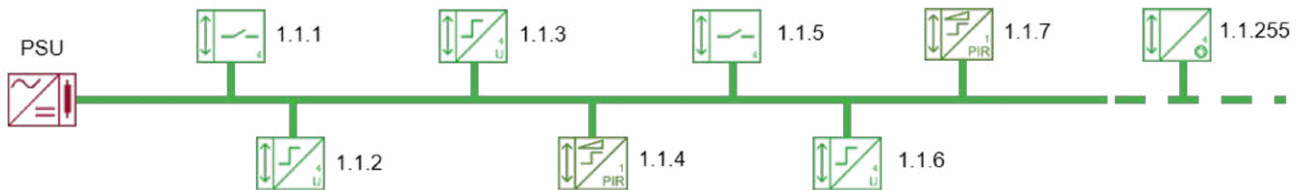


Fig. 15.
Linea KNX TP1-256

I requisiti di base di una Linea KNX comprendono:

- Sono ammessi collegamenti con diverse topologie (stella, albero, entra-esce mentre non è ammesso richiudere in anello tratti di cavo);
- L'alimentatore può essere inserito in un punto qualsiasi del circuito, meglio se in prossimità di gruppi di dispositivi posti vicini tra loro (es. nei quadri elettrici). Va inoltre considerato che ciascun dispositivo non dovrebbe distare più di 350 m dall'alimentatore.
- La somma complessiva di tutti i collegamenti che costituiscono la linea KNX non deve superare i 1000 m e, due dispositivi, non dovrebbero distare tra loro più di 700 m.
- È possibile collegare fino a 2 alimentatori KNX sulla stessa linea. Gli alimentatori devono essere identici e la distanza minima tra gli stessi deve essere verificata con il costruttore.

Ad una Linea KNX è attribuito, necessariamente, un indirizzo di sottorete (SNA - Sub-Network Address), costituito da 2 cifre da 4 bit ($2^4=16 \rightarrow$ quindi da 0 a 15), dove:

- La prima cifra indica l'indirizzo di Area
- La seconda cifra indica l'indirizzo della Linea

Conseguentemente ciascun dispositivo KNX, connesso ad una Linea, presenterà un indirizzo KNX costituito dall'indirizzo di sottorete seguito dall'indirizzo del dispositivo che, essendo espresso con 1 byte (8 bit) arriva fino a 255. Ogni dispositivo KNX deve avere il suo indirizzo individuale ed ovviamente non possono esserci due dispositivi con lo stesso indirizzo.

Ad esempio, i dispositivi connessi alla Linea 1.1 (Area 1, Linea 1) avranno come indirizzo individuale 1.1.1, 1.1.2, ecc.

“

Quando si progetta la topologia delle reti KNX bisogna trovare la giusta soluzione per adattare la struttura dell'impianto alla realtà architettonica

(60) Lo Standard KNX prevede due distinte soluzioni di topologia dipendenti dal tipo di circuito di collegamento al bus (BCU, Bus Coupling Unit). I dispositivi equipaggiati con BCU TP1-64 possono essere connessi in un numero non superiore a 64 e per utilizzare l'intero spazio di indirizzamento è necessario realizzare delle estensioni mediante l'uso di Repeater. Se si utilizzano dispositivi con BCU TP1-256 si possono invece collegare fino a 256 dispositivi in un unico segmento. Naturalmente deve essere verificato l'assorbimento complessivo di tutti i dispositivi KNX alimentati dal Bus che non deve superare la corrente nominale dell'alimentatore (o degli alimentatori) presenti nella linea.

(61) Le linee KNX costituiscono circuiti SELV (se correttamente messi in opera dall'installatore) per cui non richiedono ulteriori misure di protezione nei confronti dei contatti diretti ed indiretti.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Più linee KNX, fino ad un massimo di 15, possono poi essere tra loro interconnesse mediante Accoppiatori di linea ad una Linea Dorsale, andando a formare una "Area KNX". La Linea Dorsale ha sempre l'indirizzo di Linea pari a 0 ed è anch'essa una Linea KNX alla quale si possono collegare sino a 256 dispositivi.

Gli accoppiatori KNX assicurano l'instradamento dei messaggi nei vari segmenti dell'impianto consentendo la comunicazione tra tutti i dispositivi installati. Agli Accoppiatori KNX è sempre attribuito l'indirizzo individuale 0. Indicativamente, un'Area KNX può contenere circa $16 \times 256 = 4096$ dispositivi KNX.

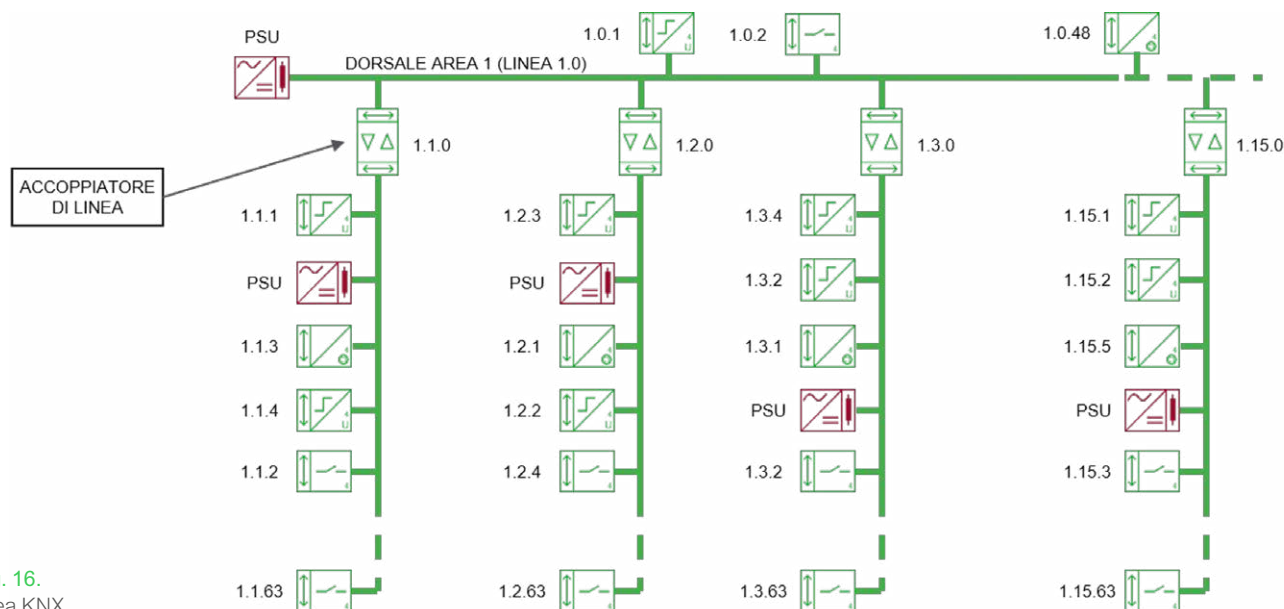


Fig. 16.
Area KNX

Più Aree KNX, fino ad un massimo di 15⁽⁶²⁾, possono poi essere tra loro interconnesse, mediante Accoppiatori di area, ad una Dorsale principale consentendo di raggiungere un numero complessivo teorico di 65.536 dispositivi. Se si considera che ciascun gateway KNX/DALI, che di fatto è un singolo dispositivo KNX in grado di controllare fino a 64 apparecchi illuminanti, si può immaginare come anche solo una linea KNX è da sola in grado di gestire un'installazione comprendente diverse decine tra sensori e pulsanti e centinaia o migliaia di apparecchi illuminanti.

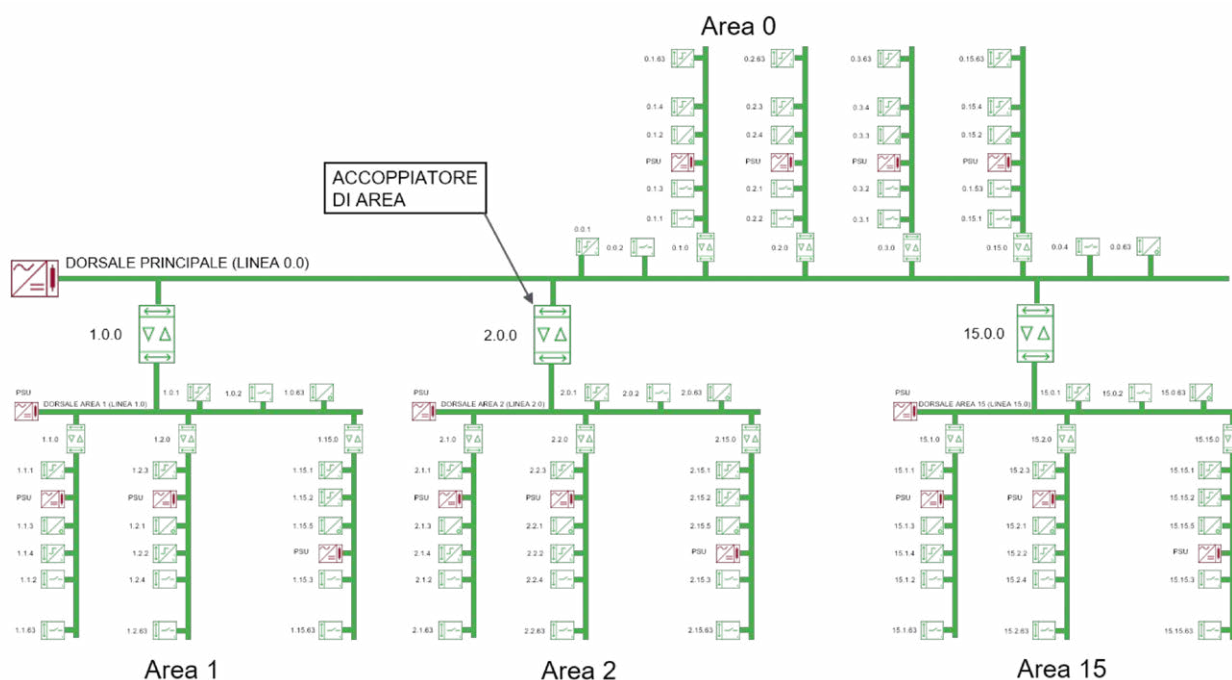


Fig. 17.
Network KNX

(62) In realtà è possibile realizzare fino a 16 Aree KNX collegando ulteriori 15 Linee alla dorsale principale che vanno a formare l'Area 0 (Ved. Fig. 17)

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Uno dei fattori che ha contribuito maggiormente alla diffusione dei sistemi KNX è l'interoperabilità che questa tecnologia garantisce anche tra dispositivi di costruttori diversi. Un termostato del costruttore A può certamente controllare un attuatore valvole del costruttore B. Questa prestazione è garantita non solo dall'adozione dello stesso protocollo di comunicazione da parte dei due dispositivi ma dal fatto che lo Standard KNX definisce nel dettaglio le funzionalità minime garantite per entrambi i dispositivi, sensore ed attuatore, definendo anche come i dati che questi dispositivi si scambiano devono essere codificati. Un valore di temperatura sarà quindi sempre codificato allo stesso modo, indipendentemente dal fatto che a generarlo sia una sonda meteo piuttosto che un termostato ambiente.

Questa standardizzazione delle informazioni consente quindi ai sensori di luminosità di controllare qualsiasi tipo di attuatore per illuminazione, attuatore di commutazione, dimmer analogico o anche ovviamente un Gateway KNX/DALI, dispositivo più complesso ma sempre conforme a questa standardizzazione.



Questo approccio ha consentito nel tempo lo sviluppo di un considerevole numero di dispositivi e soluzioni per tutte le applicazioni sia residenziali e sia per gli edifici commerciali, stimolato i costruttori nello sviluppo di dispositivi sempre più completi e performanti, capaci di implementare soluzioni di controllo complesse ed affidabili. E questa innovazione è un fattore di costante crescita del mercato.

Un secondo aspetto, quello legato al mantenimento della compatibilità temporale, assicura un ulteriore ma fondamentale vantaggio. I sensori utilizzati per il controllo dell'illuminazione sono oggi dei dispositivi molto più performanti di quelli commercializzati nel passato, sono dotati di algoritmi di controllo più versatili, parametri di funzionamento che ne consentono l'impiego anche per applicazioni particolari. Nei sistemi KNX è possibile sostituire dispositivi esistenti con nuove versioni capaci di migliorare il funzionamento del sistema senza dover modificare il resto dell'impianto. Questo vuole anche dire che i sensori o gli attuatori che utilizziamo oggi potremo in futuro di sostituirli, magari anche solo in alcuni locali, con nuovi modelli che vedranno la luce nei prossimi anni e saranno capaci di funzionalità oggi non disponibili. Questo aspetto assicura un valore all'investimento iniziale. La costruzione dell'infrastruttura di comunicazione digitale all'interno del fabbricato rappresenta un valore aggiunto che si mantiene nel tempo.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale



Fig. 18.
Logo DiiA

DALI Digital Addressable Lighting Interface

La tecnologia DALI introduce il digitale nel mondo dell'illuminazione, arricchendo di funzionalità un semplice dispositivo come un apparecchio illuminante.

Oltre al suo comando si rende possibile uno scambio di informazioni dettagliate sul suo stato di funzionamento, sulla presenza di guasti o anomalie. Gli apparecchi illuminanti diventano dispositivi "configurabili" nel senso che espongono una serie di parametri impostabili dal System Integrator in modo che questo si comporti nel modo voluto (es. livelli minimo e massimo del flusso luminoso, velocità di regolazione del flusso, curva o andamento della variazione del flusso, ecc.).

Inizialmente questa tecnologia viene sviluppata in sede alla ZVEI⁶³ dove venne costituito il Gruppo di lavoro DALI-AG per poi passare, nel 2017, alla DiiA - Digital Illumination Interface Alliance, di cui fanno parte oggi i principali costruttori di componenti per l'illuminazione.

Da settembre 2020 l'associazione DiiA adotta la denominazione "DALI Alliance" per tutte le attività di comunicazione e promozione della tecnologia DALI verso il mercato

Standard IEC 62386

Anche la tecnologia DALI è stata recepita come standard normativo. La prima edizione della Norma IEC 62386 – *Digital Addressable Lighting Interface* è stata pubblicata a partire dal 2009, anche se le prime specifiche relative ai reattori elettronici per tubi fluorescenti risalgono al 2001.⁶⁴

Gli elementi costitutivi di questa tecnologia sono riassunti nell'art. 4.1 della prima edizione della norma, evidenziando aspetti e caratteristiche quali:

- Standard normativo aperto;
- Interoperabilità tra dispositivi di costruttori diversi;
- Tecnologia specifica per il mondo dell'illuminazione e pensata per essere controllata, ponendosi al di sotto del livello dei sistemi di gestione dell'edificio.

Nel 2014 ha avuto inizio la pubblicazione della seconda edizione, denominata in genere DALI 2, che introduce una significativa evoluzione tecnologica dello standard DALI:

- Innanzi tutto, la nuova versione assicura la piena compatibilità con gli apparecchi esistenti, realizzati secondo la prima edizione della norma.
- Viene introdotta l'architettura "Multimaster" che consente l'inserimento in un sistema DALI di più dispositivi Master in grado di inviare simultaneamente messaggi.
- Vengono definiti gli standard funzionali relativi ai dispositivi di controllo (pulsanti, sensori, ecc.).
- L'elenco di comandi DALI si arricchisce ulteriormente con alcune nuove funzionalità (es. Extended Fade Time);
- Vengono ulteriormente ampliate le funzionalità implementate dagli apparecchi illuminanti, con la definizione di nuovi ed innovativi Device Type.



IEC 62386-101 – Art. 4.1

Scopo

La normalizzazione dell'interfaccia di controllo per il controllo mediante segnali digitali delle unità di alimentazione elettroniche di illuminazione consente il raggiungimento dell'interoperabilità con i sistemi forniti da costruttori diversi tra l'unità di alimentazione elettronica e i dispositivi di controllo per illuminazione, al di sotto del livello dei sistemi di gestione dell'edificio.

(63) ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.- Associazione tedesca dei costruttori di materiale elettrico ed elettronico.

(64) Allegato E alla Norma EN60929

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Nei prossimi capitoli vedremo come questa evoluzione apre la strada a nuove architetture funzionali fino ad ora non realizzabili aumentando la versatilità di questa tecnologia.

Lo Standard IEC 62386 è suddiviso in una serie di parti:

Parte 101: Requisiti di base: contiene le specifiche generali e comuni a tutti i dispositivi, la definizione del layer fisico con i valori di tensione, la codifica delle informazioni, ecc. Questa parte viene completata dalla **Parte 104**, relativa all'uso di mezzi di comunicazione diversi dal doppino (es. radio frequenza, bluetooth o reti IP) e dalla **Parte 105** che introduce la possibilità di aggiornare il firmware di un dispositivo DALI.

Parte 102: Contiene i requisiti generali per i dispositivi di controllo delle sorgenti luminose, quindi reattori, driver, ecc. e definisce l'insieme dei comandi e delle istruzioni che possono essere inviati ad un apparecchio illuminante.

Parte 103: Introdotta con la versione 2 dello standard, questa parte contiene i requisiti e le specifiche comuni a tutti i dispositivi di comando e controllo, quindi pulsanti e sensori, definendo le funzionalità dell'Application controller ed una nuova tipologia di messaggi che viene utilizzata da questa categoria di dispositivi.

250 Integrated Power Supply	251 Memory Bank extensions	252 Energy Reporting	253 Diagnostic & Maintenance				
224 Integrated Light Source	225 Colour Tc	226 Colour x,y					
220 Central Emergency	221 Load shedding	222 Thermal lamp information	223 Light compens. over time				
216 Load referencing	217 Thermal Gear Protection	218 Dimming curves	219 Power measurement				
209 Colour control				333 Manual Config.	3xx Other Devices		
202 Emergency (Ed. 1)							
206 1-10V Conv.	207 LED	208 Switching		305 Colour Sensor	306 Remote interface	307 Relative input devices	332 Feedback
201 Fluorescent	203 HID	204 Halogen	205 Incandescent	301 Push Buttons	302 Absolute Input Device	303 Occupancy Sensor	304 Light Sensor
102 (Ed. 2) CONTROL GEAR				103 CONTROL DEVICES			
105 - FIRMWARE UPDATE							
104 - WIRELESS DEVICES							
Part 101 (Ed. 2) - BASIC SYSTEM							

Fig. 19. Struttura dello Standard IEC 62386 (le parti in grigio devono ancora essere pubblicate)

Lo Standard si completa con ulteriori parti contenenti prescrizioni particolari applicabili a specifiche tipologie di dispositivi o relative a funzionalità particolari che, come vedremo nel seguito, vengono definite Device Type.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Certificazione del prodotto DALI



I dispositivi realizzati in conformità alla prima edizione dello Standard DALI erano soggetti ad una sorta di autocertificazione da parte del produttore stesso. Le procedure di test e verifica erano contenute nello standard ma non erano previste verifiche da parte di enti terzi. Questo ha portato nel tempo ad alcuni problemi di compatibilità quando magari il dispositivo non supportava correttamente l'intero set di comandi.

Con la pubblicazione della seconda edizione dello Standard, ed in particolare con l'affidamento della gestione all'associazione DiiA, i prodotti DALI 2 sono soggetti ad una certificazione di conformità del prodotto che prevede una verifica dei risultati dei test da parte della DiiA, rendendo possibile anche l'uso di laboratori esterni accreditati. Questa procedura assicura la piena e totale conformità dei dispositivi ma, per contro, comporta un processo di certificazione più lungo ed articolato. I dispositivi che superano il processo di certificazione possono essere marchiati con il nuovo logo DALI 2 e vengono inseriti in un database di prodotti certificati consultabile sul sito internet dell'associazione (www.digitalilluminationinterface.org).

A

Architetture DALI

Un sistema DALI presenta un'architettura funzionale basata sul paradigma di comunicazione Master/Slave. Un solo dispositivo, il Master, può iniziare una comunicazione sul bus. I dispositivi Slave ricevono ed eseguono i comandi inviati dal Master e, se previsto, possono rispondere ad una richiesta del Master con un messaggio che in genere indica uno stato o condizione del dispositivo Slave. In nessun caso un dispositivo Slave può iniziare autonomamente una comunicazione.

I messaggi inviati dal Master vengono chiamati **Forward Frame** (FF) e sono costituiti da 2 byte (16 bit). I messaggi di risposta che un dispositivo Slave può inviare, se interrogato, si chiamano **Backward Frame** (BF) e sono costituiti da un solo byte (8 bit).

Questa architettura (ved. Fig. 20) è alla base della prima versione dello Standard IEC 62386 ed è la modalità che caratterizza il funzionamento di tutti i sistemi DALI.

Il sistema deve inoltre essere dotato di un alimentatore DALI in grado di fornire l'alimentazione ai dispositivi connessi e generare la tensione continua (c.ca 16 V_{DC}) utilizzata per la codifica del segnale. L'alimentatore può essere costituito da un dispositivo specifico o essere inglobato all'interno di un apparecchio, ad esempio il controllore Master.

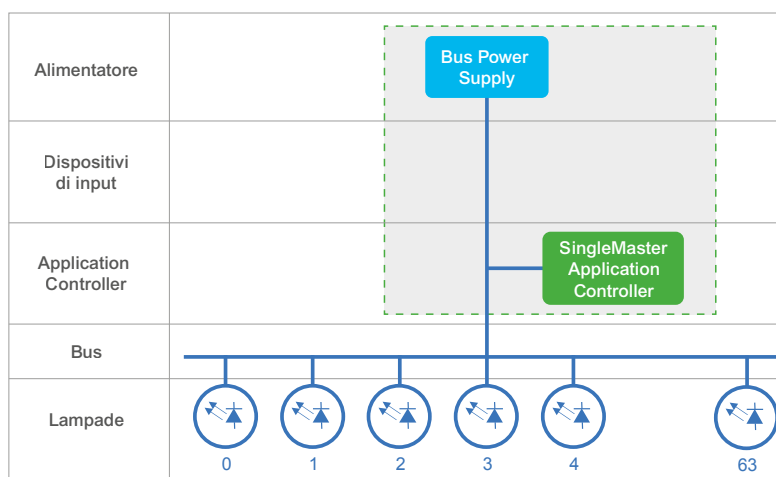


Fig. 20.
Architettura DALI
tradizionale

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

A

Ad un sistema DALI possono essere connessi fino a 64 dispositivi Slave che, ovviamente, saranno costituiti dagli apparecchi illuminanti. Il limite di 64 apparecchi è determinato dallo spazio di indirizzamento previsto dal protocollo che, essendo costituito da 6 bit, consente solo $2^6 = 64$ indirizzi (dall'indirizzo 0 al 63).

Originariamente non era previsto il supporto per dispositivi di comando come sensori o pulsanti che, se presenti, comunicano direttamente con il dispositivo Master senza essere connessi al Bus DALI, oppure possono essere connessi al Bus ma utilizzano soluzioni proprietarie che alcuni costruttori hanno sviluppato per gestire la comunicazione⁶⁵.

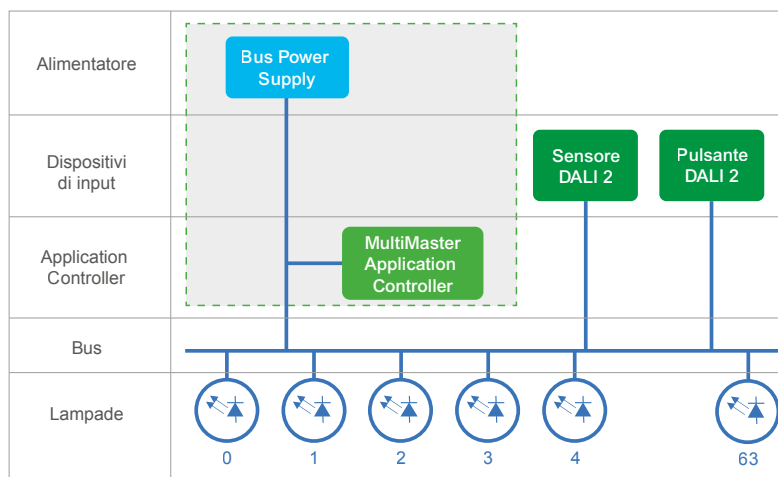


Fig. 21.
Architettura DALI2

La seconda versione dello Standard IEC 62386 va a normare l'utilizzo dei dispositivi di comando (*control devices*), introducendo alcune importanti modifiche al protocollo DALI:

1. il funzionamento del circuito *Multi master transmitter* capace di inviare comandi sul Bus DALI evitando collisioni;
2. la funzione di *Application controller* che tra i vari compiti dovrà gestire la comunicazione tra i pulsanti/sensori e gli apparecchi illuminanti;
3. le caratteristiche del messaggio inviato dai dispositivi di comando (FF) che è costituito da 3 byte (24 bit).
4. Il flusso delle comunicazioni che prevede ad esempio che un pulsante non può comunicare direttamente con le lampade ma il suo messaggio deve essere inviato all'*Application Controller* che provvederà successivamente ad inoltrarlo ai dispositivi Slave.

“

La seconda versione dello Standard IEC 62386 va a normare l'utilizzo dei dispositivi di comando (*control devices*), introducendo il funzionamento del circuito Multi master transmitter capace di inviare comandi sul Bus DALI evitando collisioni.

(65) In un sistema Master/Slave il dispositivo Master, essendo l'unico autorizzato a comunicare sul Bus, non deve preoccuparsi di controllare se il Bus è occupato da altri messaggi. Se si vuole che più dispositivi possano iniziare una comunicazione (Multi Master) è necessario che questi controllino il bus prima di iniziare a trasmettere per evitare collisioni dovute a più messaggi che vengono inviati simultaneamente.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

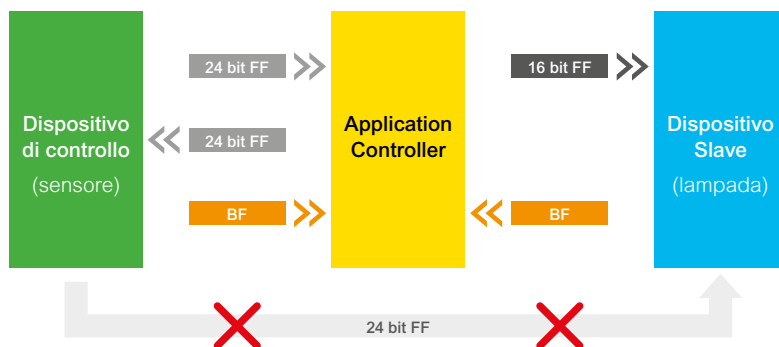


Fig. 22.
Flusso dei messaggi
in un sistema DALI 2

Questa evoluzione del protocollo DALI rappresenta un cambio significativo, capace di ampliare sostanzialmente le potenzialità di questa tecnologia.

La seconda versione dello standard evita inoltre problemi di compatibilità tra i nuovi dispositivi DALI e quelli costruiti in conformità alla prima versione anche se va tenuto conto che le due architetture non sono compatibili.

	DALI 1 Single Master System	DALI 2 Single Master System	DALI 2 Multi Master System
Lampade DALI 1	● (1)	● (4)	●
Dispositivi di controllo DALI 1	● (1)	● (5)	✗
Lampade DALI 2	● (2)	●	●
Single Master Controller DALI 2	● (3)	●	✗
Multi Master Controller DALI 2	● (3)	●	●
Alimentatore DALI 1	●	●	✗
Alimentatore DALI 2	●	●	●

- (1) Possibili problemi dovuti al diverso timing del segnale
- (2) Possibili problemi dovuti al diverso timing del segnale o quando vengono utilizzati i banchi di memoria.
- (3) Il sistema si comporta come V2 Single Master (ma vengono usati solo i comandi della V1)
- (4) Possibili problemi dovuti al diverso timing del segnale. I comandi V2 vengono ignorati.
- (5) Il sistema si comporta come V1.

Tabella A-14 - Limiti di compatibilità delle architetture DALI

In ogni caso viene garantita la compatibilità con gli apparecchi illuminanti preesistenti, conformi alla prima versione dello Standard che potranno quindi essere controllati dai nuovi sensori DALI2.

Indirizzi DALI, Gruppi e Scene

Durante la procedura di configurazione iniziale, l'Application controller rileva gli apparecchi illuminanti connessi al bus DALI ed assegna ad ognuno di loro un indirizzo individuale (Short Address) compreso tra 0 e 63. Una volta assegnato l'indirizzo, l'Application controller sarà in grado di comunicare con ciascun apparecchio sia per la sua configurazione ma soprattutto poi per il suo controllo nel normale funzionamento dell'impianto di illuminazione.

Un aspetto che ha reso da subito estremamente utile il protocollo DALI è la possibilità di organizzare gli apparecchi illuminanti in gruppi consentendo poi di controllarli insieme. Ad esempio, gli apparecchi illuminanti all'interno di un locale possono essere tra loro raggruppati e controllati insieme con un singolo comando.

In un segmento DALI possono essere definiti fino a 16 diversi gruppi e ciascun apparecchio illuminante può appartenere simultaneamente a più gruppi DALI.

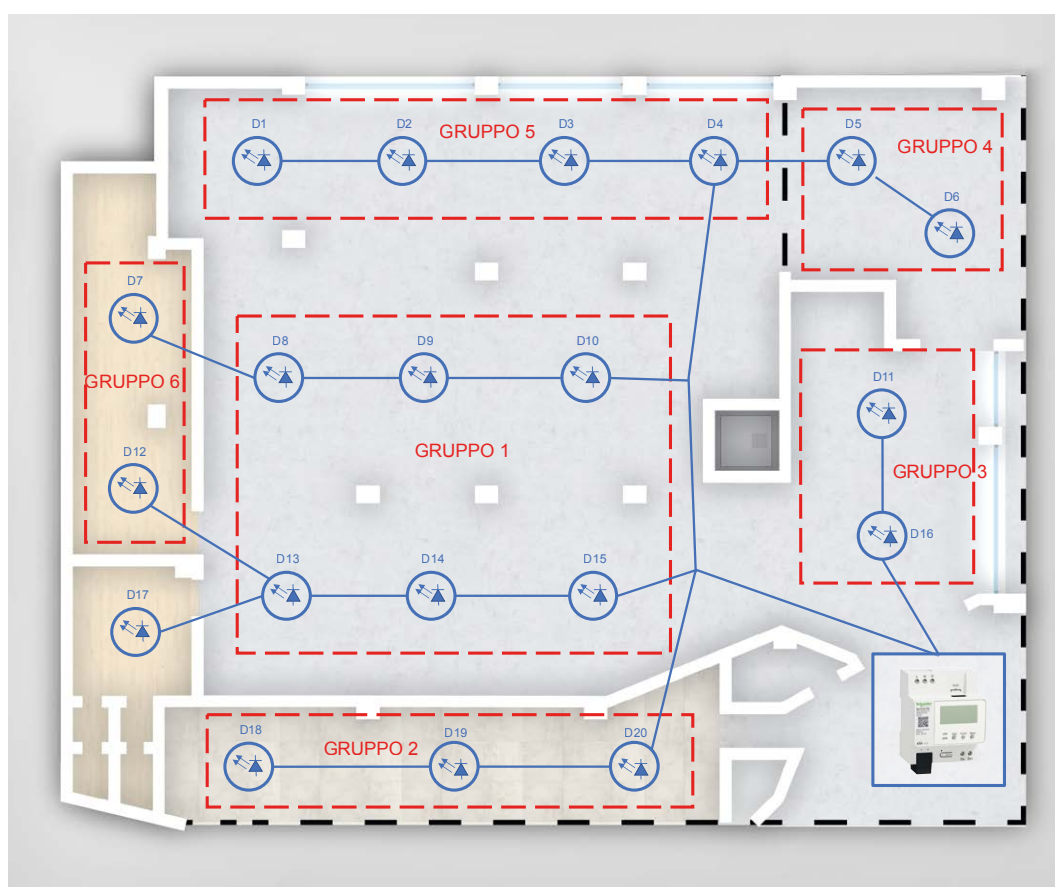


Fig. 23.
Architettura DALI
con divisione in gruppi

Oltre al controllo mediante gruppi, ciascun apparecchio illuminante può fare parte di uno o più scenari luminosi (massimo 16).

Riassumendo, il comando di una sorgente luminosa può quindi essere effettuato mediante:

- Comando singolo, inviato allo Short Address di un apparecchio;
- Comando di gruppo
- Richiamo di uno scenario

L'organizzazione dei gruppi di controllo e degli scenari può essere modificata in qualsiasi momento consentendo di adattare il funzionamento dell'impianto alle modifiche architettoniche o di layout che inevitabilmente si determinano durante l'uso di un fabbricato. Queste modifiche non richiedono in alcun modo di accedere fisicamente alle lampade ma vengono gestite via software.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Comandi DALI

Il protocollo DALI utilizza messaggi da 2 bytes (16 bit) dove il primo byte (Address Byte) viene utilizzato per indirizzare il messaggio ad una o più lampade mentre il secondo byte (Data Byte) contiene in genere un comando, un'azione che il dispositivo Master richiede venga eseguita dalle lampade.

Sin dalla prima edizione dello Standard, gli apparecchi DALI supportano un Set di circa 200 comandi, organizzati per tipologia e numerati progressivamente come riportato in Tabella.

# Comando	Funzione
Da 0 a 31	Controllo del flusso luminoso della lampada
Da 32 a 143	Configurazione
Da 144 a 223	Informazioni di stato
Da 224 a 255	Comandi relativi ad estensioni applicative (Device Type)
Da 256 a 276	Comandi speciali

Nel primo raggruppamento troviamo i diversi comandi con cui si può controllare il flusso luminoso nel normale funzionamento dell'impianto e comprendono i comandi di On, Off, e di regolazione o dimming.

I comandi di configurazione consentono di impostare i parametri dell'apparecchio illuminante che comprendono, ad esempio:

- Min Level
- Max Level
- System failure level
- Power On level
- Fade Time e Fade Rate

È quindi possibile modificare i livelli massimo e minimo di emissione del flusso luminoso dell'apparecchio così come impostare lo stato della lampada in caso di guasto sul bus DALI (default 100%). Anche la velocità con cui l'apparecchio raggiunge il livello di flusso voluto è un elemento modificabile con i parametri di Fade Time e Fade Rate. Queste impostazioni consentono di adattare il funzionamento dell'impianto senza dover ricorrere a comandi specifici di controllo. Ad esempio, in un'area produttiva gli apparecchi che vengono a trovarsi in corrispondenza di zone di passaggio dove è richiesto un livello di illuminamento inferiore possono essere regolati con un diverso valore del parametro Max Level (es. 70%) e continuare ad essere comandati insieme a tutti gli altri apparecchi, senza rendere necessario creare due raggruppamenti da comandare separatamente.

Le informazioni di stato (comandi dal 144 al 223) consentono di interrogare un apparecchio illuminante e ricevere informazioni su un dato valore, ad esempio per ciascun dei parametri impostabili è disponibile il corrispondente comando di interrogazione per conoscerne il valore attuale. In questa categoria troviamo poi i comandi di interrogazione dello stato del driver e quindi informazioni specifiche sulla presenza di guasti o anomalie di funzionamento.

I comandi dal 224 al 255 sono comandi relativi ad estensioni applicative e sono descritti nel dettaglio nel Capitolo Application Extended Commands.

L'ultima categoria di comandi, quelli compresi tra il 256 ed il 276, contiene una serie di comandi speciali utilizzati nelle fasi di configurazione iniziale del sistema, ad esempio per assegnare l'indirizzo individuale a ciascun apparecchio illuminante.

A

Memoria interna al dispositivo DALI

Tutti gli alimentatori ed i driver LED DALI sono dotati di una memoria interna costituita da 256 banchi da 256 kb ciascuno. Lo standard IEC 62386 definisce e vincola il contenuto dei primi due: il Banco 0, a disposizione del costruttore del driver per inserire informazioni di identificazione del prodotto, ed il Banco 1, destinato invece al costruttore dell'apparecchio illuminante anche in questo caso con informazioni di identificazione della lampada.

Alcuni banchi di memoria sono riservati (dal 200 al 255) per applicazioni specifiche⁶⁶ mentre gli altri sono liberamente utilizzabili dal software a bordo del driver come memoria temporanea o permanente.

La memoria di un apparecchio illuminante DALI è facilmente consultabile utilizzando il comando 197 Read Memory Location, indicando il numero di banco e l'indirizzo da leggere, anche se è necessario disporre della mappatura delle informazioni memorizzate per conoscere il significato del valore che si sta leggendo.

Bank	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0xFF
Bank 0	00000000	10011100	01101101	00001100	11111111	00111001	00001100
Bank 1	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100	01101101		10011100
Bank 2	10011100	01101101	10011100	01101101	00001100	11111111		01101101
Bank 3	01101101	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100		00001100
....
Bank 255	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100	01101101	11111111

Tabella A-15 – Banchi di memoria in un reattore DALI

La possibilità di inserire all'interno della memoria di ciascun apparecchio illuminante informazioni e dati relativi all'apparecchio stesso o relativi al suo funzionamento apre le porte verso nuove applicazioni che, mediante l'analisi di questi dati, consente una gestione evoluta ed efficiente degli impianti di illuminazione.

(66) Nel capitolo A-3 Device Types si vedrà come alcuni di questi banchi di memoria sono stati utilizzati nell'ambito dei Device Type DT51 e DT52.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Device Types⁶⁷

La tecnologia DALI nasce inizialmente per definire il controllo del flusso luminoso delle sorgenti fluorescenti. Successivamente e gradualmente lo Standard va a coprire anche altri dispositivi e diverse tipologie di sorgenti luminose che, inevitabilmente, presentano delle differenze funzionali intrinseche rendendo necessario definire comandi specifici. Queste estensioni funzionali o applicative vengono definite "Device Type" e, per ognuna di esse, viene pubblicata una parte specifica dello Standard IEC 62386. Ad esempio, per quanto riguarda le sorgenti luminose a LED (DT6) è stata pubblicata la parte 207 dello Standard.

Oltre a coprire le particolarità delle diverse tipologie di sorgenti luminose, lo standard DALI ha esteso le specifiche anche verso aspetti funzionali dell'illuminazione, come ad esempio il controllo del colore (DT8) o il controllo delle lampade di emergenza (DT1).

Device Type	Device/Application	Standard
DT0	Fluorescent lamps	IEC 62386-201
DT1	Emergency lighting	IEC 62386-202
DT2	Discharge lamps	IEC 62386-203
DT3	Low voltage halogen lamps	IEC 62386-204
DT4	Supply voltage controller for incandescent lamps	IEC 62386-205
DT5	Conversion from digital signal into d.c. voltage	IEC 62386-206
DT6	LED Modules	IEC 62386-207
DT7	Switching function	IEC 62386-208
DT8	Colour control	IEC 62386-209
DT9	Sequencer	IEC 62386-210
DT15	Load referencing	IEC 62386-216
DT16	Thermal gear protection	IEC 62386-217
DT17	Dimming curve selection	IEC 62386-218
DT19	Centrally supplied DC Emergency Operation	IEC 62386-220
DT20	Demand Response	IEC 62386-221
DT21	Thermal lamp protection	IEC 62386-222
DT22	Light-output compensation over lifetime (Draft)	IEC 62386-223
DT23	Integrated light source	IEC 62386-224
DT24	Colour Tc (Draft)	IEC 62386-225
DT25	Colour x,y (Draft)	IEC 62386-226

Tabella A-16 – Device Type definiti in ambito normativo

Le caratteristiche di alcuni Device Type di uso comune vengono approfondite nei prossimi capitoli.

(67) Le funzionalità previste da alcuni dei più recenti Device Type approvati in ambito normativo erano e sono già disponibili come funzioni aggiuntive (non previste dalla prima edizione dello standard DALI), che alcuni costruttori hanno introdotto in passato sui propri prodotti. Questi nuovi Device Type, essendo pubblicati come estensioni dello Standard DALI2 sono soggetti al processo di certificazione che, in alcuni casi, deve ancora essere definito in sede alla Diia. Conseguentemente si comprende come questi DT non siano oggi ufficialmente disponibili in quanto non ancora certificabili. In questi casi si può richiedere al costruttore del Driver se le funzionalità aggiuntive sono corrispondenti a quelle previste dallo standard.

Application Extended Commands

I Comandi DALI compresi tra il n. 224 ed il 255 (32 comandi) vengono definiti Application Extended Commands e, come si può intendere dal nome, costituiscono delle estensioni legate a specifiche applicazioni. Ciascun Device Type (DT) ha i propri Application Extended Commands che in genere implementano funzionalità proprie e specifiche di una particolare applicazione o sono relativi ad esempio ad una particolare tipologia di sorgente luminosa.

Per poter utilizzare gli Application Extended Commands, il dispositivo di controllo invia prima il comando 272 (Enable Device Type n.), seguito in successione da un Application Extended Command. Il comando 272 è un comando broadcast, quindi inviato a tutti gli apparecchi che, se supportano questo DT, si predispongono per ricevere un comando. Il secondo comando viene inviato ad un singolo apparecchio o ad un gruppo in modo che venga eseguito solo da quelli che si vuole ed il dispositivo eseguirà il comando facente parte del DT richiamato dal comando 272.

Facciamo un esempio, in un edificio sono presenti 40 apparecchi illuminanti di cui 4 dotati di sorgente a LED RGB che implementano quindi il Device Type 8 (DT8).

Per modificare il colore di una di queste 4 lampade RGB è necessario prima inviare il comando 272 a valore 8 (Abilita Device Type 8), comando broadcast che viene inviato a tutti gli apparecchi illuminanti ma che sarà interpretato ed eseguito soltanto dalle quattro lampade RGB che si predispongono per ricevere un Application Extended Command relativo alla gestione del colore.

Successivamente viene inviato ad esempio il comando 235 (Set Temporary RGB Dim Level), contenente l'informazione di controllo, ma questo secondo messaggio viene indirizzato ad un solo apparecchio utilizzando il suo Short Address.

Questa modalità consente quindi di interagire con impianti in cui sono presenti apparecchi illuminanti con funzionalità diverse considerando inoltre che un apparecchio DALI può supportare più Device Type simultaneamente.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

DT1 - Self-Contained Emergency Lighting



DT1

La parte 202 dello standard IEC 62386, pubblicata a giugno del 2009, è la prima tipologia di Device Type che, anzi che riferirsi ad una particolare sorgente luminosa, è relativa ad una applicazione caratterizzata dalle sue specifiche funzionalità. In questo caso il DT1 riguarda gli apparecchi illuminanti di emergenza con batterie autonome.

Gli apparecchi illuminanti dotati di driver DT1 possono quindi eseguire comandi specifici per questo tipo di impianti (es. modificare il modo operativo, da Normal Mode a Rest Mode (cmd. 224) o Inhibit Mode (cmd. 225), ecc.), eseguire i test funzionali (cmd. 227) o di autonomia (cmd.228). Analogamente questi apparecchi sono in grado di comunicare, se interrogati ciclicamente con gli appositi comandi, tutte le informazioni sul corretto stato di funzionamento, la presenza di anomalie e l'esito dei test.

A

IEC 62386 – Part 202 – Self-Contained Emergency Lighting (Device Type 1)			
#	Application Extended Command	#	Application Extended Command
224	REST Mode	240	Start Identification
225	INHIBIT Mode	241	Query Battery charge
226	RE-LIGHT/RESET INHIBIT	242	Query Test timing
227	Start Functional Test	243	Query Duration Test result
228	Start Duration Test	244	Query Lamp Emergency time
229	Stop Test	245	Query Lamp Total Operation time
230	Reset Functional Test done flag	246	Query Emergency level
231	Reset Duration Test done flag	247	Query Emergency Minimum level
232	Reset Lamp time	248	Query Emergency Maximum level
233	Store DTR as Emergency Level	249	Query Rated duration
234	Store Test delay time (HB)	250	Query Emergency mode
235	Store Test delay time (LB)	251	Query Features
236	Store Functional Test interval	252	Query Failure status
237	Store Duration Test interval	253	Query Emergency status
238	Store Test execution timeout	254	Perform DTR selected function
239	Store Prolong time	255	Query Extended version number

Va evidenziato che questi apparecchi illuminanti utilizzano il medesimo bus di comunicazione che viene realizzato per il controllo dell'illuminazione ordinaria e non richiedono un collegamento dedicato, semplificando in modo considerevole il cablaggio dell'edificio.

Nel capitolo B.5 verranno approfonditi i diversi aspetti della realizzazione di impianti di illuminazione di sicurezza con tecnologia DALI.

DT19 - Lampade per sistemi di illuminazione di emergenza centralizzati



DT19

Nei sistemi di illuminazione di emergenza centralizzati l'apparecchio illuminante è costituito da una normale lampada, per costruzione conforme alla Norma EN60598-2-22, alimentata da un circuito di sicurezza.

Il soccorritore provvede autonomamente a tutte le funzionalità dell'impianto, compresi i test di funzionamento e di autonomia, durante i quali gli apparecchi illuminanti devono essere mantenuti accesi. Lo stesso deve avvenire in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria, tutti gli apparecchi connessi all'impianto di emergenza devono essere accesi. Sorge quindi il problema di comunicare con questi apparecchi affinché siano a conoscenza che l'energia che ricevono proviene dalle batterie e non dalla rete, o piuttosto che è in corso un test dell'impianto.

Gli apparecchi illuminanti equipaggiati con alimentatori DALI DT19 sono in grado di assicurare questo funzionamento in quanto utilizzano:

- La commutazione dell'alimentazione elettrica da corrente alternata (condizione normale) a corrente continua (impianto alimentato sotto batterie), oppure
- Il venir meno della tensione ai capi del morsetto di collegamento del bus DALI.

come condizione discriminante dello stato di funzionamento del sistema.

Ovviamente si utilizza il primo caso quando il soccorritore effettua la commutazione in corrente continua ed il secondo caso quando, essendo l'alimentazione sempre in alternata, non vi è modo di capire la condizione operativa dell'impianto.

Gli Application Extended Commands per questo particolare Device Type (DT19) prevedono le istruzioni per configurare l'apparecchio illuminante ed impostare quale modalità di rilevazione della condizione operativa utilizzare (Cmd 225-226). È anche possibile impostare un livello di emissione luminosa che l'apparecchio deve utilizzare durante l'emergenza (Cmd 224) o durante i Test (Cmd 227).

Come sempre sono poi disponibili i comandi per interrogare l'apparecchio e verificarne la configurazione (Cmd 250÷254)

IEC 62386 – Part 220 – Centrally Supplied Emergency Operation (Device Type 19)

#	Application Extended Command	#	Application Extended Command
224	Set Emergency level	240	Reserved
225	Set Emergency condition: Supply	241	Reserved
226	Set Emergency condition: Bus	242	Reserved
227	Test Emergency level	243	Reserved
228	Set Emergency parameters lock	244	Reserved
229	Reserved	245	Reserved
230	Reserved	246	Reserved
231	Reserved	247	Reserved
232	Reserved	248	Reserved
233	Reserved	249	Reserved
234	Reserved	250	Query Emergency level
235	Reserved	251	Query Emergency condition: Supply
236	Reserved	252	Query Emergency condition: Bus
237	Reserved	253	Query Emergency physical minimum
238	Reserved	254	Query Emergency status
239	Reserved	255	Query Extended version number

Gli apparecchi illuminanti DALI DT19 possono essere controllati, durante il funzionamento normale, con comandi di accensione/spengimento o di regolazione del flusso, integrandosi ove previsto dal progetto, con l'illuminazione ordinaria. In caso di blackout o test di verifica del sistema, smettono di eseguire i normali comandi DALI e si portano al livello di luminosità configurato.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale



DT6

DT6 - LED

Il Device Type 6 contiene comandi specifici per apparecchi illuminanti dotati di sorgenti luminose a LED. In particolare, viene supportata la modifica della curva di dimming da logaritmica (default) a lineare e la possibilità, per gli apparecchi con sorgente luminosa sostituibile dall'utente, di riconoscere una potenza della lampada diversa da quella impostata dal costruttore con la funzione "Reference System Power".

Gli apparecchi illuminanti equipaggiati con Driver che supportano il DT6 (IEC 62386-207 - Ed. 2.0 - 2018), supportano i seguenti comandi aggiuntivi:

IEC 62386 - Part 207 - LED Modules (Device Type 6)

#	Application Extended Command	#	Application Extended Command
224	Reference System Power	240	Query Features
225	Reserved	241	Query Failure Status
226	Reserved	242	Reserved
227	Select Dimming Curve	243	Reserved
228	Set Fast Fade Time	244	Query Load Decrease
229	Reserved	245	Query Load Increase
230	Reserved	246	Reserved
231	Reserved	247	Query Thermal Shutdown
232	Reserved	248	Query Thermal Overload
233	Reserved	249	Query Reference Running
234	Reserved	250	Query Reference Measurement Failed
235	Reserved	251	Reserved
236	Reserved	252	Reserved
237	Query Control Gear Type	253	Query Fast Fade Time
238	Query Dimming Curve	254	Query Min. Fast Fade Time
239	Reserved	255	Query Extended Version Number

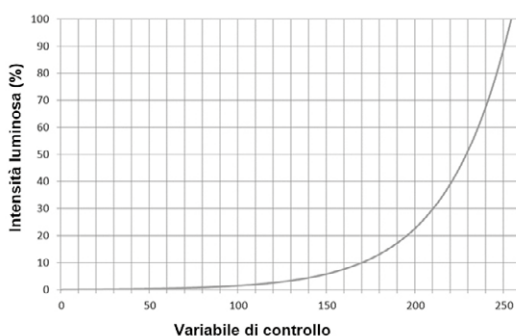


Fig. 24. Curva di dimming Logaritmica

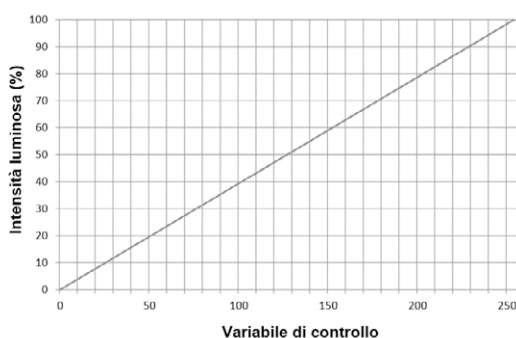


Fig. 25. Curva di dimming Lineare

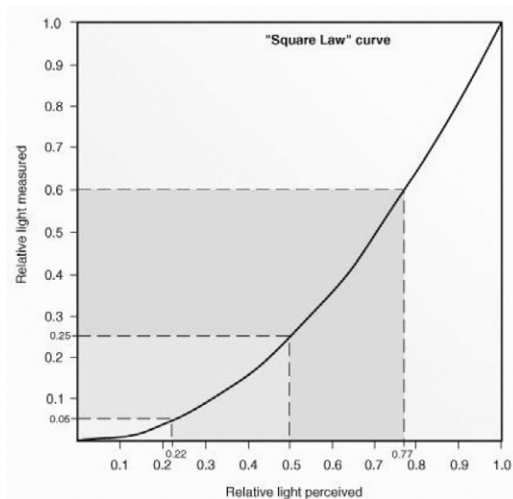


Fig. 26. Curva Square Law

È inoltre prevista la possibilità di implementare funzionalità di protezione termica del Driver e/o della sorgente luminosa limitando il flusso luminoso (thermal overload) o spegnendo la lampada (thermal shutdown).

Nel protocollo DALI viene utilizzata di default una curva di regolazione del flusso luminoso a base logaritmica. Questo perché il nostro occhio non percepisce la variazione di intensità un modo lineare (ved. Fig. 26) e poi le sorgenti luminose tradizionali avevano anch'esse un andamento non propriamente lineare.

Quando si controlla il flusso in modo manuale, ad esempio con una manopola, a fronte di una variazione logaritmica viene percepita una regolazione sostanzialmente lineare e questo rende la modalità di controllo confortevole da parte dell'utilizzatore.

Quando invece la regolazione del flusso luminoso viene effettuata da un sensore l'uso di una curva logaritmica può portare ad un funzionamento non corretto del sistema. Di fatto, con un andamento logaritmico, la risoluzione del comando di dimming diminuisce progressivamente e, a fronte di piccole variazioni percentuali, si determinano importanti variazioni di flusso al punto da rendere instabile il sistema. Allo stesso modo, riducendo il valore di regolazione si entra in una regione dove la riduzione del flusso è molto lenta ed inutilmente precisa.

Negli ambienti in cui vengono utilizzate sorgenti luminose a LED e la regolazione viene fatta in automatico la possibilità di modificare la curva di dimming assicura un funzionamento corretto ed efficace.



3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale



DT8

DT8 - Colour control

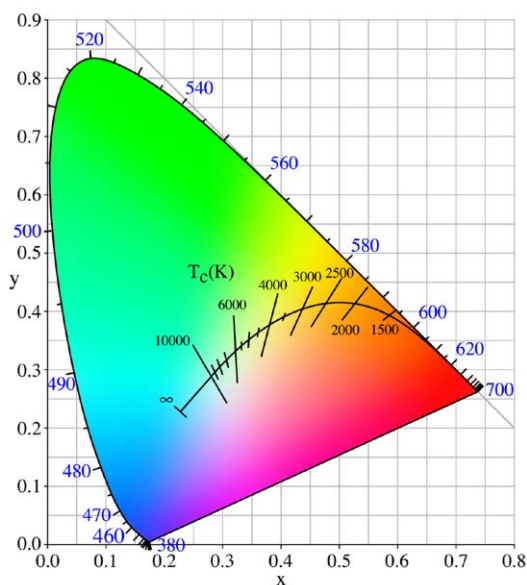
Le moderne installazioni luminose richiedono oggi di poter intervenire anche sulle componenti cromatiche dell'emissione luminosa, sia per applicazioni decorative ma soprattutto per implementare soluzioni nell'ambito della Human Centric Lighting.

Gli apparecchi illuminanti equipaggiati con driver che supportano il Device Type 8 (DT8) sono in grado di ricevere ed eseguire comandi relativi alla correzione del colore della luce emessa dalla sorgente.

La specifica prevede il supporto di quattro diverse modalità per il controllo del colore, denominate "Colour Type"⁽⁶⁸⁾:

- a) Coordinate x,y
- b) Tc Temperatura correlata di colore
- c) RGBWAF
- d) Primary N

I comandi di controllo del colore si sommano ai comandi generali di controllo del flusso luminoso prodotto dall'apparecchio illuminante che continua quindi ad essere regolabile in intensità (oltre che in colore).



IEC 62386 – Part 209 – Colour Control (Device Type 8)

#	Application Extended Command	#	Application Extended Command
224	Set Temporary x-coordinate	240	Store TY Primary N
225	Set Temporary y-coordinate	241	Store xy-coordinate Primary N
226	Activate	242	Store Colour Temperature Tc limit
227	x-coordinate Step Up	243	Store Gear Feature/Status
228	x-coordinate Step Down	244	Reserved
229	y-coordinate Step Up	245	Assign Colour to Linked channel
230	y-coordinate Step Down	246	Start Auto calibration
231	Set Temporary Colour Temperature Tc	247	Query Gear Feature/Status
232	Colour Temperature Tc Step cooler	248	Query Colour status
233	Colour Temperature Tc Step warmer	249	Query Colour Type features
234	Set Temporary Primary N Dim level	250	Query Colour value
235	Set Temporary RGB Dim level	251	Query RGBWAF Control
236	Set Temporary WAF Dim level	252	Query assigned Colour
237	Set Temporary RGBWAF control	253	Reserved
238	Copy Report to Temporary	254	Reserved
239	Reserved	255	Query Extended Version Number

Quando si utilizza il Colour Type x,y la selezione del colore viene espressa con coordinate che fanno riferimento al diagramma cromatico CIE. Entrambi gli assi hanno un range di variazione compreso tra 0,0 e 1,0

Va tenuto in considerazione che l'attuale tecnologia LED non consente una regolazione lineare completa per cui in realtà alcune lunghezze d'onda non sono effettivamente riproducibili.

(68) I Driver DT8 implementano tutti i Colour Type previsti dalla parte 209 dello Standard IEC 62386 ma va considerato che i moduli LED difficilmente possono essere controllati con modalità diverse. Ad esempio, un modulo Tunable White non può produrre luce colorata, quindi non ha nessuna utilità disporre di ColourType x,y o RGB. Conseguentemente le diverse modalità di controllo del colore previste nel DT8 saranno gradualmente trasferite in Device Type specifici. Ad esempio, il Colour Type Tc (temperatura di colore) sarà trasferito nel Device Type DT24.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

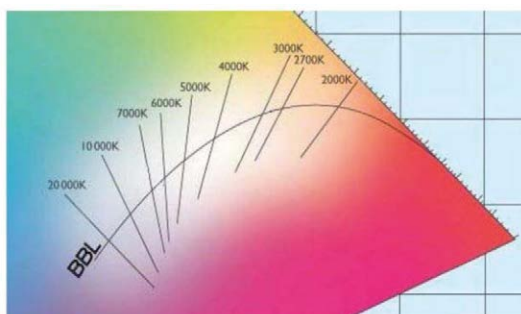
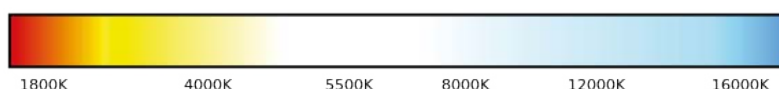


Fig. 27. BBL - Black Body Line

Un diverso modo di controllare l'emissione cromatica consiste nel variare la Temperatura di colore della sorgente luminosa in modo da simulare diverse condizioni di luce bianca (Tunable White). In questo caso i colori appartengono alla serie di valori posizionati lungo la curva delle temperature correlate di colore riferite al corpo nero (Black Body Line).

Gli attuali moduli LED in commercio consentono di modificare lo spettro cromatico lungo la linea che definisce le Temperature Correlate di Colore miscelando l'emissione di LED a luce fredda con LED a luce calda, ottenendo un range di regolazione che è in genere compreso tra 2000 °K e 8000 °K.

Il valore di regolazione viene codificato su 2 byte (65534 valori) e, per comodità di codifica, la temperatura correlata di colore viene espressa in Mirek, ottenendo così un range di regolazione teorico compreso tra 15,26 °K e 1.000.000 °K.



$$\text{Mirek} = 1.000.000/T_c$$

$$\text{Es. } 4000 \text{ } ^\circ\text{K} = 1.000.000/4000 = 250 \text{ Mirek}$$

Il costruttore dell'apparecchio illuminante deve configurare correttamente il Driver DT8 inserendo i valori massimo e minimo di temperatura di colore supportata dal modulo LED in modo da garantire coerenza del controllo.

Il ColourType RGB(WAF) consente invece il controllo indipendente dei singoli canali Rosso, Verde e Blu come comunemente utilizzato nella sintesi additiva. In realtà lo standard DALI consente il controllo coordinato di 6 canali che oltre ai tradizionali RGB comprendono il bianco (W), l'ambra (A) ed un colore libero, a scelta dell'utente (F)⁶⁹.

Con questo ColourType, utilizzato tipicamente nell'illuminazione decorativa sia interna che esterna agli edifici, si possono controllare moduli con LED multicolore.

(69) Il protocollo DALI non è stato concepito per essere impiegato in applicazioni teatrali o di illuminazione di spettacolo in genere. I tempi di risposta del sistema non sono adeguati alle necessità di queste applicazioni che prevedono variazioni rapide. Per queste applicazioni si utilizza in genere il protocollo DMX che, essendo basato su presupposti completamente diversi, è in grado di fornire un risultato adeguato.

DT20 - Demand Response (Load shedding)



DT20

A

Una delle prime ma significative evoluzioni del funzionamento delle reti smart di distribuzione elettrica è costituita dall'implementazione della funzione di "Demand/Response", una forma di partecipazione attiva degli utenti consumatori di energia al contenimento dei picchi di consumo che possono manifestarsi sulla rete di distribuzione, determinando condizioni di instabilità.

In Italia questo servizio è regolamentato dall'ARERA (Agenzia di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) e consente agli utenti di ottenere un incentivo economico a fronte di una riduzione pianificata dei consumi di energia (Response) conseguente a una richiesta (Demand) da parte del gestore di rete.

Al fine di consentire la più ampia partecipazione a questo servizio, il singolo utente, capace di assicurare una riduzione di consumi anche di pochi chilowatt, può partecipare attraverso un cosiddetto "aggregatore", costituito in genere dall'intermediario commerciale con il quale si è stipulato il contratto di fornitura di energia.

Nello specifico si tratta di configurare la propria installazione in modo da reagire automaticamente ad una richiesta di riduzione dei consumi che perviene tramite il misuratore dell'Ente distributore. Affinché questa funzionalità sia implementata l'utente deve individuare quali utilizzatori possono limitare temporaneamente il consumo di energia provvedendo a configurare un servizio automatico. Ovviamente tra le utenze da considerare ci sono gli impianti di illuminazione. Questo Device Type DALI consente di fatto di configurare come l'impianto di illuminazione debba rispondere alla domanda di riduzione del consumo, potendo decidere anche di quanto ridurre l'assorbimento, fissando fino a 3 diversi livelli di riduzione.

Gli Application Extended Commands degli apparecchi illuminanti DALI DT20, riportati nella tabella seguente, consentono di attivare la riduzione (Cmd 224) e di configurare ogni singolo apparecchio assegnando un diverso valore di dimming a ciascun livello di riduzione.

IEC 62308 – Part 221 – Load shedding (Device Type 20)			
#	Application Extended Command	#	Application Extended Command
224	Set Load Shedding condition (DTR0)	240	Reserved
225	Set Reduction factor 1 (DTR0)	241	Reserved
226	Set Reduction factor 2 (DTR0)	242	Reserved
227	Set Reduction factor 3 (DTR0)	243	Reserved
228	Reserved	244	Reserved
229	Reserved	245	Reserved
230	Reserved	246	Reserved
231	Reserved	247	Reserved
232	Reserved	248	Reserved
233	Reserved	249	Query Load shedding condition
234	Reserved	250	Query Reduction factor 1
235	Reserved	251	Query Reduction factor 2
236	Reserved	252	Query Reduction factor 3
237	Reserved	253	Query Actual factor
238	Reserved	254	Query Load Shedding fade running
239	Reserved	255	Query Extended version number

Il comando 224 può quindi assumere 4 valori:

0 = Nessuna riduzione;

2 = Riduzione a livello 2

1 = Riduzione a livello 1

3 = Riduzione a livello 3

Il comando di attivazione viene inviato dall'Application Controller DALI che può anche verificare lo stato di ciascun apparecchio con i comandi di interrogazione (Cmd 249÷254).

L'operazione di configurazione di questa funzionalità consente di selezionare quali apparecchi utilizzare per il Demand Response evitando, ad esempio, quelli posti in corrispondenza di vie di esodo o quelli relativi ad ambienti con esigenze illuminotecniche importanti.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

DT50 - Informazioni di prodotto estese



Lo Standard DALI ha da sempre previsto che il banco di memoria 1 fosse utilizzato dal costruttore dell'apparecchio illuminante per inserire informazioni di identificazione del prodotto. Queste poche informazioni avevano un impiego pratico solo da parte del costruttore stesso e decisamente poco per l'utilizzatore finale, limitandosi ad identificare il prodotto.

Utilizzando in modo completo il Banco 1 vengono inserite informazioni più complete sulle caratteristiche dell'apparecchio e quindi queste possono essere utilizzate dall'utilizzatore dell'impianto per una gestione efficace dell'intera installazione.

Ovviamente questo DT non modifica in alcun modo le funzionalità del driver ma si limita a fissare l'uso della memoria in modo univoco e quindi non prevede specifici Application Extended Commands.

Le informazioni aggiuntive previste per il DT50 comprendono:

- Settimana ed anno di costruzione dell'apparecchio illuminante
- Potenza nominale in ingresso
- Potenza assorbita al livello minimo di regolazione
- Potenza assorbita al livello massimo di regolazione
- Tensione nominale di alimentazione (valore minimo e massimo)
- Flusso luminoso nominale (lm)
- CRI – Fattore di resa cromatica
- CCT Temperatura correlata di colore (°K)
- Tipo di distribuzione luminosa secondo IES 901.11
- Colore dell'apparecchio illuminante
- Denominazione commerciale / Nome dell'apparecchio

Questi dati completano l'identificazione dell'apparecchio e contengono informazioni sulle sue caratteristiche fotometriche.

Indirizzo	Descrizione	Indirizzo	Descrizione	Indirizzo	Descrizione
0x00	Ultimo indirizzo di memoria accessibile	0x10	OEM Identification number byte 7 (LSB)	0x20	CRI (range 0-100)
0x01	Indicatore di funzione (definito dal costruttore)	0x11	Content Format ID (MSB)	0x21	CCT [K] (MSB)
0x02	Info di blocco del banco 1	0x12	Content Format ID (LSB)	0x22	CCT [K] (LSB)
0x03	OEM GTIN byte 0 (MSB)	0x13	Anno di costruzione della lampada	0x23	Tipo di distribuzione luminosa (IES 901.11)
0x04	OEM GTIN byte 1	0x14	Settimana di costruzione della lampada	0x24	Colore apparecchio (24 bytes ASCII string)
0x05	OEM GTIN byte 2	0x15	Potenza assorbita [W] (MSB)	...	
0x06	OEM GTIN byte 3	0x16	Potenza assorbita [W] (LSB)	0x3B	
0x07	OEM GTIN byte 4	0x17	Potenza assorbita al livello minimo [W] (MSB)	0x3C	Identificazione apparecchio (60 by ASCII string)
0x08	OEM GTIN byte 5 (LSB)	0x18	Potenza assorbita al livello minimo [W] (LSB)	...	
0x09	OEM Identification number byte 0 (MSB)	0x19	Tensione nominale min. [V] (MSB)	0x77	
0x0A	OEM Identification number byte 1	0x1A	Tensione nominale min. [V] (LSB)	0x78	Riservato per utilizzi futuri
0x0B	OEM Identification number byte 2	0x1B	Tensione nominale max. [V] (MSB)	...	
0x0C	OEM Identification number byte 3	0x1C	Tensione nominale max. [V] (LSB)	...	
0x0D	OEM Identification number byte 4	0x1D	Lumen output nominale [lm] (MSB)	0xFE	
0x0E	OEM Identification number byte 5	0x1E	Lumen output nominale [lm]	0xFF	Non utilizzato
0x0F	OEM Identification number byte 6	0x1F	Lumen output nominale [lm] (LSB)		

Fig. 28. Mappa del Banco di memoria 1 (in rosso le informazioni estese previste dal DT50)

L'uso di apparecchi illuminanti capaci di descrivere le proprie caratteristiche funzionali si presta per applicazioni di facility management evoluti e trova un importante collegamento con le soluzioni BIM nelle fasi successive alla progettazione e costruzione dell'impianto.



DT51 - Energy Reporting

Un Driver LED DALI è intrinsecamente connesso con il circuito di alimentazione e controllo del modulo LED, del quale controlla la tensione e/o la corrente di pilotaggio. Comprensibilmente questo circuito è in grado di rilevare il consumo dell'apparecchio illuminante, si tratta solo di gestire queste grandezze e soprattutto memorizzarle e renderle disponibili all'utente.

Il Device Type 51 definisce e regola l'utilizzo dei banchi di memoria 202, 203 e 204 per rendere accessibili le informazioni relative a:

- Energia attiva (Wh)
- Potenza attiva (W)
- Energia apparente (VAh)
- Potenza apparente (VA)
- Energia attiva nel carico (Wh)
- Potenza attiva nel carico (W)

Il livello di precisione di queste grandezze deve essere dichiarato dal costruttore del driver e dovrà necessariamente essere considerato nella gestione di queste informazioni.

L'impiego di apparecchi illuminanti che implementano il DT51 rende superflua la realizzazione di sistemi di monitoraggio dei consumi. Ciascuna lampada sarà in grado di indicare il suo personale consumo sia in termini di potenza che di energia ed inoltre si rende possibile determinare il consumo effettivo dei circuiti ausiliari di comando e controllo come differenza tra la l'energia attiva totale e l'energia attiva nel carico.

La disponibilità di informazioni sui consumi energetici relativi ad ogni singolo apparecchio illuminante apre la strada ad analisi approfondite, ad esempio relative a:

- Consumi relativi a specifiche tipologie di apparecchi illuminanti;
- Consumi relativi a zone o ambienti specifici;
- Consumi di energia riferibili a specifici periodi temporali.

Va inoltre considerato che nei sistemi di gestione energetica degli edifici il solo dato relativo al consumo di un elemento impiantistico, ad esempio l'illuminazione, non è in genere sufficiente per un'analisi approfondita dell'efficienza. Il consumo registrato rappresenta di per sé un risultato, una conseguenza determinata dal comportamento di questo sistema. Se invece, oltre al consumo si dispone anche di informazione sul funzionamento che lo ha determinato allora sarà possibile individuare eventuali inefficienze. Queste informazioni sono ampiamente disponibili e rappresentano i messaggi (dati) generati da tutti i dispositivi di comando, pulsanti, sensori, ecc. la cui analisi congiunta con il consumo energetico ci consente di comprendere esattamente come il nostro impianto sta operando.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

DT52 - Diagnostics & Maintenance



DT52

I driver che supportano questo Device Type sono in grado di fornire informazioni dettagliate di tipo diagnostico e manutentivo relativamente all'intero apparecchio illuminante ed alle sue componenti. Viene qui definito l'uso dei banchi di memoria:

- Bank 205: Manutenzione e diagnostica del driver
- Bank 206: Manutenzione e diagnostica della sorgente luminosa
- Bank 207: Manutenzione dell'apparecchio illuminante

I dati che vengono resi disponibili comprendono:

- Ore di funzionamento del driver
- Numero di accensioni
- Valore della tensione e della frequenza di alimentazione
- Fattore di potenza
- Condizione di guasto del driver e conteggio del numero di guasti
- Condizioni di abbassamento o superamento dei limiti di tensione di alimentazione (e conteggio del numero di eventi)
- Temperatura del driver
- Condizioni di surriscaldamento del driver
- Ore di funzionamento della sorgente luminosa
- Valori di tensione e corrente alla sorgente luminosa
- Condizioni di guasto della sorgente luminosa (es. circuito aperto, cortocircuito, ecc.)
- Temperatura della sorgente luminosa
- Condizioni di surriscaldamento della sorgente luminosa
- Dati nominali dell'apparecchio illuminante (vita media utile, temperature di riferimento, ecc.).

L'impiego di apparecchi illuminanti che supportano il DT52 consente l'implementazione di sofisticati sistemi di manutenzione e diagnosi che, interrogando ciclicamente i singoli driver, sono in grado di visualizzare e registrare tutte le possibili anomalie di funzionamento oltre che le informazioni relative all'utilizzo dell'impianto. Ad esempio, un'analisi approfondita delle temperature interne, sia del driver che del modulo LED, unitamente ad informazioni sulla temperatura dell'ambiente di installazione, consentono di correggere le aspettative di vita utile di un impianto o individuare tempestivamente condizioni di operatività non ottimali.

L'insieme delle funzionalità introdotte con i Device Type DT50, DT51, DT52 ed ulteriori opzioni installative sono state raccolte dalla DiiA in una categoria di prodotto denominata D4i, caratterizzata da un logo distintivo.



La scelta dell'apparecchio illuminante DALI

Inizialmente la tecnologia DALI è stata utilizzata solo nel momento in cui si voleva poter regolare il flusso delle lampade (Dimming). In pratica di tutto il protocollo venivano utilizzati due o tre comandi e quindi un apparecchio illuminante dotato di un qualsiasi alimentatore DALI era sostanzialmente idoneo allo scopo.

La situazione è oggi cambiata in modo sostanziale, innanzi tutto perché la tecnologia DALI viene adottata non solo per dimmerare le lampade ma soprattutto per la realizzazione di impianti di illuminazione digitali.

In queste installazioni tutti gli apparecchi illuminanti sono DALI, indipendentemente dalla modalità con cui vengono comandati, quindi sicuramente anche quelli che nel normale funzionamento operano in modalità On/Off. Questo consente il monitoraggio del corretto funzionamento e la segnalazione di anomalie per tutti i componenti dell'impianto di illuminazione. Inoltre, per implementare determinate funzionalità, servono apparecchi che supportino specifici DT, anche in questo caso indipendentemente da come saranno poi controllati.

Questo diverso approccio alla progettazione degli impianti di illuminazione porta ad un cambiamento significativo delle dinamiche tecnico commerciali:

- Non è più sufficiente, per un costruttore, dire che un dato apparecchio illuminante è disponibile in versione DALI, perché questa informazione è ormai incompleta e generica.
- Allo stesso modo, il progettista deve valutare quali funzionalità introdurre nel sistema e conseguentemente elaborare un capitolato che contenga specifiche complete, compresi di DT richiesti per implementare queste funzionalità.

Oggi è quindi necessario che la documentazione di prodotto (ma quindi anche le specifiche progettuali) siano complete e puntuali e comprendano, per ciascun dispositivo:

- Versione del protocollo (DALI o DALI2);
- Device Type supportati;
- Nel caso di dispositivi di controllo come Application Controller o sensori, oltre alla versione del protocollo anche se il dispositivo è dotato di un circuito Multi-Master o Single-Master.
- L'elenco dei comandi DALI che eventualmente non sono supportati, ad esempio a causa di un particolare abbinamento Driver/Modulo LED che ne impedisce l'uso.

Un ulteriore aspetto che andrà ad acquisire un'importanza crescente è la corretta compilazione dei banchi di memoria presenti in ciascun apparecchio illuminante. Come descritto nel paragrafo relativo al DT50, il Banco 0 ed il Banco 1 sono riservati rispettivamente al costruttore del driver ed al costruttore dell'apparecchio illuminante. La corretta compilazione di questi banchi consente la lettura di informazioni quali il tipo e modello di apparecchio illuminante, consentendo la realizzazione di sistemi di monitoraggio e controllo capaci di fornire informazioni utili, ad esempio per la sostituzione di un apparecchio guasto.

“

Non è più sufficiente, per un costruttore, dire che un dato apparecchio illuminante è disponibile in versione DALI, perché questa informazione è ormai incompleta e generica.

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Lighting Control Systems (LCS)

L'Allegato K dello Standard EN 15193-2 contiene un elenco descrittivo delle soluzioni tecnologiche per il controllo dell'illuminazione, in particolare individua tre principali soluzioni:

- a) Standalone lighting control systems:** sono impianti in cui ogni singolo apparecchio illuminante viene dotato di sensori e di un algoritmo di controllo che consente all'apparecchio di operare autonomamente.
- b) Linked lighting control systems:** in questo caso gli apparecchi illuminanti sono tra loro connessi mediante un network di comunicazione e possono ricevere, singolarmente o per gruppi, segnali di controllo da sensori ed altri dispositivi. È il caso ad esempio di sistemi interamente basati sulla tecnologia DALI.
- c) Integrated building control systems:** questi sistemi sono integrati in un'infrastruttura di automazione dell'edificio cui compete anche il controllo e la regolazione di altri sistemi, la climatizzazione, riscaldamento e ventilazione (HVAC), la produzione di acqua sanitaria (DHW), la regolazione di sistemi oscuranti e il controllo di aperture, finestre, tende, ecc. Le funzionalità dei sensori di presenza e luminosità vengono condivise tra i diversi sottosistemi assicurando un'elevata performance non solo energetica ma anche funzionale.

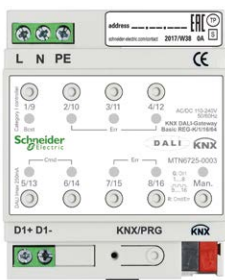
Compete al progettista la scelta tra queste tre diverse soluzioni, scelta che deve tener conto di tutti gli elementi che concorrono a caratterizzarli. In genere i sistemi standalone presentano un ridotto costo iniziale ed una quasi assente necessità di configurazione ma per contro possono introdurre problematiche di regolazione in ambienti ampi o dove sia necessario raggruppare funzionalmente più apparecchi. È noto che l'assenza di configurazione si ottiene grazie a funzionalità standard precaricate nell'apparecchio. Questo è certamente un vantaggio quando queste logiche di base coincidono pienamente con le funzionalità richieste e le caratteristiche dell'ambiente, ma possono creare problemi dove è necessario adattare o personalizzare il funzionamento.

In questi casi, la seconda tipologia di controllo è in grado di risolvere queste problematiche grazie alla possibilità di configurare apparecchi tra loro interconnessi e creare soluzioni funzionali efficienti. In questi impianti l'infrastruttura di comunicazione, indipendentemente dal fatto di essere cablata o wireless, è di fatto dedicata alla sola illuminazione. Per gli altri sottosistemi si rende necessaria la realizzazione di ulteriori e diversi sistemi di controllo.

I sistemi integrati di cui al punto c) rappresentano la soluzione professionale più completa ed efficiente, un'unica infrastruttura di comunicazione per tutti i sottosistemi dell'edificio unita ad un'ampia possibilità di configurazione assicurano la possibilità di realizzare soluzioni ad hoc per qualsiasi edificio. L'iniziale apparente maggior costo di queste applicazioni viene rapidamente riassorbito nel momento in cui il sistema va a controllare applicazioni diverse, per cui in genere i sistemi integrati sono anche vantaggiosi dal punto di vista economico.

Non bisogna dimenticare che l'obbligo di adottare sistemi di controllo e regolazione, di cui al Decreto 26/06/2015 (ved. Capitolo A-2 pagina 19), non è relativo alla sola illuminazione ma anche e soprattutto agli impianti termici e di climatizzazione. Il fatto che queste tipologie impiantistiche vengano progettate da soggetti diversi da quelli che si occupano di illuminazione non dovrebbe portare alla scelta di tecnologie di controllo diverse ed incompatibili cioè a sistemi non integrati che sicuramente hanno un costo maggiore ma soprattutto impediscono un funzionamento coordinato ed efficiente.

Sistemi di controllo KNX/DALI



I sistemi di controllo dell'illuminazione basati sulla tecnologia KNX/DALI appartengono al terzo raggruppamento e costituiscono soluzioni totalmente integrate nell'edificio. Questi impianti sfruttano da un lato l'enorme potenziale di controllo della tecnologia DALI nei confronti degli apparecchi illuminanti assicurando allo stesso tempo la condivisione delle informazioni di comando con qualsiasi altro sottosistema basato sulla tecnologia KNX. Ad esempio, i sensori KNX possono controllare simultaneamente un gruppo di apparecchi illuminanti, i ventilconvettori e gli oscuranti presenti all'interno di un ambiente. Un unico dispositivo governa in modo efficace tutte le infrastrutture impiantistiche. Un solo comando può quindi disattivare l'illuminazione, mettere in economy la climatizzazione ed impostare tende ed oscuranti per assicurare uno schermo solare.

L'integrazione funzionale di queste due tecnologie è inoltre esplicitamente prevista all'interno dello Standard KNX⁽⁷⁰⁾ e questo assicura una piena interoperabilità tra le diverse soluzioni presenti sul mercato.

(70) Standard KNX – Cap. 7.20.3 – Application descriptions – Lighting – DALI Interfaces

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale



Fig. 29.
Gateway DALI 2 Pro
SpaceLogic KNX
Multimaster

Il Gateway KNX/DALI

Il compito di un Gateway è quello di interconnettere due piattaforme tecnologiche rendendo disponibili ad una parte funzionalità presenti nell'altra. In questo caso il Gateway rende controllabile dal lato KNX un segmento DALI costituito da un massimo di 64 apparecchi illuminanti.

Sul versante KNX è possibile inviare comandi di controllo delle lampade che il Gateway converte nei corrispondenti comandi DALI. Il Gateway inoltre supporta tutte le attività di configurazione iniziale degli apparecchi DALI senza richiedere l'uso di altri strumenti.

Alcuni Gateway supportano Application Extended Commands relativi a particolari Device Type DALI, ad esempio è possibile controllare il colore (lampade DALI DT8) oppure comunicare con apparecchi illuminanti di emergenza autonomi (DALI DT1), come descritto nel Cap. B.5 di questa guida.

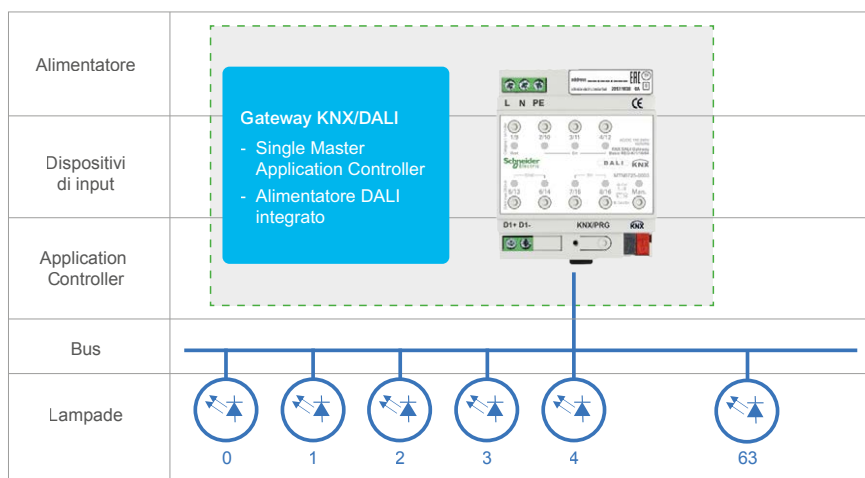
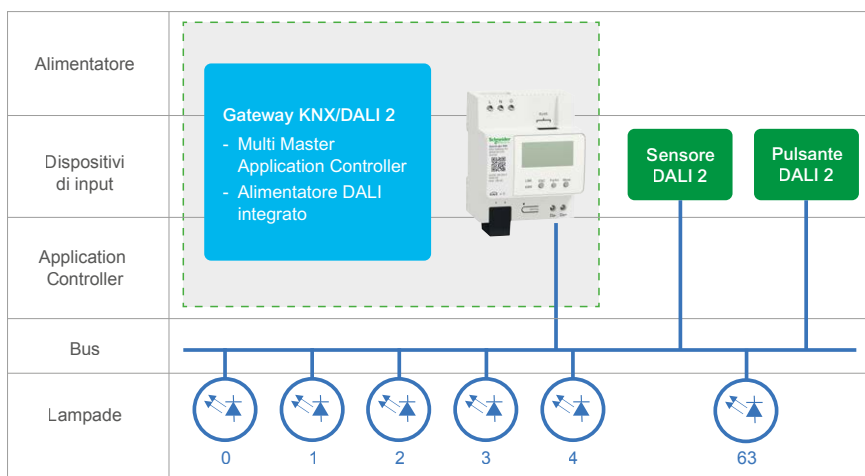


Fig. 30.
Architettura DALI
in un sistema KNX/DALI

L'architettura che ne deriva è costituita da un Single master Application controller che contiene al suo interno un alimentatore DALI. Questa configurazione non consente l'installazione di sensori o pulsanti DALI ma è in grado di controllare apparecchi illuminanti DALI e DALI2.

Nuove generazioni di Gateway KNX/DALI supportano architetture funzionali più articolate. Sono oggi disponibili modelli conformi alla versione 2 dello Standard DALI che implementano un Multi master application controller. Questi Gateway sono quindi in grado di coesistere ed interagire con sensori e pulsanti DALI.



Le principali funzionalità dei Gateway KNX/DALI comprendono:

- Comandi di configurazione dei parametri degli apparecchi illuminanti
- Raggruppamento delle lampade in gruppi DALI
- Definizione di scenari funzionali
- Interrogazione dello stato di funzionamento delle lampade

3. KNX e DALI: le tecnologie per l'illuminazione digitale

Vantaggi dell'architettura KNX/DALI

DALI si è visto essere una tecnologia pensata nello specifico per il controllo professionale dell'illuminazione, comprendente un ampio set di comandi e parametri, oltre a funzionalità specifiche in grado di rispondere alle esigenze di qualsiasi applicazione. Il protocollo DALI non contiene però alcuna specifica per l'instradamento di messaggi attraverso segmenti DALI separati. Non è cioè previsto che un sensore DALI possa inviare comandi ad un apparecchio illuminante connesso ad un segmento diverso da quello a cui il sensore è connesso. A differenza di KNX dove gli accoppiatori possono instradare i messaggi, nei sistemi DALI non esistono router o altri dispositivi in grado di implementare questa funzionalità⁷¹.

Quando l'impianto di illuminazione comprende un numero di apparecchi illuminanti maggiore di 64 si devono quindi realizzare più segmenti DALI ma se si vuole poi interagire con lampade connesse a segmenti diversi sono possibili due soluzioni:

- Utilizzare sistemi proprietari che utilizzano una comunicazione tra i diversi Application Controller, in genere basata su reti IP;
- Utilizzare piattaforme aperte per il controllo dell'edificio, come ad esempio KNX o BACnet che, mediante Gateway, possono assicurare raggruppamenti di lampade connesse a segmenti DALI diversi.

Gli impianti di illuminazione basati su architetture KNX/DALI offrono quindi alcuni importanti vantaggi:

- a) I sensori KNX sono in genere dispositivi concepiti per controllare simultaneamente diverse utenze oltre all'illuminazione, assicurando un controllo coerente ed integrato degli ambienti.
- b) In un locale, i punti di comando manuali controllano in genere utenze diverse, ad esempio l'illuminazione e le tende/oscuranti. Se per l'illuminazione si utilizza un pulsante DALI possono nascere problematiche connesse con la coesistenza nella stessa scatola di sistemi diversi⁷², oltre a probabili difficoltà nel coordinare esteticamente i dispositivi. Potrebbe quindi essere necessario separare questi comandi anche a livello installativo;
- c) I segmenti DALI hanno delle limitazioni in termini di lunghezza massima del bus molto più restrittive rispetto a KNX. L'estensione delle Linee DALI deve quindi essere valutata con attenzione, soprattutto quando, oltre agli apparecchi illuminanti, si installano pulsanti e sensori. Analogamente anche l'assorbimento di corrente, e quindi il dimensionamento dell'alimentatore DALI, deve essere verificato quando si utilizzano dispositivi pulsanti o sensori⁷³.
- d) Un segmento DALI può controllare fino ad un massimo di 64 apparecchi illuminanti (valore che scende ulteriormente nel caso di apparecchi di grande potenza dove possono essere presenti più driver nello stesso apparecchio). Frequentemente sono quindi necessari più segmenti DALI per riuscire a controllare un insieme di ambienti tra loro funzionalmente collegati e dover quindi suddividere gli apparecchi sui diversi segmenti. Questo aspetto non comporta alcuna limitazione quando si utilizzano sensori KNX.
- e) Oggi ai sensori viene richiesto di condividere alcune informazioni per attività di monitoraggio ed analisi dell'utilizzo del fabbricato e dei singoli ambienti (Building Analytics). È importante che queste informazioni siano rese disponibili su una piattaforma di comunicazione aperta, insieme a quelle prodotte da altri dispositivi/sensori. Inoltre, i sensori KNX hanno la possibilità di essere configurati in modo da generare dati specifici per l'analisi oltre a quelli necessari al controllo dell'illuminazione.
- f) L'integrazione con KNX consente di inserire l'impianto di illuminazione in un contesto funzionale più ampio, che può comprendere ad esempio sonde meteo, sistemi per il controllo simultaneo dei sistemi oscuranti e frangisole basati sulla posizione effettiva del sole.

(71) Le Linee KNX, sono dotate di un indirizzo di sottorete che le qualifica consentendo quindi l'instradamento dei messaggi. I segmenti DALI non sono in alcun modo indirizzati mentre lo sono i singoli dispositivi ad essi connessi.

(72) A differenza di KNX, DALI non è un sistema SELV.

(73) In un segmento DALI la corrente è limitata a 250 mA. Ciascun alimentatore/driver può assorbire fino a 2 mA per cui in un sistema con 64 apparecchi illuminanti bisogna considerare che 128 mA sono utilizzati dalle lampade. Restano circa 120 mA per alimentare dispositivi diversi come sensori e pulsanti, a meno che non siano dotati di un'alimentazione esterna.

B



Sommario **B**

1. Criteri di progettazione dell'impianto di illuminazione integrato	66
Progetto dell'applicazione	67
2. Progetto del network DALI	69
Aspetti generali	70
Cablaggio del Bus DALI	71
3. Progetto dei sensori	73
Aspetti generali	74
Scelta dell'algoritmo di controllo	75
Dimensionamento della rete di sensori	80
Dimensionamento per il controllo di presenza	80
Dimensionamento per il Daylight Harvesting	82
Integrazione funzionale dei sensori	84
Il comando manuale	85
4. Progetto del network KNX	86
Topologia delle reti KNX	87
Il cablaggio / mezzo fisico di comunicazione	88
Funzioni di controllo	90
5. Illuminazione di emergenza	91
Introduzione	92
Apparecchi illuminanti per illuminazione di emergenza	93
Sistemi di verifica automatica (ATS)	94
Sistemi KNX/DALI per l'illuminazione di emergenza	95
Architetture per l'illuminazione di emergenza	97
Monitoraggio dell'impianto di illuminazione di emergenza	100
Vantaggi dell'architettura KNX/DALI	104
6. Configurazione KNX/DALI	105
I passaggi principali della configurazione	106
Taratura dei sensori di luminosità	108
7. Supervisione ed integrazione del sistema	109
Introduzione	110
Parametri funzionali	110
Manutenzione dell'impianto	111
Metering & Building Analytics	112
8. Procedimento progettuale	114
Introduzione	115
Documentazione di progetto	121

B Schneider Electric KNX/DALI Lighting Control System

1. Criteri di progettazione dell'impianto di illuminazione integrato

L'adozione di sistemi di controllo dell'illuminazione (LCS – Lighting Control System) deve poter essere effettuata senza che questo possa in alcun modo limitare la progettazione illuminotecnica o la scelta degli apparecchi illuminanti sulla base delle loro caratteristiche fotometriche, il design o il prezzo.

Anzi, questa evoluzione tecnologica, deve poter valorizzare il progetto in termini di flessibilità di controllo ed efficienza funzionale. Inoltre, è necessario e fondamentale che l'installazione sia perfettamente integrata nell'edificio e possa collaborare con le altre installazioni impiantistiche senza rendere necessarie complesse e limitanti soluzioni di interfacciamento.

L'illuminazione è solo una delle infrastrutture impiantistiche di un edificio, caratterizzata da aspetti funzionali propri, ma poi parte di un insieme più ampio che comprende la climatizzazione, le aperture, i sistemi oscuranti, ecc.

Un sistema di controllo dell'illuminazione basato su tecnologia KNX/DALI si compone in realtà da un ristretto numero di elementi, opportunamente scelti, ma soprattutto configurati, in modo da implementare le funzionalità richieste, indipendentemente dalla dimensione dell'impianto.



Fig. 31.
Multitouch Pro



Fig. 32.
Sensore di presenza e controllo costante della luminosità (KNX Mini)



Fig. 33.
Gateway DALI 2 Pro SpaceLogic KNX Multimaster



Fig. 34.
Wiser for KNX, controllore multiprotocollo

1. Criteri di progettazione dell'impianto di illuminazione integrato

Progetto dell'applicazione

Contestualmente allo studio illuminotecnico il progettista valuta e definisce quali funzionalità dovranno essere supportate dall'impianto, ad esempio⁷⁴:

1. Applicazioni che utilizzano il colore, quali ad esempio soluzioni tunable white per la correzione della temperatura di colore o apparecchi per illuminazione decorativa che si vuole poter controllare mediante i canali RGB;
2. Illuminazione di sicurezza (sia di tipo centralizzato che costituita da apparecchi autonomi) integrata nell'infrastruttura DALI o realizzata con un sistema separato ed indipendente;
3. Quali informazioni di tipo manutentivo e/o diagnostico si vuole siano disponibili per la futura gestione dell'impianto;
4. Monitoraggio dei consumi mediante misuratori tradizionali, posizionati nella distribuzione elettrica, o informazioni fornite direttamente dagli apparecchi illuminanti;

Queste scelte, che inevitabilmente fanno riferimento a diversi Device Type DALI, consentiranno di elaborare le specifiche tecniche relative agli apparecchi illuminanti che, ormai si è visto, non sono più definiti dalle sole componenti fotometriche (sorgente luminosa, ottica, flusso, ecc.) ma anche dalle funzionalità supportate.

Analogamente, i Gateway KNX/DALI dovranno essere in grado di supportare adeguatamente i comandi speciali relativi ai Device Type adottati in progetto.

In questa fase è inoltre importante definire l'architettura del sistema DALI, in particolare deve essere fatta una scelta se basare il sistema dotandolo di un Single Master Application Controller, architettura DALI tradizionale, dove quindi sarà possibile avere un solo dispositivo di controllo (Es. Gateway KNX/DALI), o un sistema con dispositivi di controllo Multi Master (DALI 2).

Il dimensionamento progettuale del sistema LCS segue pochi e semplici passi:

1	Definizione del progetto illuminotecnico
2	Dimensionamento del network DALI sulla base del numero e tipologia di apparecchi illuminanti presenti nell'edificio
3	Scelta degli algoritmi di controllo per ciascun ambiente
4	Scelta della tipologia di sensori idonei a garantire le funzionalità richieste dall'algoritmo scelto
5	Dimensionamento della rete KNX che provvede all'interconnessione di tutti i Gateway DALI e dei dispositivi di comando e controllo
6	Definizione delle specifiche per il sistema di supervisione e smart metering

(74) Norma UNI CEN/TS 17165:2019 – Luce e illuminazione – Processo di progettazione degli impianti di illuminazione.

B Schneider Electric KNX/DALI Lighting Control System

1. Criteri di progettazione dell'impianto di illuminazione integrato

Questo approccio è utilizzabile in modo sistematico, sia per piccoli impianti caratterizzati da alcune decine di apparecchi illuminanti, ma anche per grandi edifici dove il sistema dovrà controllare migliaia di lampade.

Prima di approfondire i diversi aspetti della progettazione dei sistemi LCS è necessario soffermarsi anche su come l'installazione elettrica che distribuisce l'energia cambia in modo radicale quando si realizza un'installazione digitale.

Negli impianti tradizionali, indipendentemente dal contesto applicativo, si introducono nella distribuzione elettrica dispositivi di protezione contro le sovracorrenti e contro i contatti indiretti (interruttori differenziali) ed il numero e la conformazione circuitale di questi dispositivi viene in genere scelto in modo da assicurare una corretta protezione dei circuiti ma anche per poter "comandare" porzioni dell'impianto. Si utilizzano contattori, teleruttori, condotti sbarra per illuminazione dotati di più poli separati con i quali si raggruppano le lampade in varie accensioni e, questa frammentazione, si ripercuote ovviamente anche sul numero di cavi di distribuzione. Tra l'altro questa architettura impiantistica consente il solo comando On/Off delle lampade.

In un'installazione KNX/DALI sarà sempre possibile comunicare con ogni singolo apparecchio illuminante o inserirlo all'interno di uno o più gruppi di controllo, per cui non ha alcuna utilità una suddivisione circuitale orientata al comando delle lampade, comporta esclusivamente un maggior numero dispositivi, e quindi di spazio occupato all'interno dei quadri elettrici, ed una maggior estensione dei collegamenti, quindi complessivamente un maggior costo.

Quando si progetta un'installazione KNX/DALI si ottiene una drastica semplificazione circuitale relativa alla distribuzione di potenza. Il progettista suddivide le lampade in circuiti separati esclusivamente al fine di equilibrare correttamente il carico ed assicurare che un guasto elettrico non determini un disservizio inaccettabile, in particolare quando si tratta di ambienti in cui è previsto un affollamento significativo⁷⁵.

Le problematiche connesse con eventuali guasti sulla parte di controllo bus sono approfondite nel capitolo B.6, relativo alla configurazione del sistema.

“

Quando si progetta un'installazione KNX/DALI si ottiene una drastica semplificazione circuitale relativa alla distribuzione di potenza.

(75) In alcuni ambienti la Norma CEI 64-8 prescrive che le lampade siano collegata ad almeno 2 circuiti distinti.

2. Progetto del network DALI



B

2. Progetto del network DALI

Aspetti generali

Si parte necessariamente dal progetto illuminotecnico dell'edificio e dal progetto dell'impianto di illuminazione di sicurezza che viene elaborato sulla base del sistema di vie di esodo in accordo con la Norma EN 1838.

Tutti gli apparecchi illuminanti dovranno essere connessi ad un segmento DALI che provvederà a veicolare le informazioni per il comando ed il controllo, indipendentemente dall'applicazione.

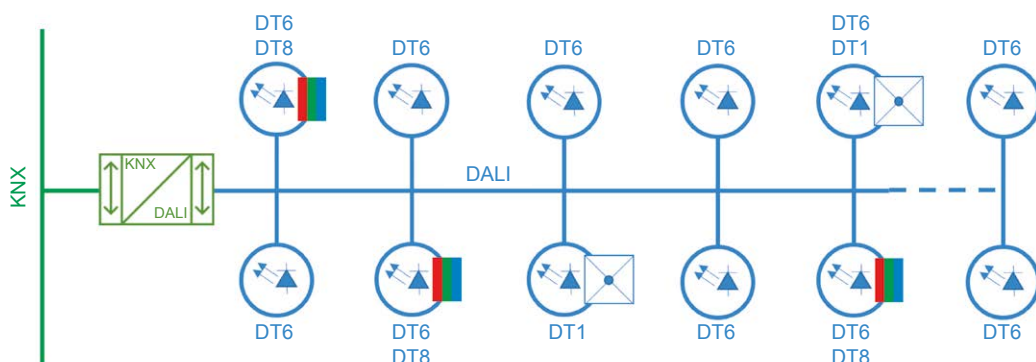


Fig. 35.
Segmento DALI

Come si è visto, un segmento DALI è costituito da un insieme, non superiore a 64, di apparecchi illuminanti tra loro connessi allo stesso bus DALI. Se il progetto prevede un numero maggiore di lampade sarà necessario realizzare ulteriori segmenti DALI, ciascuno dei quali avrà origine da un Gateway KNX/DALI.

Durante la fase di configurazione dell'impianto ciascun apparecchio illuminante riceverà un proprio indirizzo DALI (short address) costituito da un numero compreso tra 1 e 64⁷⁶. Come si vedrà nel capitolo B.6, l'assegnazione dello short address utilizza una procedura casuale per cui in prima istanza le lampade vengono indirizzate senza alcun ordine. In genere l'applicazione utilizzata per la configurazione consente, in un secondo tempo, di reindirizzare gli apparecchi seguendo un ordine preciso, ad esempio conforme agli elaborati grafici di progetto.

Architettura di sistema

Il design circuitale di un segmento DALI deve essere concepito senza necessariamente considerare quello che successivamente sarà il raggruppamento funzionale degli apparecchi illuminanti. È sicuramente più efficace organizzare i collegamenti in modo da sfruttare le canalizzazioni della distribuzione elettrica, siano esse preesistenti o di nuova realizzazione, anche perché questa tipologia di cablaggio segue l'organizzazione impiantistica della rete elettrica.

Le recenti evoluzioni dello standard IEC 62386 prevedono inoltre la possibilità di veicolare i messaggi DALI anche su mezzi fisici diversi dal tradizionale doppino.

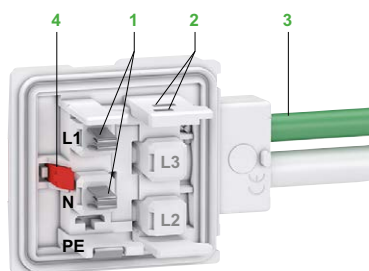
In particolare, la parte 104 dello standard prevede le specifiche tecniche per l'implementazione DALI con comunicazioni ad onde convogliate (PLC – Power Line Communications) o con sistemi wireless che utilizzano protocolli come Bluetooth o altri sistemi RF capaci di implementare reti mesh.

Questa evoluzione consentirà anche la realizzazione di sistemi DALI misti, con apparecchi illuminanti connessi al cablaggio tradizionale ed altri in grado di comunicare in modalità wireless, mantenendo inalterato il supporto del protocollo DALI. Le soluzioni wireless possono ad esempio essere utilizzate per l'ammodernamento di impianti esistenti dove la posa del collegamento in cavo può risultare complessa ed onerosa e, queste parti di impianto, potranno integrarsi con le altre garantendo la piena interoperabilità funzionale.

(76) Va considerato che il sistema di indirizzamento utilizza le cifre comprese tra 0 e 63, quindi la prima lampada avrà l'indirizzo 0.

2. Progetto del network DALI

Cablaggio del Bus DALI



1. Contatti dei cavi di potenza
2. Contatti del bus KNX
3. Cavo bus KNX
4. Chiusura



Cavo bus KNX nel condotto sbarre e sulla spina di collegamento BUS +/-

Negli impianti KNX/DALI il bus di comunicazione di fatto connette esclusivamente gli apparecchi illuminanti anche perché, in questa tipologia di impianti, non si utilizzano sensori o pulsanti DALI 2⁷⁷. Questo aspetto porta a privilegiare soluzioni che integrano il bus DALI nei principali collegamenti elettrici di potenza, piuttosto che una distribuzione separata con un cavo dedicato (soluzione comunque utilizzabile, magari per alcune parti del collegamento).
L'ormai consolidata integrazione tra KNX e DALI ha portato alla commercializzazione di un nuovo condotto sbarre Canalis di Schneider Electric che include entrambi bus di comunicazione, per poter collegare lampade DALI e sensori KNX al medesimo condotto: Qui di seguito una possibile applicazione:

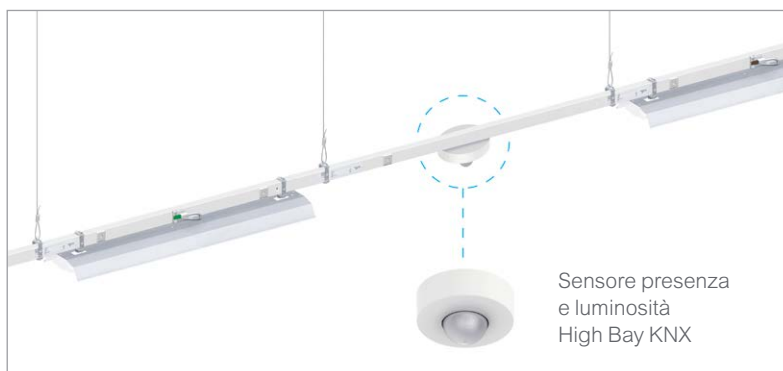
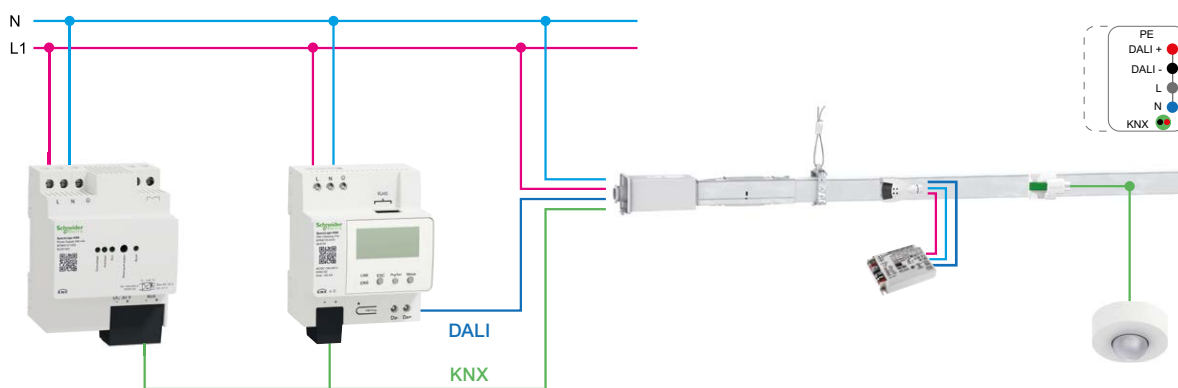


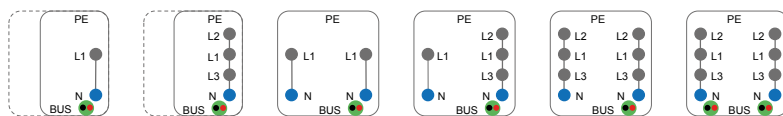
Fig. 36. Schema di cablaggio con condotto sbarre per illuminazione CANALIS con bus interno schermato e connettori dedicati che supportano DALI e KNX

Il sensore di presenza e controllo costante di luminosità High Bay KNX (per grandi altezze) è installato sul condotto sbarre tra due plafoniere a led DALI.

Volendo analizzare nel dettaglio il cablaggio in questa specifica soluzione, vediamo nell'immagine seguente come il condotto sbarre abbia entrambi i bus di comunicazione, permettendo una distribuzione integrata, utilissima per la realizzazione di impianti di illuminazione KNX DALI.



In queste configurazioni nel condotto sbarre è presente un cavo certificato KNX, oltre che il doppino dedicato alla comunicazione DALI e i cavi di alimentazione.



(77) Il nuovo Gateway MTN6725-0101 consente la realizzazione di architetture Multi Master, assicurando la comunicazione anche con sensori e pulsanti DALI2 (parti 303, 304)

2. Progetto del network DALI

È quindi possibile distribuire la connessione DALI utilizzando ad esempio cavi multipolari a 5 conduttori o condotti sbarra per illuminazione dotati internamente di un apposito doppino di comunicazione.

Fig. 37.
Distribuzione di potenza e bus DALI in un unico cavo multipolare



Oltre a semplificare il cablaggio, l'uso di un cavo unico presenta anche il vantaggio di non dover praticare due fori nell'apparecchio illuminante, con i relativi accessori (es. pressacavo).

In alternativa si può ovviamente utilizzare un doppino dedicato che può ad esempio essere costituito da un cavo bipolare 2x1,5 mm²⁷⁸.

Indipendentemente dal tipo di collegamento utilizzato si dovrà garantire che tra due dispositivi DALI non venga superata una caduta di tensione 2 V, considerando la massima corrente erogata dall'alimentatore (250 mA).

Sezione (mm ²)	Lunghezza limite del collegamento DALI (m) per cavi in rame		
	25 °C	50 °C	75 °C
0,14	31	28	26
0,50	112	102	93
0,75	168	153	140
1,00	224	204	187
1,50	300	300	281
2,00	300	300	300
2,50	300	300	300

Per sezioni superiori a 1,5 mm² lo Standard IEC 62386-101 raccomanda comunque di non superare i 300 metri di lunghezza.

Tabella B -1 - Lunghezza limite del collegamento DALI

DALI, a differenza dei sistemi KNX, non è un sistema SELV, anche se alcuni componenti (es. driver) possono essere costruiti in conformità alle specifiche tecniche per i sistemi di sicurezza a bassissima tensione. Questo significa che i componenti del sistema devono essere protetti nei confronti dei contatti diretti/indiretti con le tradizionali soluzioni previste dalla normativa (es. doppio isolamento, messa a terra, ecc.).

Di questo aspetto va tenuto conto nel momento in cui si vanno ad utilizzare sensori o pulsanti nel caso in cui debbano coesistere nello stesso involucro con componenti facenti parte di altri sistemi.

“

DALI, a differenza dei sistemi KNX, non è un sistema SELV, questo significa che i componenti del sistema devono essere protetti nei confronti dei contatti diretti/indiretti con le tradizionali soluzioni previste dalla normativa (es. doppio isolamento, messa a terra, ecc.).

(78) Proprio a causa del fatto che è possibile utilizzare diverse soluzioni per il collegamento del bus DALI, lo standard IEC 62386 non contiene alcuna specifica costruttiva del cavo.

3. Progetto dei sensori

B

3. Progetto dei sensori

Aspetti generali

La progettazione dei sensori nei sistemi LCS ci porta ad affrontare più nel dettaglio tutti gli aspetti connessi con il controllo e regolazione dell'illuminazione. Per "sensori" in questo contesto si intende un qualsiasi dispositivo di ingresso che, rilevando un evento o una grandezza fisica, determina e produce un comando verso gli apparecchi illuminanti, cioè verso un attuttore che in questo caso è costituito dal Gateway KNX/DALI. Cioè consideriamo come sensori ad esempio i pulsanti manuali o le applicazioni per smartphone che richiedono l'interazione dell'utente, oppure quei dispositivi che invece operano in automatico come orologi e timers e poi i sensori veri e propri, come quelli di presenza, luminosità, ecc. di cui si tratterà ampiamente in questo capitolo.

In questo contesto applicativo è evidente come il Gateway KNX/DALI si comporti in modo sostanzialmente passivo, riceve comandi dai sensori e li trasforma, in base ai parametri configurati, in comandi DALI verso gli apparecchi illuminanti. Conseguentemente dobbiamo considerare che la logica di controllo dell'impianto di illuminazione è, per la maggior parte, contenuta nei sensori. Gli attuatori ed i relativi apparecchi illuminanti non partecipano alla definizione della modalità funzionale ma si limitano ad eseguire i comandi che vengono loro inviati.

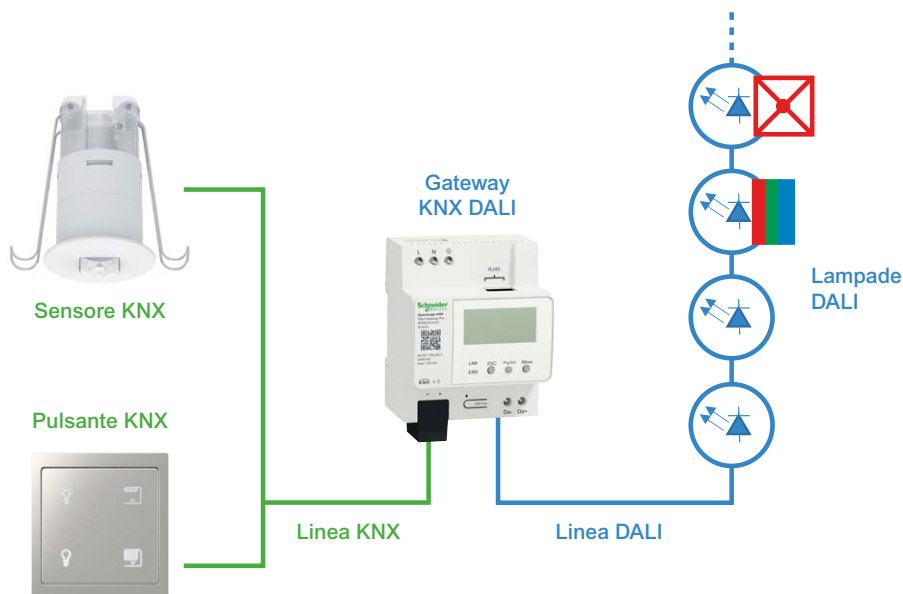


Fig. 38.
Sensori KNX collegati ad una linea DALI tramite un gateway KNX DALI

In ciascun ambiente o zona di un fabbricato è quindi necessario scegliere la modalità di funzionamento tra quelle supportate dal sistema e/o prescritte dalla normativa.

Lo standard EN 15193-1 individua una classificazione generale delle modalità di controllo dell'illuminazione sulla base dei principali elementi funzionali:

1) Controllo manuale

- Comando On/Off
- Comando On/Off e regolazione (Dimming)

2) Controllo automatico

- Comando On/Off con Timer
- Comando da sensore di presenza
 - Attivazione alla rilevazione della presenza
 - Accensione manuale e disattivazione in assenza di presenza
- Controllo da sensore di luminosità
 - Controllo illuminazione costante
 - Daylight Harvesting

3. Progetto dei sensori

Un impianto può ovviamente essere realizzato con sensori combinati in grado di implementare simultaneamente il controllo di presenza e regolare in funzione della luminosità. Inoltre, ad ognuna di queste modalità corrispondono diverse performance in termini di efficienza energetica. Di fatto, il progettista deve valutare le caratteristiche di un determinato ambiente o zona e individuare la (o le) modalità di controllo più efficaci.

Ad esempio, in un reparto produttivo, che necessariamente è operativo ad orari prestabiliti e prevede la presenza degli operatori lungo le linee di produzione, non ha alcuna utilità la realizzazione di un sistema di controllo presenza. Il timer di stabilimento è già di per sé un "rivelatore di presenza".

Diversamente, nello stesso stabilimento possono sussistere zone dove il personale accede solo occasionalmente e senza alcuna regola oraria. È il caso di zone di deposito merci, aree manutenzione, ecc. In questi ambienti l'accensione controllata dal timer potrà probabilmente essere poco efficiente e quindi il posizionamento di alcuni sensori di presenza/assenza potrà migliorare di molto l'efficienza energetica.

Analogamente, volendo regolare l'impianto in base alla luce naturale, sarà necessario verificare preliminarmente la qualità e l'intensità di quest'ultima, elementi che dipendono in maggior peso dall'orientamento dell'edificio, dal tipo e dimensione delle aperture e, non ultimo, dal livello di illuminamento richiesto per l'attività che si svolge all'interno, tenendo in considerazione l'eventuale presenza di sistemi oscuranti o tende che possono alterare significativamente l'apporto di luce naturale.

Queste valutazioni devono innanzi tutto riguardare gli aspetti illuminotecnici, deve cioè essere verificata l'idoneità della luce naturale dal punto di vista della limitazione dell'abbagliamento, dell'uniformità, ed il sistema di controllo dell'impianto non deve in alcun modo diminuire la qualità del comfort luminoso dell'impianto.

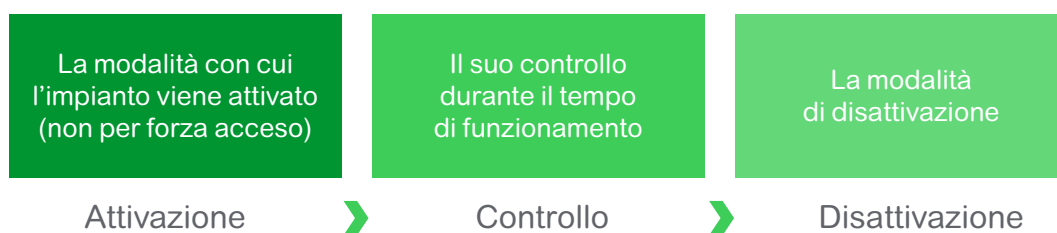
B

Scelta dell'algoritmo di controllo

Considerando che gli impianti di illuminazione riguardano ambienti ed utilizzi molto diversi tra loro, risulta difficile e limitativo ricondurre i criteri di controllo e regolazione ad un semplice elenco finito di opzioni, anche perché i sensori KNX sono dotati di un considerevole numero di parametri che consente di modellarne il funzionamento in base alle esigenze di ciascuna applicazione, a volte anche migliorando la performance energetica rispetto ai modelli normativi.

Può quindi risultare più efficace definire una metodologia descrittiva dell'algoritmo di controllo che consenta al progettista, di prescrivere con precisione come il sistema deve comportarsi, fornendo al System Integrator un'indicazione concreta e completa sulla sua configurazione.

La modalità di controllo dell'illuminazione, in un qualsiasi contesto, può essere valutata e definita sulla base di tre elementi:



La combinazione di queste tre componenti, va a configurare un particolare algoritmo che, di volta in volta, potrà presentare un dato livello di comfort funzionale ma soprattutto potrà assicurare una performance energetica calcolabile.

3. Progetto dei sensori

Partiamo dall'attivazione dell'impianto, nella tabella seguente è riportato un elenco delle possibili modalità:

ATTIVAZIONE IMPIANTO		
Rif.	Descrizione	Note
M	Manuale	Es. pulsante, interruttore, smartphone
S_{PD}	Sensore (Presence Detection)	Il sensore attiva l'impianto rilevando la presenza di persone
S_{PHY}	Sensore di grandezza fisica	Es. sensore crepuscolare
T_{SC}	Orologio (Scheduler)	Es. Timer con programmazione giornaliera o settimanale
T_{AL}	Algoritmo predittivo	Algoritmo capace di determinare autonomamente quando attivare l'impianto

Una volta attivato, l'impianto può essere controllato secondo diversi criteri:

CONTROLLO E REGOLAZIONE (FLUSSO LUMINOSO)		
Rif.	Descrizione	Note
K	Costante	Il flusso luminoso non viene modificato in alcun modo
K_{CLO}	Costante con funzione CLO	Il flusso luminoso viene regolato in modo da restare costante, compensando il decadimento della sorgente luminosa con la funzione CLO (Constant Lumen Output) integrata nel driver dell'apparecchio illuminante.
D_M	Regolato (dimming) manualmente	Es. pulsante, slider, smartphone
D_{DH}	Regolato automaticamente in funzione della luce naturale (Daylight Harvesting)	Richiede un sensore di luminosità in ambiente
S_{DH}	Commutato automaticamente in funzione della luce naturale	Sensore di luminosità ambiente che opera in modalità switching
LC_{PD}	Setpoint o livello di flusso modificati sulla base della presenza di persone	Ambiente in cui il livello di illuminamento (o il flusso luminoso) vengono variati in base alla presenza di persone. Ad esempio l'impianto assicura ordinariamente un livello di illuminamento di 500 lx che viene ridotto a 250 lx se non è presente personale.
LC_{TSC}	Setpoint o livello di flusso modificati sulla base di programma orario	Come per il precedente ma l'operazione di variazione viene gestita mediante un timer orario. Ad esempio, l'illuminazione esterna viene ridotta durante le ore notturne rispetto al livello nominale.

Va inoltre considerato che, durante il suo funzionamento, l'impianto può essere controllato non solo in termini di flusso luminoso ma anche, ad esempio, come aspetto cromatico per cui vanno definiti ulteriori criteri di regolazione (ovviamente questi non hanno, in genere, un impatto significativo dal punto di vista energetico).

CONTROLLO E REGOLAZIONE (CONTROLLO DEL COLORE)		
Rif.	Descrizione	Note
C_{Tc}	ColourType Tc, controllo temperatura di colore	Andamento della regolazione
C_{xy}	ColourType XY, controllo del colore sulla base di coordinate cromatiche	Andamento della regolazione
C_{RGB}	ColourType RGBWAF, controllo cromatico sui canali RGBWAF	Andamento della regolazione

3. Progetto dei sensori

Infine, la modalità con cui l'impianto viene disattivato:

DISATTIVAZIONE IMPIANTO		
Rif.	Descrizione	Note
M	Manuale	Es. pulsante, interruttore, smartphone
S_{AD}	Sensore (Absence Detection)	Il sensore disattiva l'impianto non rilevando più presenza di persone
S_{PHY}	Sensore di grandezza fisica	Es. sensore crepuscolare
T_{SC}	Orologio (Scheduler)	Es. Timer con programmazione giornaliera o settimanale
T_{TR}	Timer	Es. funzione luce scala, indipendente dalla presenza di persone
T_{AL}	Algoritmo predittivo	Algoritmo capace di determinare autonomamente lo spegnimento

B

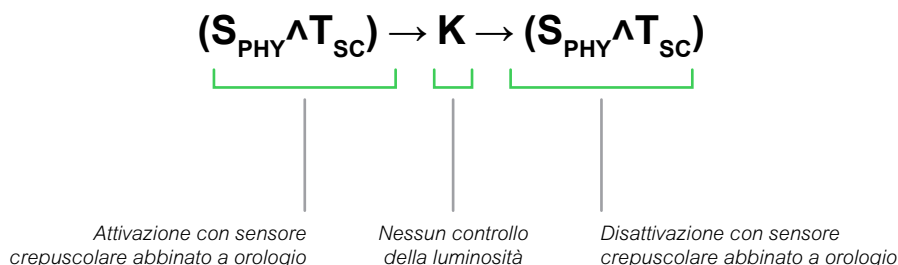
Le composizioni che si ottengono possono trovare piena corrispondenza nelle tipologie considerate nello standard EN 15193-1, altre vanno a costituire delle varianti che, in alcuni ambienti, possono coniugare l'efficienza energetica con requisiti di funzionamento specifici e migliorare il comfort del sistema.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni esempi di codifica dell'algoritmo di controllo.

Esempio	Algoritmo
Ambiente con controllo manuale tradizionale	M → K → M
Ufficio singolo con sensore di presenza e luminosità che attiva l'impianto automaticamente e lo regola in funzione della luce naturale	S_{PD} → D_{DH} → S_{AD}
Ufficio singolo con attivazione manuale dell'impianto e regolazione automatica in funzione della luce naturale. Spegnimento automatico con sensore di assenza	M → D_{DH} → S_{AD}
Vano scala con comando manuale e spegnimento temporizzato	M → K → T_{TR}
Illuminazione esterna con comando a sensore crepuscolare tarato a 200 lux.	S_{PHY (200lx)} → K → S_{PHY (200lx)}

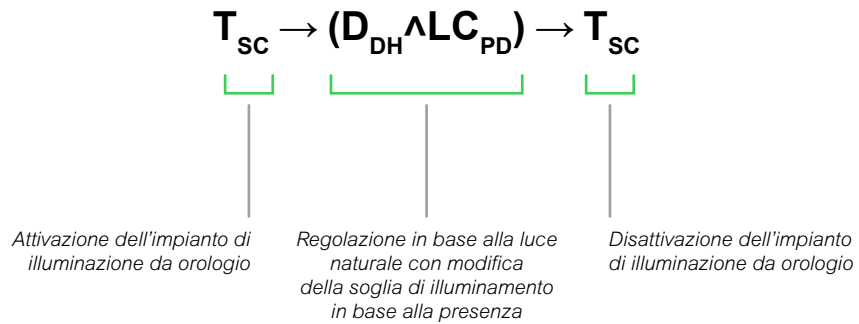
Ciascun elemento dell'algoritmo può a sua volta essere caratterizzato da parametri, ad esempio uno spegnimento automatico con la funzione luce scala può essere meglio definito con il tempo di attesa della funzione: $T_{TR(t=5)}$, che significa che l'impianto sarà disattivato automaticamente dopo 5 minuti.

Inoltre, le singole componenti possono essere combinate tra loro in modo da creare funzioni di controllo articolate, ad esempio un impianto di illuminazione esterna può essere acceso solo con il consenso combinato del crepuscolare e di un orologio (funzione logica AND), che potremo descrivere come:



3. Progetto dei sensori

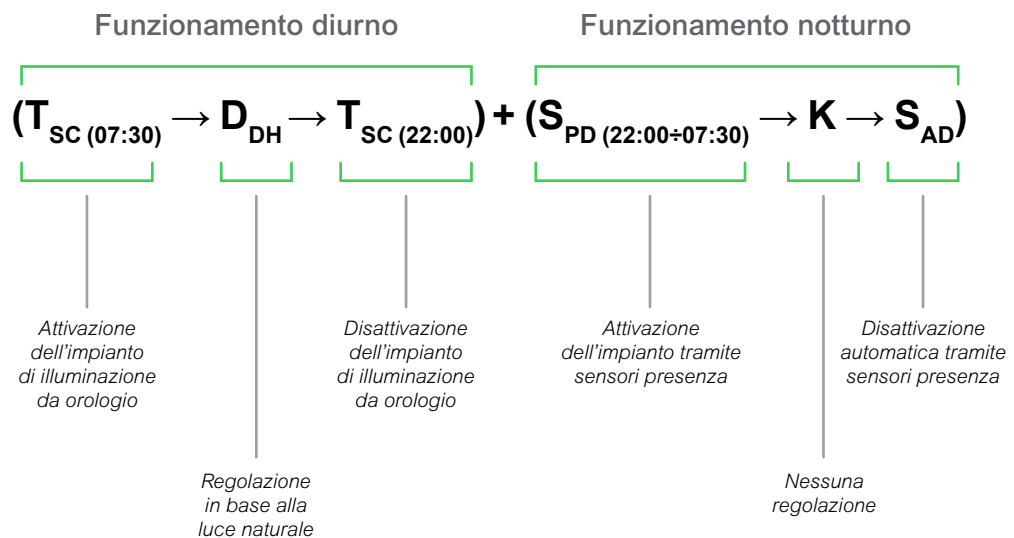
Questo aspetto ci consente di esprimere algoritmi di controllo anche complessi che nelle applicazioni reali riescono a soddisfare esigenze specifiche, evidenziando le potenzialità offerte dall'architettura KNX/DALI, ad esempio:



Questo algoritmo, utilizzato in un'area produttiva caratterizzata da buona disponibilità di luce naturale ed una presenza non costante di personale (es. linee di produzione non presidiate), va interpretato come segue:

- Attivazione dell'impianto di illuminazione da Orologio, ad esempio ad inizio del turno lavorativo;
- Regolazione, durante il suo funzionamento, in base alla luce naturale (Daylight Harvesting) con modifica della soglia di illuminamento in base alla presenza di personale, che significa che il sistema regola l'impianto in modo da assicurare il livello di illuminamento di progetto quando è presente personale mentre, in sua assenza, regola l'impianto ad un valore inferiore.
- Disattivazione dell'impianto a fine orario di lavoro, cioè sempre mediante Orologio.

Un ulteriore esempio di algoritmo composto:



In questo ambiente, che potrebbe ad esempio essere il corridoio di un edificio pubblico come una scuola, l'impianto opera con due modalità distinte. Dalle 7:30 alle 22:00 (diurno), l'illuminazione viene attivata da Orologio e durante il suo funzionamento regolata in base alla luce naturale. Dalle 22:00 alle 7:30 (notturno), il funzionamento cambia e l'impianto viene attivato in base a sensori di presenza e mantenuto costante per il tempo di permanenza delle persone dopodiché automaticamente spento.

Quest'ultimo esempio ci fa comprendere come, in un dato ambiente, non sempre uno specifico algoritmo risulta efficace e quindi andrebbe valutata la possibilità di cambiare modalità di controllo durante l'arco della giornata. Con un adeguata configurazione questo è di solito fattibile in un sistema KNX/DALI.

3. Progetto dei sensori

Quando si definisce un algoritmo di regolazione automatica si dovrebbero tenere in considerazione anche aspetti non connessi con l'efficienza energetica ma orientati a non ridurre il comfort luminoso dell'ambiente, considerando le dinamiche che sovrintendono al processo di visione:

- Le regolazioni in riduzione del flusso luminoso, quando ad esempio l'apporto di luce naturale lo consente, devono essere molto lente in modo da non risultare percepibili dalle persone. Di fatto l'occhio umano tende ad adattarsi ad un livello di illuminamento andando a percepire un successivo incremento o decremento. Se questo avviene gradualmente e con un tempo maggiore di quello di adattamento, la variazione non viene praticamente percepita.
- Le regolazioni in aumento del flusso luminoso, ad esempio quando si entra in un ambiente o una zona che è illuminata a livello ridotto a causa dell'assenza di persone, dovrebbero invece essere rapide, in modo da assicurare immediatamente un corretto livello di illuminamento, non troppo diverso dal livello di illuminamento dell'ambiente da cui si proviene.

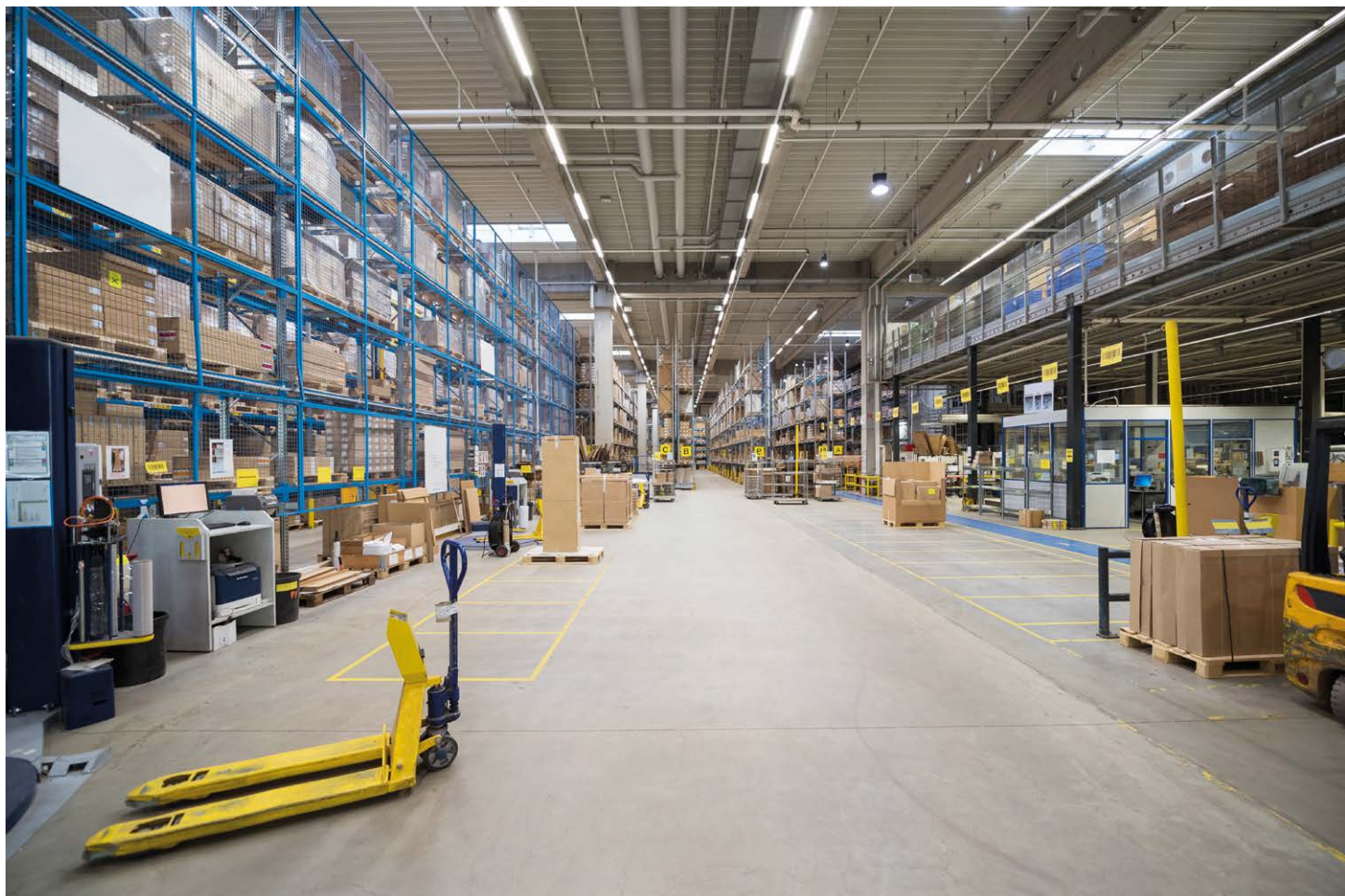
Da questo punto di vista, si potrebbe dire che il miglior algoritmo di regolazione è quello che le persone non percepiscono essere attivo ed operante.

“

Si può dire che il miglior algoritmo di regolazione è quello che le persone non percepiscono essere attivo ed operante.

Fig. 39.

Esempio di illuminazione
in un magazzino di
distribuzione



3. Progetto dei sensori



B

Fig. 40.
Sensore di presenza e controllo costante della luminosità a scomparsa (KNX Mini)



Fig. 41.
Sensore di presenza e controllo costante della luminosità per grandi altezze (KNX High Bay)

- Movimento tangenziale
- Movimento radiale
- Area di lavoro

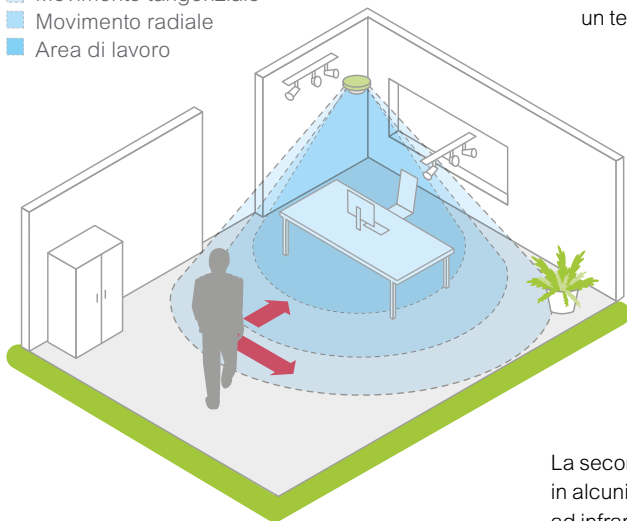


Fig. 42.
Rilevamento di un sensore da soffitto

Dimensionamento della rete di sensori

Oggi la sensoristica riveste un ruolo determinante in ogni contesto impiantistico. I sensori producono informazioni, dati relativi ad eventi o grandezze che, opportunamente trattati ed analizzati, consentono di fare valutazioni approfondite sul corretto funzionamento dei vari sottosistemi e sull'effettivo utilizzo dei luoghi, consentendo di conoscere in modo approfondito ciò che avviene nei vari ambienti. Questo significa che il progetto della sensoristica necessita di una maggiore attenzione perché questi dispositivi, se dimensionati e posizionati correttamente, saranno in grado di fornire informazioni estremamente precise oltre che controllare l'impianto di illuminazione.

Da questo punto di vista, i sensori KNX sono in genere dispositivi estremamente potenti e versatili, implementano più istanze simultanee della rilevazione di presenza, ognuna con parametri funzionali indipendenti e quindi sono dispositivi capaci di svolgere più funzioni simultaneamente, generare dati specifici anche per applicazioni diverse.

La scelta del numero, della tipologia e della posizione dei sensori deve mediare quindi tra diverse esigenze.

Dimensionamento per il controllo di presenza

A livello funzionale i sensori di presenza/movimento vengono impiegati con due diverse modalità:

- 1. Rilevazione presenza:** il sensore accende l'impianto nel momento in cui rileva la presenza di persone nella zona controllata e provvede a spegnerlo dopo un tempo prestabilito dall'ultima rilevazione.
- 2. Rilevazione di assenza:** l'impianto di illuminazione non viene attivato dal sensore ma deve essere attivato manualmente, ad esempio da un pulsante. Il sensore provvede a spegnere automaticamente il sistema dopo che è trascorso un tempo prestabilito dall'ultima rilevazione.

La seconda modalità è ovviamente più efficiente dal punto di vista energetico ma, in alcuni casi, può risultare meno confortevole. I sensori PIR utilizzano la tecnologia ad infrarosso, basata sulla rilevazione di variazioni di temperatura, e sono caratterizzati da un'area di copertura definita e documentata dal costruttore e le cui dimensioni possono variare in funzione dell'altezza di installazione.

In genere in questi sensori la rilevazione di movimento presenta una diversa sensibilità per movimenti trasversali (o tangenziali) al sensore piuttosto che movimenti longitudinali (o radiali), cioè di avvicinamento/allontanamento dal sensore.

Questa diversa sensibilità è indicata dal costruttore con due distinte distanze di copertura.

3. Progetto dei sensori

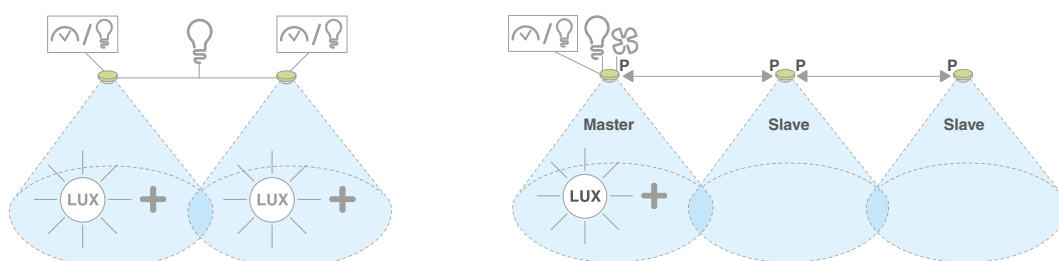
Nel dimensionamento va considerato che questi sensori non rilevano movimenti attraverso schermi o pareti (es. pareti divisorie in vetro), quindi andrebbe valutata la posizione delle persone anche in funzione degli arredi.

Inoltre, al fine di evitare false rilevazioni, è necessario porre attenzione ad eventuali fonti di calore (es. ventilconvettori) o all'esposizione diretta, o riflessa da una superficie, alla luce del sole.

Quando si deve implementare il controllo di presenza all'interno di ambienti vasti, comunque di dimensioni maggiori dell'area coperta da un sensore, si può utilizzare la modalità funzionale Master/Slave, disponibile come opzione nella configurazione KNX del sensore. In questo caso uno dei sensori viene configurato come sensore Master a cui competerà una zona di rilevazione ma soprattutto il comando degli apparecchi illuminanti. Gli altri sensori, disposti in modo da completare la copertura, configurati come sensori Slave. Questi ultimi non controllano direttamente l'illuminazione ma informano il sensore Master della presenza di persone nella loro area sorvegliata. L'opzione Master/Slave è in genere disponibile per tutte le configurazioni funzionali che richiedono la rilevazione di presenza.

B

Fig. 43. Comportamenti diversi dei sensori presenza e controllo costante della luminosità



Relativamente ai tempi di attesa dei sensori di presenza va considerato che questi dipendono sostanzialmente dalla capacità del sensore di rilevare la presenza di persone e questa capacità, come si è visto, può essere alterata da schermi o zone d'ombra. Una strategia efficace può utilizzare in prima istanza tempi brevi e, nel caso in cui l'impianto si dovesse disattivare pur in presenza di persone, prolungarli fino al raggiungimento di una operatività corretta. Va infatti considerato che il tempo di attesa di un sensore di presenza costituisce, di per sé, un fattore intrinseco di inefficienza.



I sensori KNX sono in genere dispositivi estremamente potenti e versatili, implementano più istanze simultanee della rilevazione di presenza, ognuna con parametri funzionali indipendenti e quindi sono dispositivi capaci di svolgere più funzioni simultaneamente, generare dati specifici anche per applicazioni diverse.

3. Progetto dei sensori

Dimensionamento per il Daylight Harvesting

Le funzionalità che provvedono a regolare l'impianto di illuminazione, mantenendo costante il livello di illuminamento, richiedono dispositivi dotati di sensori di luminosità, generalmente integrati all'interno del sensore di movimento. Con questi dispositivi è quindi possibile implementare soluzioni di:

- a) Daylight Harvesting: regolazione automatica in funzione dell'apporto di luce naturale
- b) Constant Illuminance: recupero del fattore di manutenzione.

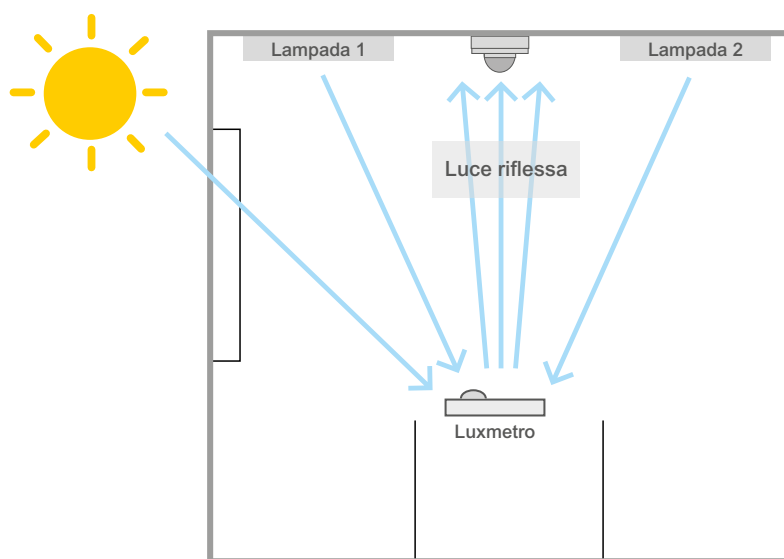
Per il dimensionamento di questi sensori va tenuto in considerazione che:

- Il sensore, essendo montato a soffitto, non può misurare un livello di illuminamento dell'ambiente ma piuttosto una luminanza determinata dalla luce riflessa dal pavimento. Questo significa che il valore misurato è fortemente influenzato dalle caratteristiche delle superfici orizzontali in corrispondenza dell'area monitorata. Ad esempio, una pavimentazione scura o la presenza di arredi o macchinari, può modificare il valore misurato in modo significativo.
- Sovente la luce naturale si distribuisce all'interno dell'ambiente in modo disomogeneo dipendente dalla tipologia e geometria delle aperture.
- L'intensità e la distribuzione della luce naturale è poi influenzata dalla posizione del sole che varia durante le stagioni dell'anno e dalle condizioni di sereno o nuvoloso.

Conseguentemente, il progetto di questi sensori, dovendo tener conto di questi aspetti, segue alcune direttive:

- Questi sistemi assicurano un elevato livello di performance energetica ma possono alterare il corretto funzionamento in termini illuminotecnici. È quindi necessario che i sensori vengano calibrati utilizzando un luxmetro, verificando le letture sia in assenza che in presenza di luce naturale. Essendo una misurazione indiretta inevitabilmente sarà caratterizzata da un livello di errore che può variare molto lungo la scala dei valori di illuminamento. È consigliato quindi che la calibrazione venga effettuata per valori di illuminamento molto prossimi a quello di progetto.
- In ambienti di ridotte dimensioni, ad esempio locali ad uso uffici o aule, il sensore può essere posizionato in modo da rilevare il livello di illuminamento in corrispondenza del piano di lavoro ed essere tarato in modo da assicurare la migliore precisione in corrispondenza di valori di illuminamento prossimi al Setpoint. In ambienti vasti, se l'apporto di luce naturale è sostanzialmente uniforme, non è necessario posizionare un numero elevato di sensori. In caso contrario è necessario suddividere l'area in zone caratterizzate da un contributo di luce naturale ragionevolmente uniforme.

La calibrazione dei sensori è opportuno venga ripetuta a distanza di qualche mese dalla prima configurazione e poi in caso di modifiche al layout degli ambienti che possano alterare la riflessione.



3. Progetto dei sensori

Va innanzi tutto verificato se le caratteristiche delle aperture sono tali da garantire, nelle ore diurne, un più che sufficiente (e idoneo) livello di illuminamento, per cui l'impianto di illuminazione sarà rapidamente portato a spegnersi completamente, fino all'approssimarsi del tramonto. Oppure, se le aperture assicurano un non trascurabile apporto di luce naturale ma questa, anche in condizioni di massimo illuminamento, non è sufficiente, o non idonea per abbagliamento, uniformità, ecc. a raggiungere il valore di progetto. In questo secondo caso l'impianto di illuminazione artificiale sarà operativo durante tutto l'arco della giornata e dovrà fornire il contributo necessario. È chiaro come in questa seconda condizione la calibrazione del sensore diventa molto importante al fine di assicurare sempre e comunque un livello di illuminamento corretto.

Per compensare la diversa distribuzione della luce naturale all'interno di un ambiente, i sensori KNX sono in genere in grado di generare due distinti valori di regolazione, di cui il secondo è funzione del primo sulla base di un coefficiente di maggiorazione o riduzione. Ad esempio, in un ufficio la zona prossima alle finestre sarà sicuramente oggetto di un maggior contributo di luce naturale rispetto alla zona interna. Questo maggior contributo è misurabile con il luxmetro e potrebbe ad esempio risultare pari al 20%. Si può a questo punto impostare nel sensore la generazione di due comandi di regolazione, quello principale, determinato sulla condizione presente nella zona centrale dell'ambiente ed un secondo, pari all'80% da inviare agli apparecchi illuminanti posti verso le finestre.

N.B: questa funzionalità è efficace durante le ore diurne, quando il contributo di luce naturale è significativo ma va poi verificata in condizioni di assenza di luce naturale in modo che la fila di lampade verso le finestre vengano regolate come le altre (generalmente il coefficiente di riflessione della parete finestrata è inferiore alle altre pareti, per cui di notte il livello di illuminamento, di questa zona può risultare inferiore al resto dell'ambiente.

Alcuni sensori supportano una modalità di regolazione basata su due soglie di illuminamento commutabili.

Questa ulteriore funzionalità consente di modificare il valore di illuminamento da mantenere in un ambiente in modo da fornire sempre e solo quello adeguato alle esigenze del compito visivo.

Fig. 44.

Ufficio con illuminazione regolata in funzione della luce naturale



3. Progetto dei sensori

Integrazione funzionale dei sensori

I moderni sensori KNX sono dispositivi che integrano diverse funzionalità con parametri operativi impostabili in base alle esigenze di progetto.

Ad esempio:

- I sensori di presenza e di luminosità sono attivabili o disattivabili personalizzando il funzionamento.
- Sono disponibili diverse funzionalità di rilevazione presenza, separate ed indipendenti (un sensore KNX è come se fosse costituito da più sensori indipendenti, in un unico dispositivo).

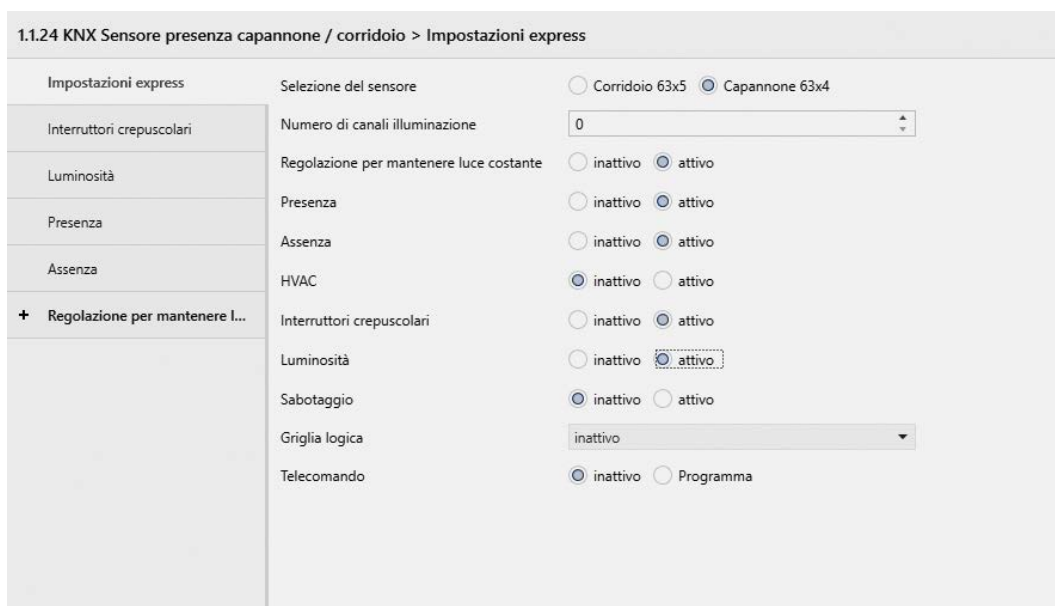


Fig. 45.
Parametri di
configurazione
di un sensore KNX

La sensoristica utilizzata per il controllo dell'illuminazione è, nei sistemi KNX, utilizzata anche per il controllo di altre applicazioni, per cui nel momento in cui si va a dimensionare il numero, la posizione ed il tipo di sensori è opportuno tenere in considerazione tutte le applicazioni:

- La rilevazione di presenza può essere utilizzata per la gestione delle funzioni connesse con la climatizzazione di un ambiente. Ad esempio, l'assenza prolungata di persone può portare a modificare il regime di funzionamento o il setpoint di temperatura;
- In diverse situazioni la presenza/assenza di persone può essere utilizzata come discriminante per il controllo di sistemi oscuranti e/o tende motorizzate. Questi sistemi oltre a adattare le condizioni di luce alle esigenze degli operatori, possono contribuire in modo significativo a migliorare l'efficienza energetica dei sistemi di climatizzazione valorizzando l'apporto di calore del sole in inverno o, schermandolo, nel periodo estivo. Questi movimenti automatici non devono interferire con le esigenze degli occupanti. In questo caso il sensore di presenza aiuta a gestire correttamente questi sistemi sia in presenza che in assenza di persone.
- I sensori di presenza vengono spesso utilizzati anche per l'analisi delle condizioni di utilizzo di porzioni di un edificio al fine di determinare il modo di fruizione degli ambienti, informazioni molto utili all'energy manager per definire algoritmi di controllo sempre più efficienti e confortevoli.

Come si vede l'infrastruttura di controllo dell'illuminazione deve potersi integrare efficacemente nel contesto più generale di controllo dell'edificio.

3. Progetto dei sensori

Il comando manuale

È molto importante che, là dove si introducono degli automatismi, ad esempio per la regolazione del flusso luminoso delle lampade in funzione della luce naturale, si preveda sempre e comunque la possibilità di controllare gli apparecchi in modo manuale.

Va considerato che:

- In caso di guasto o danneggiamento di un sensore, l'impianto potrebbe non essere più utilizzabile o funzionare correttamente;
- Per esigenze di chi utilizza i locali potrebbe essere richiesto di sospendere temporaneamente una regolazione automatica al fine di consentire lo svolgimento di attività (es. videoproiezione)
- Per esigenze manutentive potrebbe essere appropriato controllare temporaneamente le lampade in modo da poter svolgere determinate verifiche.

Il progetto deve quindi comprendere anche l'opzione di controllo manuale adottando ad esempio:

- Punti di comando (pulsanti) disposti nei singoli ambienti;
- Applicazioni di controllo sulla supervisione, accessibili alla manutenzione o ai singoli operatori mediante interfaccia smartphone, per disattivare gli automatismi;
- Nei grandi edifici potrebbe risultare opportuno poter modificare, ambiente per ambiente, la modalità di funzionamento in modo da adattarsi alle frequenti variazioni di destinazione d'uso.

Il comando manuale deve in genere disattivare le funzionalità attive nei sensori che provvedono a regolare il flusso luminoso in modo automatico e consentire il pieno controllo del sistema da parte dell'utente. Per contro è altrettanto importante che il sistema possa tornare al funzionamento automatico in modo spontaneo, ad esempio lo stesso sensore che viene disattivato dal comando manuale può continuare a monitorare la presenza di persone e, dopo un tempo prestabilito dall'ultima rilevazione, riportare il sistema in automatico.



Fig. 46. Multitouch Pro



Fig. 47. Pulsante Pro

“

È molto importante che, là dove si introducono degli automatismi, ad esempio per la regolazione del flusso luminoso delle lampade in funzione della luce naturale, si preveda sempre e comunque la possibilità di controllare gli apparecchi in modo manuale.

4. Progetto del network KNX

B

4. Progetto del network KNX

Se con il progetto illuminotecnico e la scelta degli apparecchi illuminanti si è potuto definire l'architettura del Bus DALI, la successiva scelta dell'algoritmo di controllo per ciascun ambiente consente la determinazione del numero e della posizione dei sensori e dei punti di comando manuale.

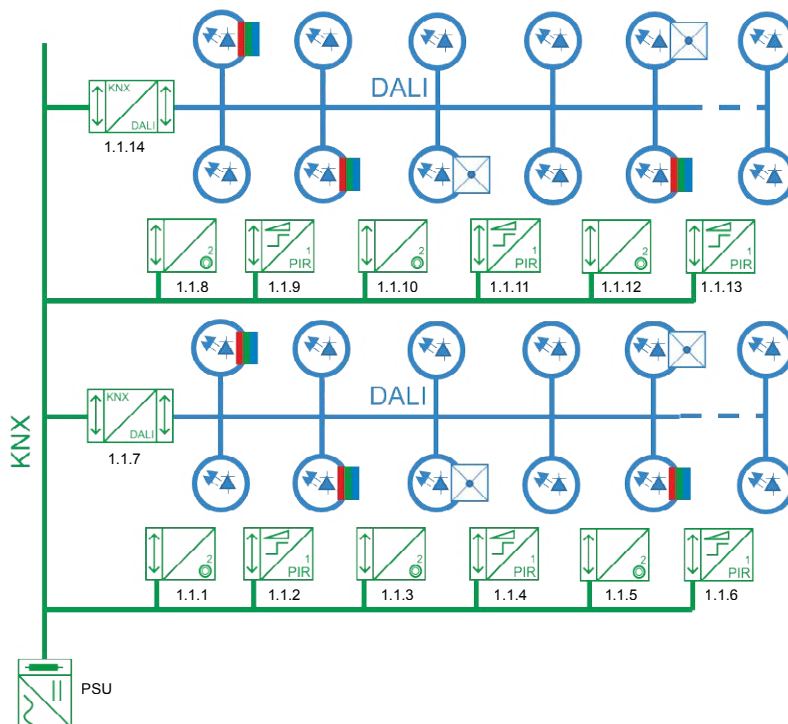
Questi dispositivi, insieme ai Gateway KNX/DALI predisposti per ciascun segmento DALI, ci portano al dimensionamento del network KNX che provvede all'integrazione dell'intero sistema.

Va innanzi tutto considerato che la tecnologia KNX all'interno di un edificio è in grado di gestire e controllare anche altre infrastrutture impiantistiche e quindi il dimensionamento di questa infrastruttura dovrebbe tener conto anche di queste funzionalità e dei relativi componenti, anche solo come predisposizione.

Topologia delle reti KNX

B

Come si è visto nella prima parte di questa guida, un'infrastruttura KNX è composta da Linee KNX alle quali possono essere connessi fino a 256 dispositivi. In questo caso, i dispositivi KNX sono costituiti dai Gateway KNX/DALI e dai diversi sensori e componenti per il controllo manuale e automatico dell'installazione.



Quindi una linea KNX, se non vengono superati i limiti di lunghezza dei collegamenti, è già in grado di gestire un sistema LCS comprendente diverse centinaia di apparecchi illuminanti.

4. Progetto del network KNX

Il cablaggio / mezzo fisico di comunicazione

A differenza del bus DALI, per il cablaggio KNX deve essere utilizzato un cavo certificato conforme allo standard, tipicamente di colore verde (ma disponibile anche con guaina con colorazione diversa), nelle versioni da una o due coppie twistate⁷⁹.

I limiti di lunghezza di un segmento KNX sono:

1. La somma complessiva di tutti i collegamenti del segmento non deve superare 1000 m;
2. Due dispositivi KNX non devono trovarsi ad una distanza superiore a 700 m;
3. La massima distanza tra un dispositivo KNX e l'alimentatore è di 350 m.

Quando richiesto, ad esempio perché il numero di dispositivi supera il limite di 256 o si deve coprire un'area di considerevole ampiezza, il sistema KNX viene ampliato realizzando ulteriori linee, tra loro connesse mediante una dorsale. Questa scalabilità consente di implementare impianti di illuminazione anche in edifici di grandi dimensioni, comprensori industriali, ecc. senza perdere in alcun modo la possibilità di interagire con il singolo apparecchio illuminante.

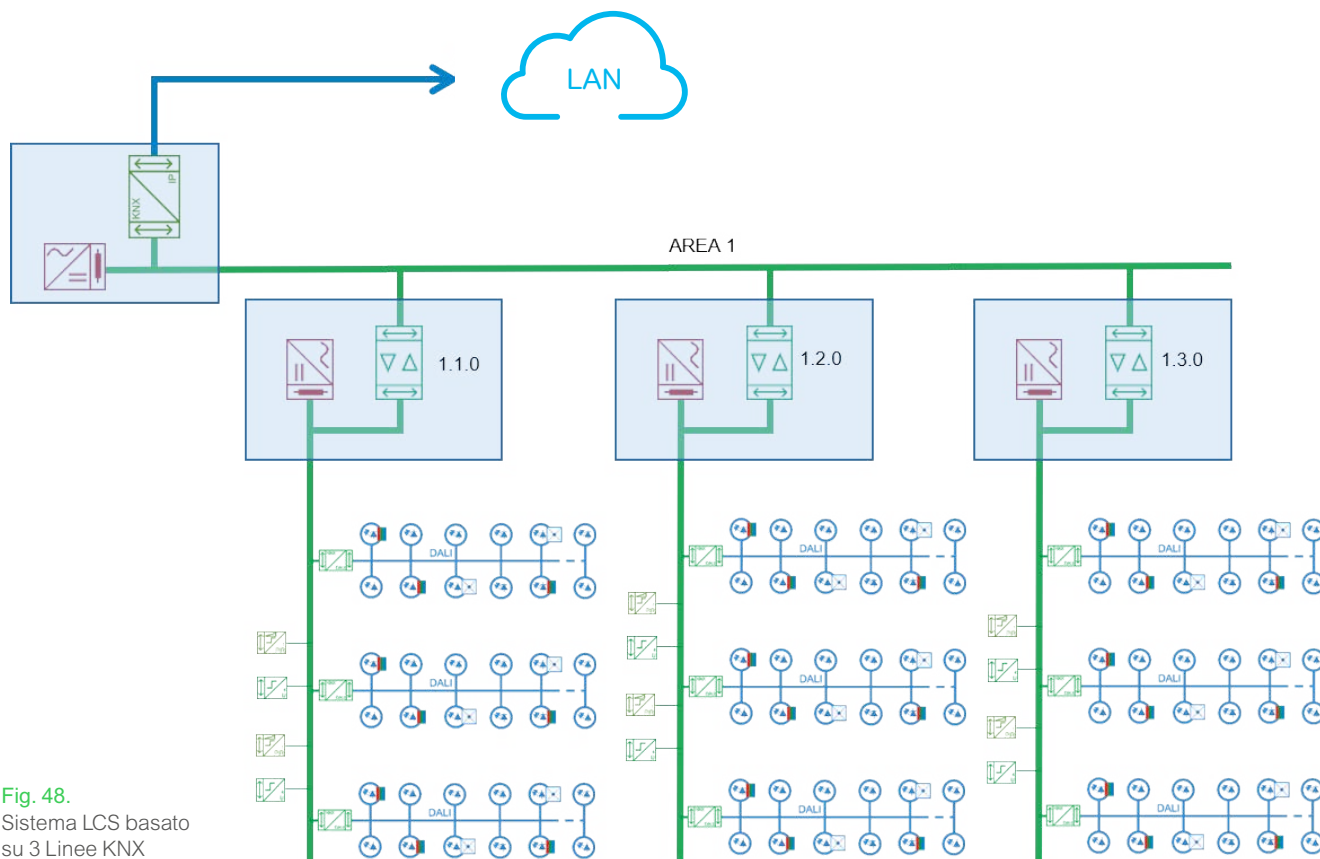


Fig. 48.
Sistema LCS basato
su 3 Linee KNX

L'infrastruttura di comunicazione KNX è in questo caso composta da diversi segmenti, ognuno dotato di componenti di sistema, costituiti da un Alimentatore KNX ed un Accoppiatore di Linea/Area. Questi dispositivi possono essere inseriti all'interno dei quadri elettrici di distribuzione generale oppure, in particolare nel caso di ristrutturazione di impianti esistenti, essere posizionati all'interno di appositi centralini separati e posizionati nell'edificio in modo da coprire l'area interessata dall'installazione.

In accordo con le specifiche KNX per la topologia TP-256, iniziano ad essere disponibili alimentatori KNX con corrente nominale superiore a 640 mA (es. 1280 mA), idonei per alimentare linee KNX con un numero maggiore di 64 dispositivi. Ovviamente queste installazioni devono essere dimensionate con un'attenzione particolare all'assorbimento totale dei dispositivi ed allo sviluppo complessivo dei collegamenti che devono comunque rispettare i limiti di lunghezza.

(79) La seconda coppia in un cavo KNX non serve per la comunicazione di sistema ma può essere utilizzata per la distribuzione di una tensione di alimentazione ausiliaria. Oggi si utilizza comunemente il cavo con una sola coppia.

4. Progetto del network KNX

L'evoluzione di questa tecnologia porta oggi a disporre anche di alimentatori⁸⁰ che svolgono funzioni di diagnostica del sistema, analizzando simultaneamente la tensione e la corrente assorbita sul bus ed il traffico, segnalando la presenza di anomalie come ad esempio sovraccarico di messaggi o messaggi ripetuti. Questa nuova generazione di dispositivi di sistema consente di implementare soluzioni sempre più affidabili e performanti.

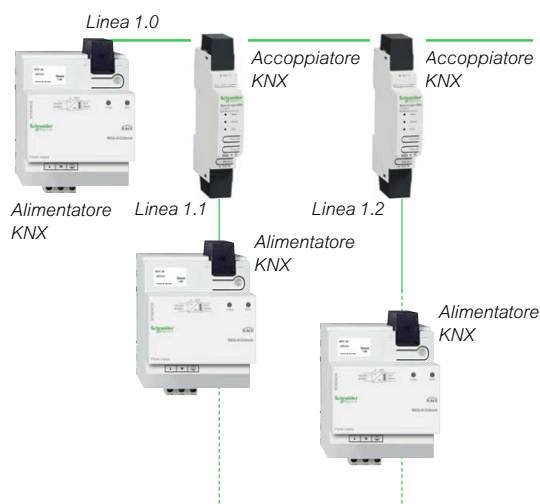


Fig. 49.
Architettura con dorsale e linee bus TP

Un sistema KNX può infine essere connesso ad una rete IP in modo da agevolare la supervisione dell'impianto o la connessione, anche in remoto, da parte dei tecnici preposti alla configurazione e manutenzione.

L'implementazione KNXnet/IP prevede diverse modalità di comunicazione che comprendono:

- KNX IP-Tunnelling: utilizzato ad esempio per la connessione di un supervisore. Per queste applicazioni si utilizza un'interfaccia IP che in genere è in grado di supportare connessioni multiple simultanee (in genere almeno 5).
- KNX IP-Routing: quando si vuole utilizzare la rete IP come dorsale di comunicazione KNX al posto di una dorsale tradizionale in doppino twistato. In questo caso il dispositivo deve essere un KNX IP Router.

Per la comunicazione su rete IP oggi è anche disponibile una soluzione che assicura un'adeguata sicurezza mediante crittografia (KNX IP Secure).

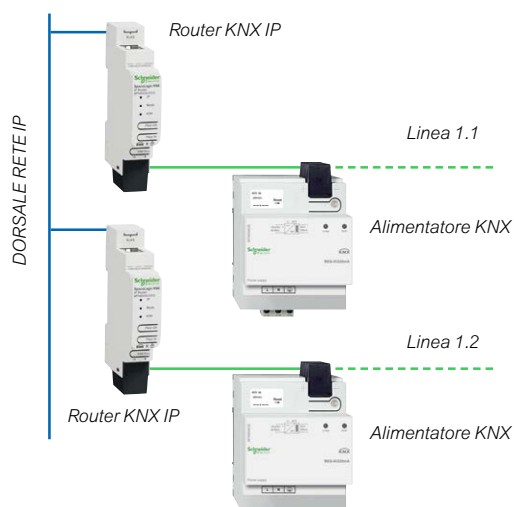


Fig. 50.
Architettura con dorsale LAN e linee bus TP

(80) L'alimentatore tradizionale KNX non ha un indirizzo KNX in quanto non deve comunicare sul bus. La nuova generazione di alimentatori con funzionalità di analisi e diagnostica necessita di un regolare indirizzo KNX in quanto questi componenti devono poter trasmettere messaggi.

4. Progetto del network KNX

Funzioni di controllo

KNX è una tecnologia di automazione dell'edificio che basa il suo funzionamento su una comunicazione di tipo multicast (uno a molti). I dispositivi di comando, pulsanti, sensori, ecc. inviano messaggi di controllo ad un "indirizzo di gruppo" che può essere attribuito, durante il progetto e la configurazione del sistema, a più dispositivi. Questo assicura la possibilità da parte di un sensore di dialogare simultaneamente con apparecchi illuminanti, o gruppi DALI, connessi a segmenti DALI diversi, realizzando di fatto un loro ulteriore raggruppamento lato KNX.

Questa caratteristica assicura la totale indipendenza tra il cablaggio dei segmenti DALI ed il successivo raggruppamento funzionale degli apparecchi illuminanti. Non è più necessario collegare allo stesso Bus DALI le lampade di un dato ambiente per riuscire poi a controllarle insieme, ottimizzando il cablaggio DALI che potrà seguire il percorso più breve ed adattarsi alle canalizzazioni elettriche.

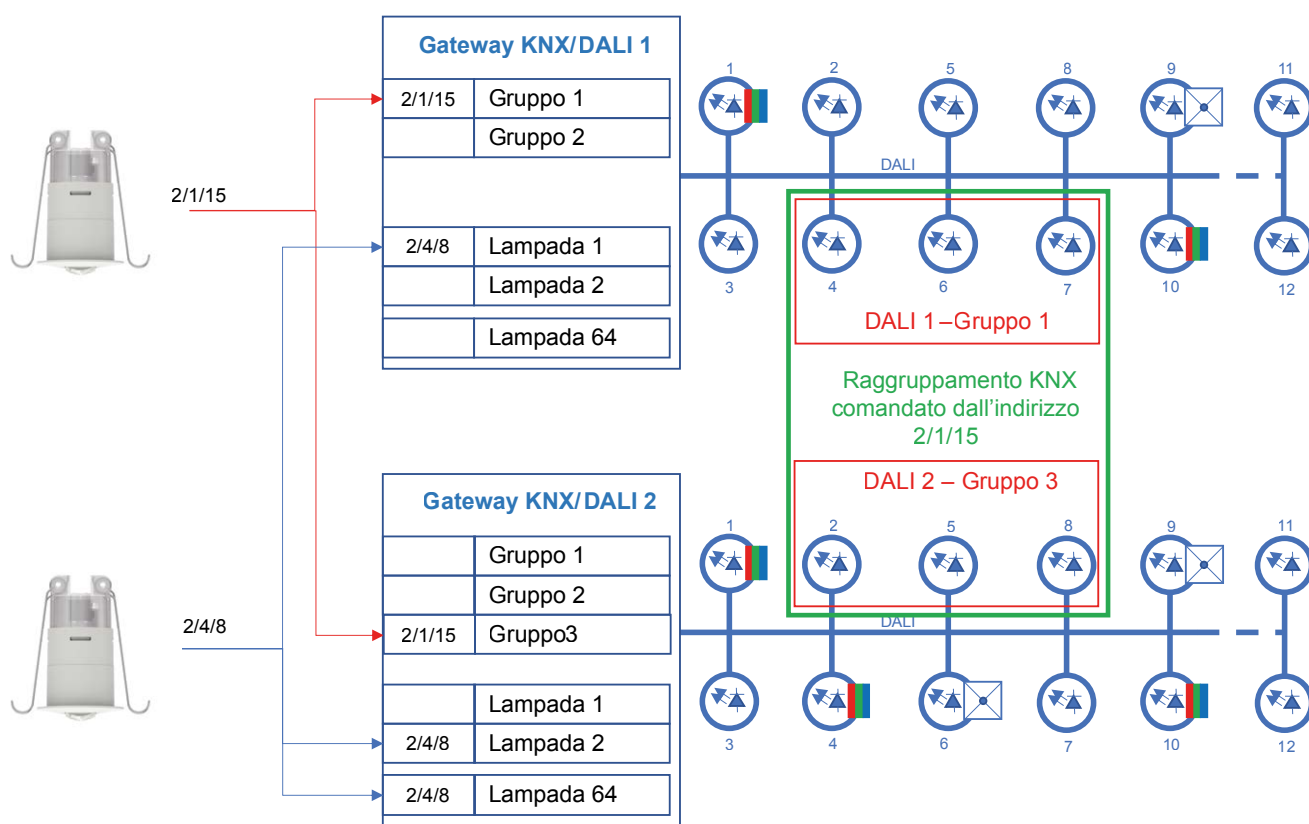


Fig. 51. Il Gateway KNX/DALI consente il controllo di gruppi di apparecchi illuminanti (Gruppi DALI) mantenendo la possibilità di ricevere singolarmente da ciascuna lampada informazioni diagnostiche.

“

Grazie ad una comunicazione di tipo multicast (uno a molti), i sensori KNX inviano messaggi di controllo ad un "indirizzo di gruppo" che può essere attribuito a più dispositivi, raggiungendo simultaneamente più apparecchi illuminanti, o gruppi, connessi a segmenti DALI diversi

5.

5. Illuminazione di emergenza

B



5. Illuminazione di emergenza

B

Introduzione

Sono moltissimi gli ambienti ed i luoghi che devono essere dotati di un impianto di illuminazione di sicurezza, farne un elenco completo esula dagli obiettivi di questa guida. Certamente si può dire che questa tipologia impiantistica è ormai parte integrante del progetto illuminotecnico che, fin dalle fasi iniziali, deve valutare la soluzione più efficace.

L'illuminazione di sicurezza deve assicurare un livello di illuminamento minimo adeguato in caso di guasto all'illuminazione ordinaria o di mancanza dell'alimentazione elettrica generale e, siccome questa performance è strettamente legata alla sicurezza delle persone, questi impianti devono essere sottoposti a controlli periodici.

Queste installazioni possono essere costituite da apparecchi autonomi autoalimentati, dotati cioè singolarmente di gruppo batterie/inverter oppure da sistemi alimentati da soccorritori centralizzati, o come capita in edifici di una certa dimensione, da sistemi misti che comprendono soluzioni dell'uno e dell'altro tipo, in base ai vantaggi offerti da queste due modalità funzionali ed installative.

A livello normativo gli impianti di illuminazione di sicurezza devono essere dimensionati in base ai requisiti funzionali ed illuminotecnici previsti dalle Norme EN 1838 e EN 50172, in particolare per le tipologie di sistemi previste:

- Illuminazione di sicurezza per l'esodo
- Illuminazione antipanico
- Illuminazione di aree ad alto rischio
- Segnali di sicurezza

Per ognuna di queste applicazioni la norma specifica requisiti funzionali quali livelli di illuminamento, il tempo di intervento, l'autonomia delle sorgenti di sicurezza, ecc.

Conseguentemente, la realizzazione di queste tipologie di installazioni richiede soluzioni luminose diverse.



Fig. 52. Esempio di apparecchio di emergenza

✓ Norme di riferimento

- EN 60598-2-22 – Apparecchi di illuminazione. Parte 2-22: Prescrizioni particolari – Apparecchi di emergenza
- EN 61347-2-7 – Unità di alimentazione di lampada. Parte 2-7: Prescrizioni particolari per unità di alimentazione elettroniche (autonome) alimentate da batterie per illuminazione di emergenza.
- EN 62034 – Sistemi di verifica automatica per l'illuminazione di sicurezza
- EN 50172 – Sistemi di illuminazione di emergenza
- EN 50171 – Sistemi di alimentazione centralizzata
- CEI UNI 11222 – Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione di sicurezza degli edifici. Procedure per la verifica e la manutenzione periodica

5. Illuminazione di emergenza

Apparecchi illuminanti per illuminazione di emergenza

La Norma EN 60598-2-22 definisce i requisiti costruttivi e funzionali degli apparecchi illuminanti per l'illuminazione di emergenza, introducendo innanzi tutto una loro classificazione in:

- **Apparecchio di emergenza permanente:** apparecchio nel quale le lampade per illuminazione di emergenza sono alimentate quando è richiesta l'illuminazione normale o di emergenza;
- **Apparecchio di emergenza non permanente:** apparecchio nel quale le lampade per l'illuminazione di emergenza funzionano soltanto quando l'illuminazione normale viene a mancare.
- **Apparecchio di emergenza autonomo:** apparecchio, del tipo permanente o non permanente, nel quale tutti gli elementi, come la batteria, la lampada, l'unità di controllo e i dispositivi di prova e di segnalazione, se previsti, sono contenuti nell'apparecchio o sono adiacenti ad esso (entro 1 m di cavo).
- **Apparecchio di emergenza ad alimentazione centralizzata:** apparecchio, permanente o non permanente, alimentato da un sistema di emergenza centralizzato, che non è contenuto nell'apparecchio.
- **Apparecchio di emergenza combinato:** apparecchio contenente due o più lampade, almeno una delle quali è alimentata dal circuito di emergenza e le altre dall'alimentazione normale. Questi apparecchi possono essere sia permanenti che non permanenti.
- **Segnale di sicurezza illuminato internamente:** apparecchio di emergenza autonomo o con alimentazione centralizzata, previsto per fornire uno specifico messaggio di sicurezza ottenuto tramite una combinazione di colori e forme geometriche.

La norma fornisce una serie di prescrizioni destinate ad assicurare un adeguato livello di affidabilità funzionale per questo tipo di apparecchi, ad esempio devono poter funzionare in modalità di emergenza in presenza di una temperatura ambiente di 70 °C per un tempo pari al 50% dell'autonomia nominale. Per gli apparecchi illuminanti di emergenza è prevista una marcatura specifica comprendente le seguenti indicazioni:

	*1	*2	*3	*4
*1: Tipo di apparecchio	X = autonomo Z = ad alimentazione centralizzata			
*2: Modo di funzionamento	0 = non permanente 1 = permanente 2 = combinato non permanente 3 = combinato permanente 4 = composto non permanente 5 = composto permanente 6 = satellite			
*3: Accessori	A = comprende un dispositivo di prova B = comprende un dispositivo per il modo di riposo a distanza C = comprende un dispositivo per il modo di inibizione D = apparecchio per aree ad alto rischio E = con una lampada(e) e/o batteria non sostituibile F = unità di alimentazione per la prova automatica conforme alla EN 61347-2-7, contrassegnata EL-T G = segnale di sicurezza illuminato internamente			
*4: Autonomia	Autonomia nominale espressa in minuti (solo per lampade autonome).			

Gli apparecchi dotati internamente di un sistema di verifica automatica devono inoltre essere conformi alla Norma IEC 62034.

✓ Norma EN 60598-2-22



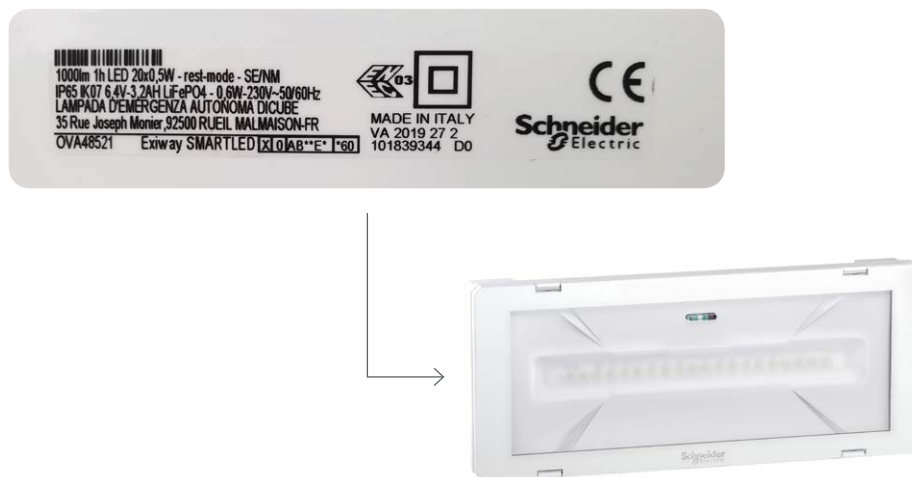
Apparecchi di illuminazione

Parte 2-22: Prescrizioni particolari - Apparecchi di emergenza

La norma specifica le prescrizioni per gli apparecchi di illuminazione di emergenza che impiegano sorgenti luminose in circuiti di emergenza con tensioni di alimentazione non superiori a 1.000 V.

5. Illuminazione di emergenza

Nella figura seguente è riportato un esempio di marcatura conforme alla EN 60598-2-22.



Sistemi di verifica automatica (ATS)

Gli impianti di illuminazione di sicurezza devono essere sottoposti a controllo e manutenzione periodica al fine di assicurarne sempre la perfetta efficienza e segnalare tempestivamente qualsiasi anomalia o guasto affinché possa essere riparato.

Oggi è diffuso l'impiego di soluzioni che eseguono questa verifica in modalità automatica, sia singolarmente per ciascun apparecchio (Autotest) e sia con un controllo centralizzato, capace di visualizzare lo stato di operatività di ciascun apparecchio ed il risultato dei test. I criteri e le modalità di funzionamento di questi sistemi sono oggetto della Norma EN 62034:2012⁽⁸¹⁾. I sistemi ATS (Automatic Test System) sono in genere contenuti all'interno dell'apparecchio stesso e comprendono tutti i componenti hardware e software che consentono l'esecuzione di un test funzionale o un test di autonomia. Alcuni di questi sistemi possono inoltre essere monitorati mediante un sistema di comunicazione capace di visualizzare su un pannello remoto le informazioni che diversamente sarebbero visibili solo mediante le segnalazioni luminose poste a bordo della lampada.

Salvo prescrizioni diverse, il sistema ATS deve provvedere ad una prova funzionale almeno una volta al mese ed una prova di autonomia entro 52 settimane dalla messa in servizio dell'impianto e poi, successivamente, almeno una volta ogni anno (è richiesto che il sistema impedisca l'esecuzione accidentale di ulteriori test di autonomia).

L'apparecchio inizia il test solo se completamente carico, diversamente ne rinvia l'esecuzione al momento in cui questa condizione è raggiunta.

(81) Recepita in Italia come CEI EN 62034:2013 – Sistemi di verifica automatica per l'illuminazione di sicurezza.

5. Illuminazione di emergenza

Sistemi KNX/DALI per l'illuminazione di emergenza

Lo standard DALI prevede due capitoli specificamente dedicati al supporto delle funzionalità delle lampade di emergenza:

- EN 62386-102 – Device Type 1: Self-contained emergency lighting⁸²
- EN 62386-220 – Device Type 19: Centrally Supplied Emergency Operation⁸³

Questo aspetto apre ad un'importante e significativa evoluzione di queste installazioni che, ancora oggi, vengono in larga parte realizzate come impianti completamente separati, determinando:

- Utilizzo di sistemi di monitoraggio dell'impianto basati su tecnologie proprietarie;
- Conseguenti limitazioni nella scelta degli apparecchi illuminanti;
- Complesse limitazioni nell'integrazione di soluzioni miste che, di fatto, vanno a costituire installazioni completamente separate, rendendo necessarie soluzioni di monitoraggio e manutenzione distinte.
- Non facile integrazione di questi impianti nel contesto dell'edificio;

L'implementazione dell'illuminazione di emergenza con apparecchi DALI introduce inoltre funzionalità aggiuntive, non sempre disponibili in altri sistemi, come ad esempio:

- Possibilità di dimmerare gli apparecchi di emergenza permanenti, in condizioni alimentazione ordinaria presente.
- Determinare un livello di flusso specifico per la Modalità Emergenza, consentendo la limitazione dell'abbagliamento in accordo con le prescrizioni della Norma UNI EN 1838;
- Attivare un prolungamento della Modalità Emergenza al ritorno di alimentazione ordinaria (Prolong Time o Extended Emergency Mode⁸⁴).

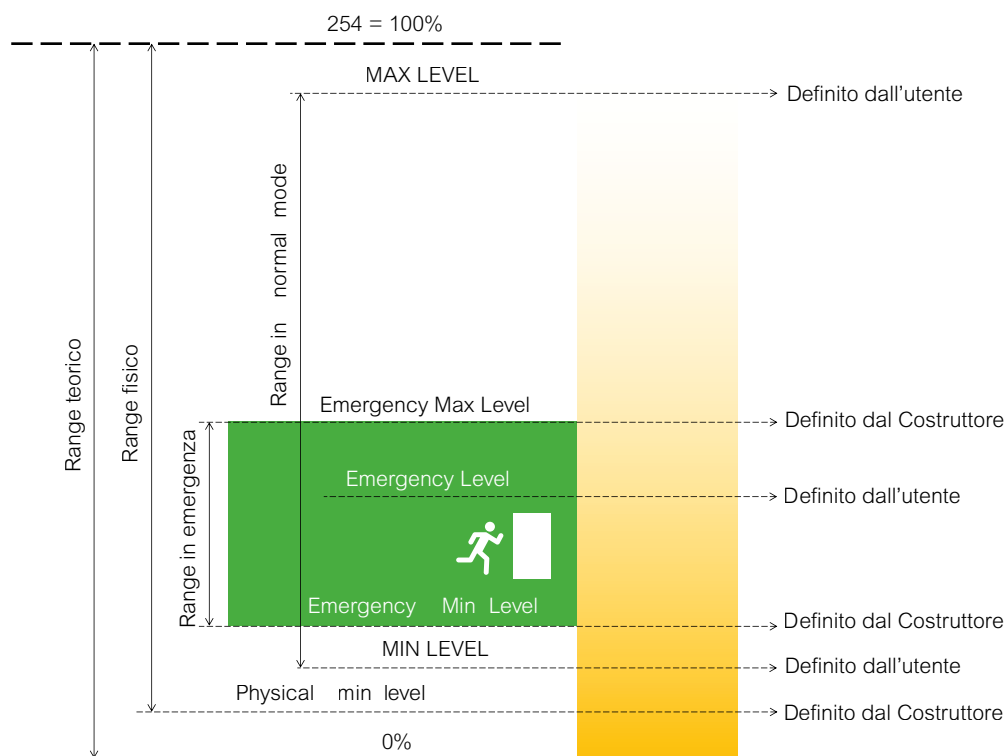


Fig. 53. Livelli di flusso luminoso nelle lampade DALI DT1

(82) Attualmente le versione in vigore di questa parte dello standard IEC 62386 risale al 2009.

È prevista a breve la pubblicazione di una nuova edizione, conforme allo standard DALI2.

(83) Al momento della pubblicazione di questo volume non è ancora disponibile la procedura per la certificazione dei componenti conformi alla parte 220 dello standard.

(84) La Norma UNI EN 1838 prescrive che l'illuminazione di emergenza intervenga entro tempo non superiore a 0,5 secondi al venir meno dell'illuminazione ordinaria. La norma non prescrive però alcun comportamento del sistema al ripristino dell'alimentazione elettrica che non sempre determina la riattivazione automatica dell'illuminazione ordinaria. L'Emergency Mode consente di mantenere accesa l'illuminazione di sicurezza per un tempo appropriato al ritorno dell'alimentazione ordinaria.

5. Illuminazione di emergenza

Per quanto riguarda gli apparecchi autonomi, lo standard DALI prevede quattro diverse tipologie:

- Tipo A: Lampada permanente con possibilità di comando on/off e regolazione del flusso;
- Tipo B: Lampada permanente con possibilità di comando on/off
- Tipo C: Lampada permanente (nessun comando possibile)
- Tipo D: Lampada non permanente (si attiva solo in assenza di tensione).

Le tipologie A e B vanno ad ampliare la classificazione di cui alla Norma EN 60598-2-22 e, in particolare per la tipologia A, si rende possibile integrare l'illuminazione di emergenza all'interno dell'illuminazione ordinaria in ambienti o zone dove questa viene regolata.

Di fatto questo apparecchio illuminante in condizioni normali è controllabile con comandi di regolazione del flusso luminoso, può essere acceso o spento in base alle esigenze del momento ma, in caso di guasto all'alimentazione elettrica, si attiva portandosi al livello di flusso configurato (Emergency Level).

Gli apparecchi di emergenza DALI supportano diversi modi operativi, comprendenti:

Normal Mode: condizione normale, con alimentazione elettrica presente e sorgente luminosa nella condizione prevista dal Tipo (permanente, non permanente, ecc.).

Inhibit Mode: la funzionalità dell'apparecchio viene sospesa, ad esempio per effettuare interventi di manutenzione elettrica senza scaricare le batterie. Dopo aver attivato questa modalità l'apparecchio non si accende in caso di mancanza di tensione. Al ripristino dell'alimentazione la lampada torna automaticamente in Normal Mode.

Rest Mode: modo di riposto che può essere attivato in assenza di alimentazione elettrica. Anche in questo caso, al ripristino della tensione la lampada torna automaticamente in Normal Mode.

Emergency Mode: condizione di assenza di alimentazione elettrica in cui la lampada è accesa, alimentata dalle batterie.

Extended Emergency Mode: condizione in presenza di alimentazione in cui la lampada resta attiva per un tempo impostato nella configurazione.

Il sistema prevede transizioni automatiche tra i diversi modi operativi in modo da assicurare sempre l'operatività dell'impianto.

5. Illuminazione di emergenza

Architetture per l'illuminazione di emergenza

L'adozione di apparecchi illuminanti di emergenza DALI amplia le possibilità installative consentendo diverse architetture, sia per i sistemi centralizzati che per impianti costituiti da apparecchi autoalimentati.

Lo scopo di questa guida, come si è capito, è quello di dare strumenti utili nella progettazione di sistemi di illuminazione DALI integrati con KNX: in questo senso si vogliono proporre alcune architetture Schneider Electric dedicate alla gestione di lampade di emergenza DALI. In tutti gli esempi riportati qui di seguito le reti DALI e KNX sono collegate a controllori, come la centralina DiCube o SpaceLynk, che consentono il monitoraggio del sistema, in locale e da remoto.

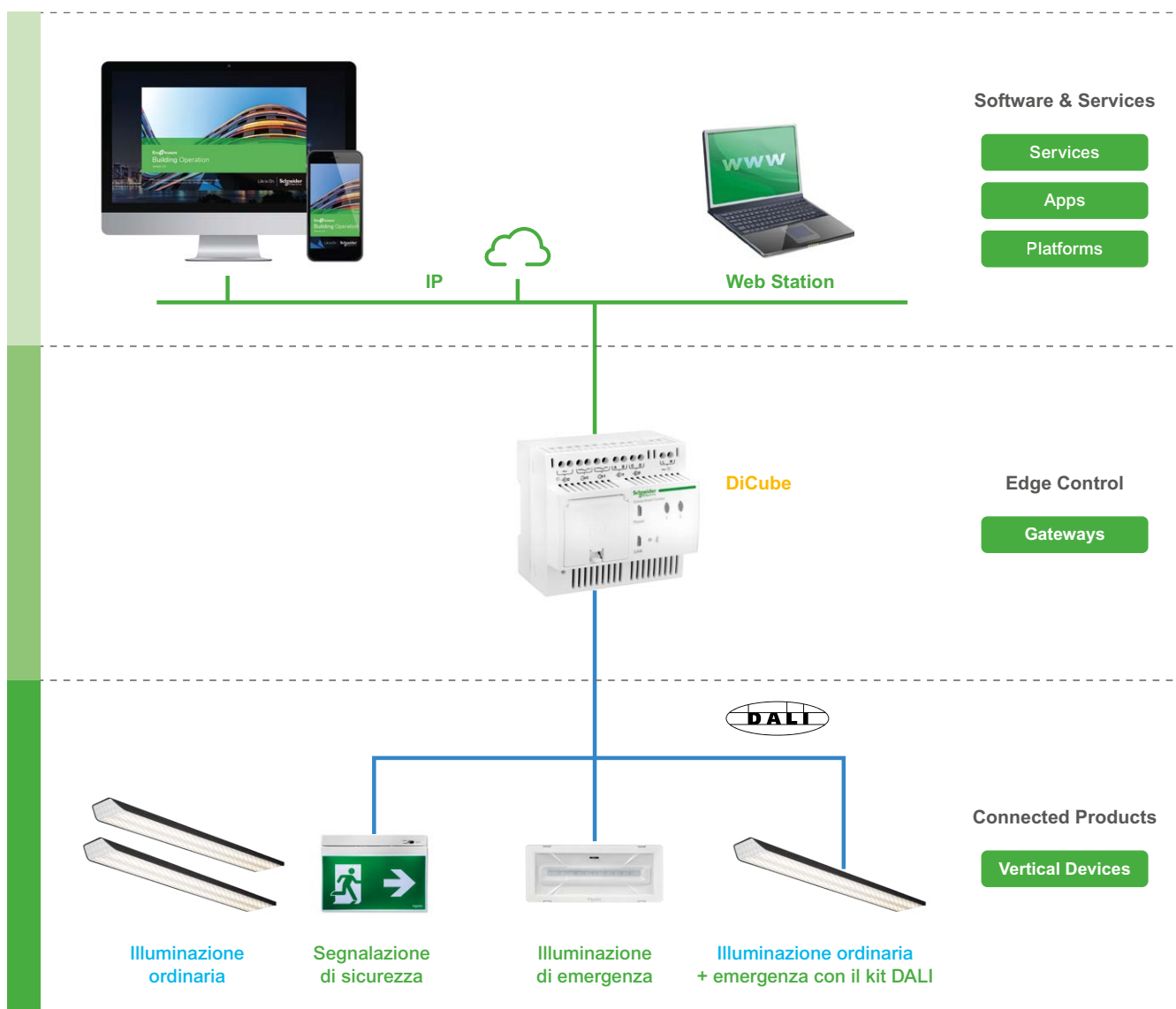
Nel caso in cui sia presente un sistema BMS (Building Management System), i controllori sopracitati diventano di fatto dei gateway, riportando le informazioni ad un livello superiore (piattaforma EcoStruxure).

B

Soluzioni DALI dedicate con apparecchi autoalimentati

Nelle applicazioni che utilizzano lampade autonome il progettista può adottare soluzioni che utilizzano un bus DALI dedicato (sistema DiCube): in questa architettura il controllore della rete DALI, la centralina DiCube, gestisce le lampade di emergenza per il monitoraggio e l'esecuzione dei test richiesti in conformità alla UNI CEI 11222 e CEI EN 62034. Il sistema DiCube si sviluppa quindi su una rete DALI dedicata alle lampade di emergenza, su questa rete DALI non possono essere inserite lampade per l'illuminazione ordinaria.

Fig. 54. Illuminazione di emergenza con sistema dedicato (DiCube)



5. Illuminazione di emergenza

Soluzioni DALI integrate con apparecchi autoalimentati

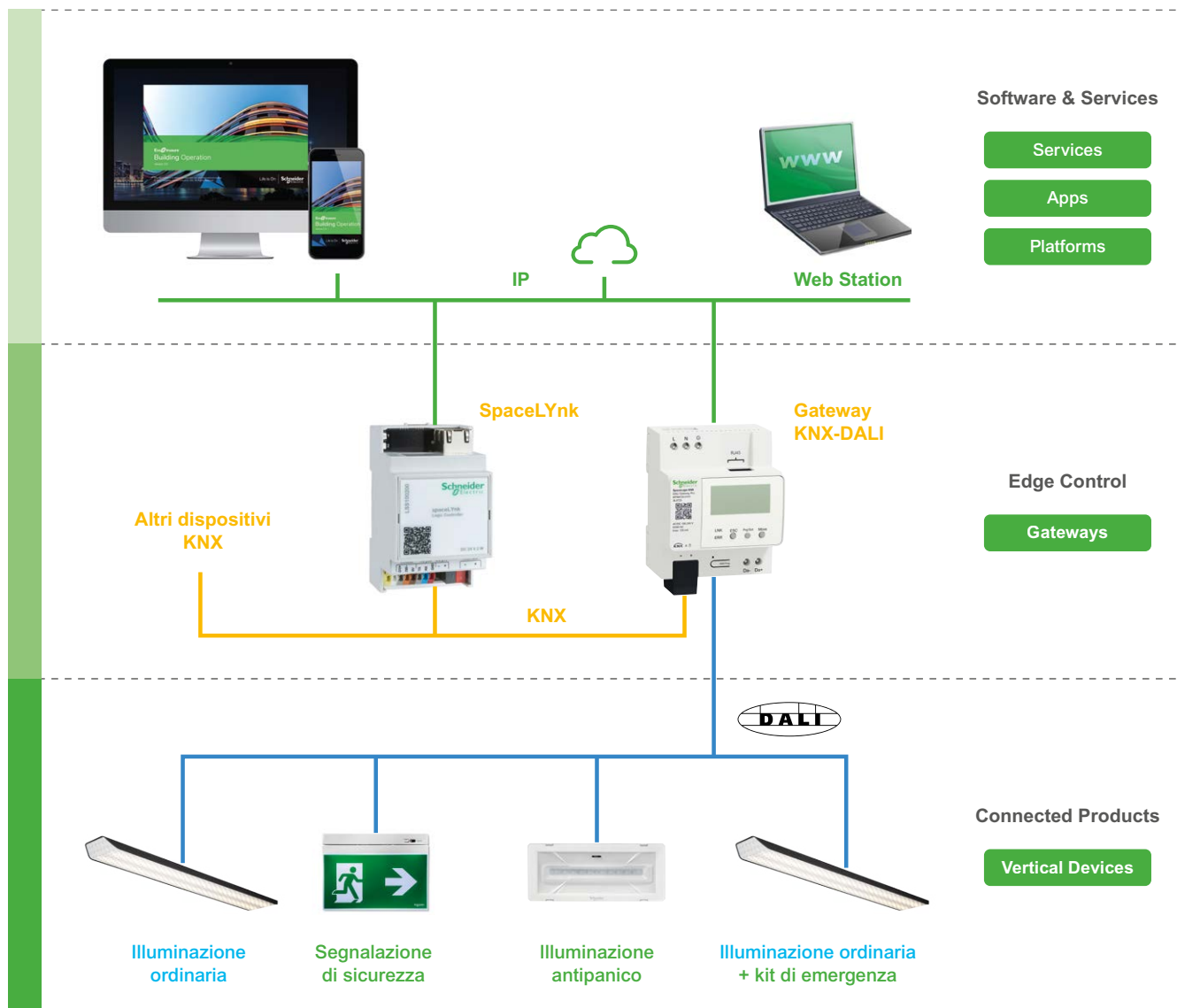
Oppure gli apparecchi di emergenza possono essere distribuiti sulle linee DALI utilizzate anche per l'illuminazione ordinaria.

In questo caso il controllore dell'intera rete DALI (con lampade ordinarie e di emergenza) è SpaceLYnk, sul quale viene implementato uno speciale applicativo per garantire tutte le funzionalità richieste: in particolare il controllore regola e temporizza la periodicità dei test automatici conformi alla CEI EN 62034. È possibile in qualsiasi momento redigere un report di stato dell'impianto conforme alle norme CEI EN 50172 e UNI CEI 11222. Come già spiegato nella guida, la presenza del gateway KNX DALI permette la totale integrazione delle lampade DALI (ordinarie e di emergenza) nella rete KNX.

I vantaggi di questo approccio sono legati ad una grande libertà nella progettazione del sistema di illuminazione, potendo distribuire le lampade utilizzando un unico circuito DALI, opportunamente dimensionato, e decidere in programmazione il comportamento delle lampade e la modalità di monitoraggio e controllo delle stesse.

Fig. 55. Illuminazione di emergenza con apparecchi autoalimentati integrati nella rete DALI con lampade per illuminazione ordinaria

B



5. Illuminazione di emergenza

Soluzioni DALI integrate con apparecchi ad alimentazione centralizzata

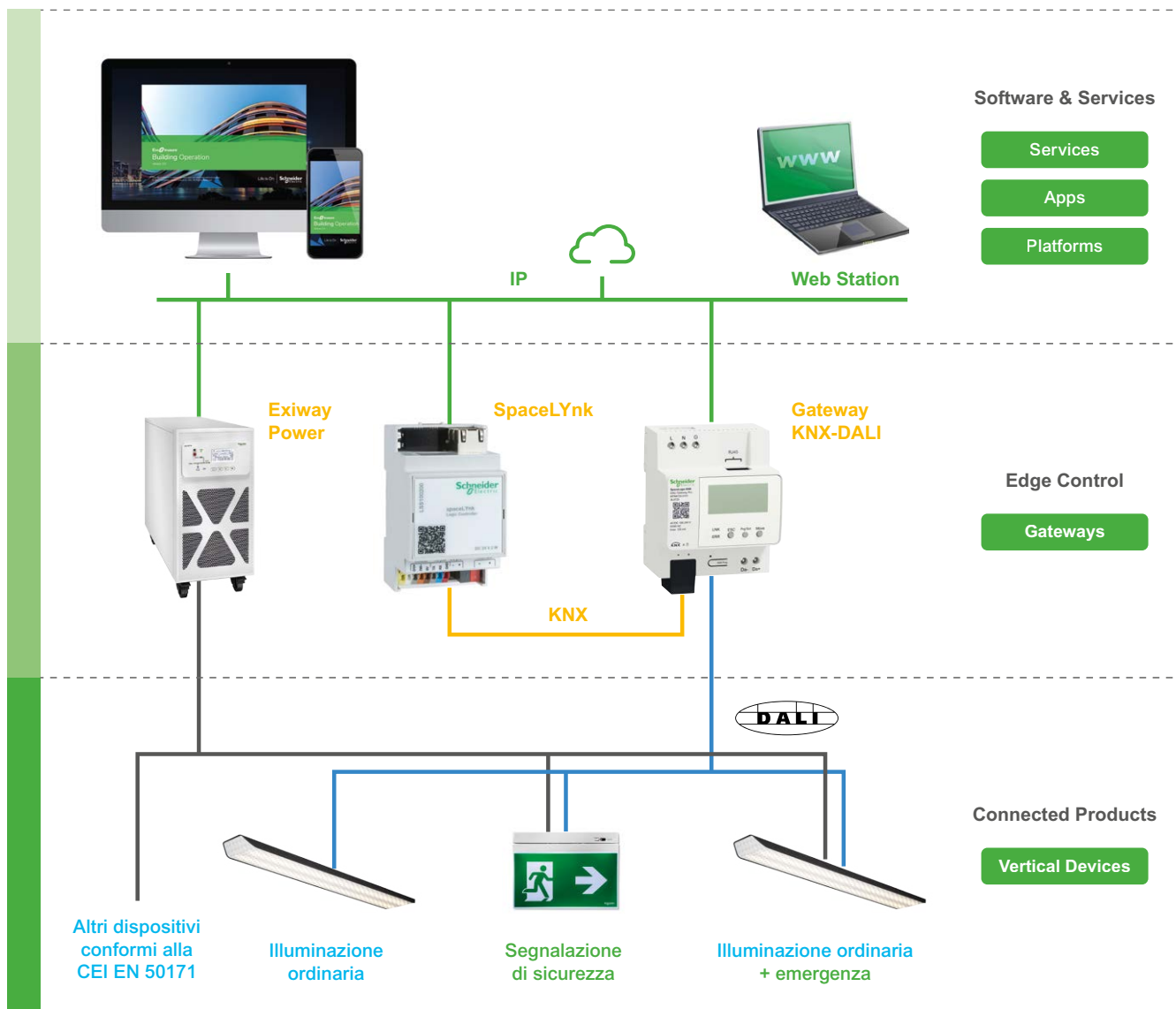
Negli impianti centralizzati, ove opportuno, gli apparecchi di emergenza possono essere utilizzati anche per l'illuminazione ordinaria, potendo essere controllati e regolati insieme alle altre lampade.

L'intervento del sistema è possibile non solo in caso di blackout generale ma anche per singole zone in caso di guasto alla distribuzione elettrica. Il venir meno della tensione sul bus DALI viene interpretato dall'apparecchio illuminante come una mancanza di alimentazione e quindi si attiva portandosi al livello di flusso che è stato configurato. Questo significa, ad esempio, che in queste installazioni non è appropriato alimentare i Gateway KNX/DALI con circuiti dotati di UPS.

Il sistema prevede la presenza di un controllore, SpaceLynk, sul quale viene implementato uno speciale applicativo per garantire tutte le funzionalità richieste, che si interfaccia con l'UPS/Soccorritore, per acquisire eventuali allarmi e con le lampade DALI, attraverso il Gateway KNX-DALI. Si ricorda che su ogni linea DALI possono essere collegate fino a 64 lampade, tra cui apparecchi di illuminazione ordinaria, di illuminazione ordinaria/emergenza, di segnalazione di sicurezza.

Fig. 56. Illuminazione di emergenza con sistema centralizzato

B



5. Illuminazione di emergenza

Monitoraggio dell'impianto di illuminazione di emergenza

Il monitoraggio di impianti di illuminazione di sicurezza DALI è previsto dallo standard KNX con prescrizioni specifiche circa la modalità di funzionamento del Gateway al fine di assicurare certezza e coerenza delle informazioni prodotte dalle lampade.

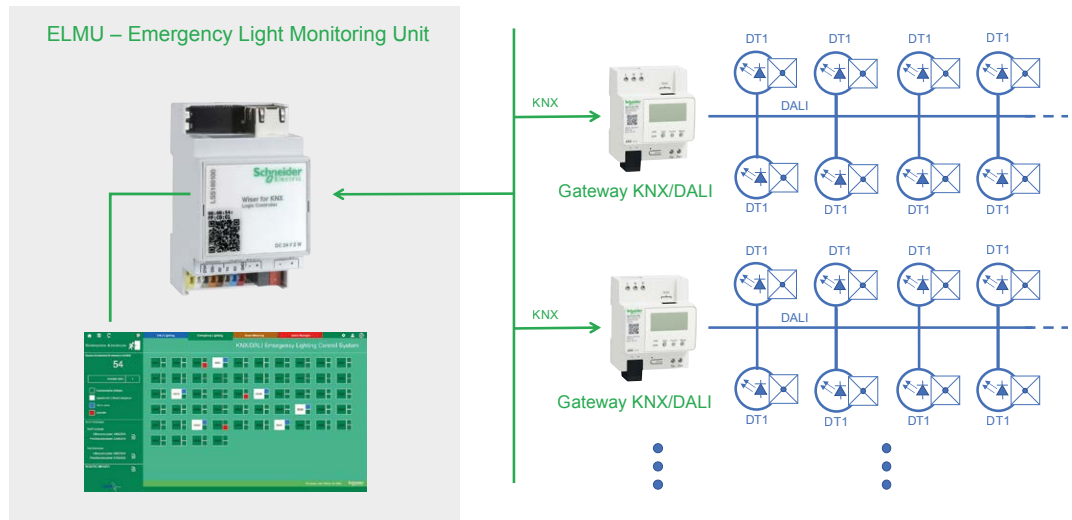


Fig. 57. Esempio di architettura di controllo di DALI Emergency Lighting tramite una supervisione KNX

Vale la pena fare qualche approfondimento sulla comunicazione che avviene tra il Gateway KNX/DALI e le singole lampade di emergenza DALI. La Parte 202 dello Standard IEC 62386, definisce tra gli Application Extended Commands, alcuni comandi specifici per la gestione dell'impianto, in particolare:

1. Durante la configurazione iniziale dell'installazione il Gateway interroga gli apparecchi illuminanti di emergenza con il Comando 251 – Query Features, ottenendo da ciascun apparecchio una risposta, sotto forma di Backward Frame, dove ciascun bit, se a valore 1, indica quali funzionalità sono supportate. Questa operazione viene effettuata solo all'inizio e consente la corretta configurazione del Gateway che renderà disponibili, per ciascun apparecchio, comandi che sono coerentemente supportati.

Comando 251 - Query Features BF			
Byte	Features	0	1
Bit 0	Integral emergency control gear	No	Yes
Bit 1	Maintained control gear	No	Yes
Bit 2	Switched maintained control gear	No	Yes
Bit 3	Auto test capability	No	Yes
Bit 4	Adjustable emergency level	No	Yes
Bit 5	Hardwired inhibit supported	No	Yes
Bit 6	Physical selection supported	No	Yes
Bit 7	Re-light in rest mode supported	No	Yes

5. Illuminazione di emergenza

2. Durante il funzionamento normale dell'impianto, il Gateway interroga ciclicamente tutti gli apparecchi inviando loro rispettivamente i comandi 250, 252 e 255, ottenendo anche in questo caso i relativi BF di risposta. Come si può rilevare dalle Tabelle seguenti, la lampada comunica costantemente con il Gateway segnalando il suo modo operativo attuale (Normal Mode, Emergency Mode, ecc.), la presenza di una qualsiasi anomalia di funzionamento interno e, nel caso siano in corso un test, lo stato di esecuzione di quest'ultimo. Nel caso in cui un apparecchio non rispondesse correttamente alle richieste del Gateway verrebbe immediatamente segnalato come errore ed anomalia del dispositivo.

Comando 250: Query Emergency Mode				
Byte	Mode	0	1	
Bit 0	Rest mode active	No	Yes	
Bit 1	Normal mode active	No	Yes	
Bit 2	Emergency mode active	No	Yes	
Bit 3	Extended emergency mode active	No	Yes	
Bit 4	Function test in progress	No	Yes	
Bit 5	Duration test in progress	No	Yes	
Bit 6	Hardwired inhibit is active	No	Yes	
Bit 7	Hardwired switch in On	No	Yes	

Comando 252: Query Failure Status BF				
Byte	Mode	0	1	
Bit 0	Circuit failure	No	Yes	
Bit 1	Battery duration failure	No	Yes	
Bit 2	Battery failure	No	Yes	
Bit 3	Emergency lamp failure	No	Yes	
Bit 4	Function test max delay exceeded	No	Yes	
Bit 5	Duration test max delay exceeded	No	Yes	
Bit 6	Function test failed	No	Yes	
Bit 7	Duration test failed	No	Yes	

Comando 253: Query Emergency Status BF				
Byte	Emergency Status	0	1	
Bit 0	Inhibit mode	No	Yes	
Bit 1	Function test done and result valid	No	Yes	
Bit 2	Duration test done and result valid	No	Yes	
Bit 3	Battery fully charged	No	Yes	
Bit 4	Function test request pending	No	Yes	
Bit 5	Duration test request pending	No	Yes	
Bit 6	Identification active	No	Yes	
Bit 7	Physically selected	No	Yes	

3. Per l'avvio di un Test funzionale o di autonomia il Gateway utilizza i comandi 227 o 228. Il test viene eseguito internamente dall'apparecchio che, conformemente alla Norma 62034, è dotato di un ATS (Automatic Test System) che provvede a tutte le fasi di esecuzione e verifica. L'infrastruttura di comunicazione esterna, quindi il Bus DALI, non è in alcun modo coinvolto in questa operazione e non può quindi pregiudicarne la corretta e completa esecuzione.

Di fatto un apparecchio di emergenza autonomo è un dispositivo che ha internamente tutti i requisiti per eseguire i test e valutare il suo stato operativo in completa autonomia e nessuna influenza esterna può alterarne il corretto funzionamento. L'esecuzione dei test può essere demandata agli apparecchi illuminanti stessi (AutoTest), impostando nei suoi parametri interni la periodicità desiderata, oppure si può disattivare questa funzione in modo da poter gestirli in modo centralizzato. Questa funzione è importante in tutte quelle attività dove un avvio non programmato del test può causare problemi (es. cinema o teatri) o peggio rendere fruibile un ambiente in cui le lampade di emergenza sono scariche a seguito del test di autonomia.



5. Illuminazione di emergenza

Naturalmente, dal punto di vista del funzionamento dell'apparecchio nulla cambia, in caso di guasto sull'alimentazione elettrica l'apparecchio va in Emergency Mode e si accende, indipendentemente da quello che stava eventualmente facendo.

In qualsiasi momento è possibile modificare il modo operativo degli apparecchi di emergenza, ad esempio inviando il comando Inhibit Mode, si predispose l'impianto in modo che, se nei successivi 15 minuti viene tolta l'alimentazione elettrica, le lampade non si accenderanno. Scaduti i 15 minuti il sistema torna automaticamente in Normal Mode. Il Rest Mode consente di spegnere le lampade quando l'alimentazione elettrica è già stata tolta ed anche in questo caso al ripristino dell'alimentazione ordinaria le lampade tornano in Normal Mode. Questo consente di impedire di "dimenticare" le lampade in una condizione che ne pregiudicherebbe il corretto funzionamento in caso di blackout o guasto elettrico.

Questi comandi, utilizzati in genere durante attività manutentive o di chiusura dell'attività, servono per impedire una scarica delle batterie che, oltre a diminuirne la vita utile, potrebbe pregiudicare la ripresa dell'attività che avverrebbe in condizioni di impianto non completamente carico.

Si è visto, fino a questo punto, ciò che succede sul Bus DALI e va considerato che queste funzionalità sono intrinseche al firmware dei dispositivi e quindi non dipendono più di tanto dalla configurazione del sistema. Vediamo ora cosa succede sul lato KNX del Gateway KNX/DALI, quali operazioni sono possibili e soprattutto quali informazioni ci vengono rese accessibili per la visualizzazione ed il monitoraggio dell'impianto.

Lo Standard KNX⁸⁵, stabilisce le funzionalità del Gateway e prevede che per ciascun apparecchio di emergenza siano resi disponibili tre oggetti di comunicazione, caratterizzati da dati codificati in modo specifico (DataPoint Type):

↔ 490	Convertitore 1, Inizio test,	Avvio	1 byte
↔ 491	Convertitore 1, Risultato del test,	Test	6 bytes
↔ 492	Convertitore 1, stato,	Stato	2 bytes

È disponibile un Oggetto di comunicazione con il quale si può inviare alla lampada (o simultaneamente a più lampade) un comando per l'esecuzione dei Test:

DPT 245.600	Funzione/Comando
0	Riservato, nessun effetto
1	Start Function Test (DALI DT1 Cmd 227)
2	Start Duration Test (DALI DT1 Cmd 228)
3	Start Partial Duration Test
4	Stop Test (DALI DT1 Cmd 229)
5	Reset Function Test Done Flag (DALI DT1 Cmd 230)
6	Reset Duration Test Done Flag (DALI DT1 Cmd 231)
7-255	Riservato, nessun effetto

(85) Application Note 166/14 v03 – DALI Emergency Light Control

5. Illuminazione di emergenza

Il comando è costituito da 1 byte in cui il valore contenuto viene utilizzato per attivare le diverse funzionalità, compresa la possibilità di interrompere un test già avviato.

Il secondo Oggetto di comunicazione (Test Result) contiene i risultati dell'ultimo test effettuato dalla lampada codificando le informazioni in un messaggio da 6 bytes.

LTRF		LTRD		LTRP		0 0 0 0		SF		SD		SP		0 0		LDTR						LPDTR																																	
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
6° Byte								5° Byte								4° Byte								3° Byte						2° Byte						1° Byte																			
Param.	Significato															Valori																																							
LTRF	Risultati dell'ultimo test funzionale															0: Nessuna informazione 1: Test superato 2: Test superato oltre il tempo massimo consentito 3: Test fallito 4: Test fallito oltre il tempo massimo consentito 5: Test interrotto manualmente																																							
LTRD	Risultati dell'ultimo test di autonomia															0: Nessuna informazione 1: Test superato 2: Test superato oltre il tempo massimo consentito 3: Test fallito 4: Test fallito oltre il tempo massimo consentito 5: Test interrotto manualmente																																							
LTRP	Risultati dell'ultimo test parziale di autonomia															0: Nessuna informazione 1: Test superato 2: Test superato oltre il tempo massimo consentito 3: Test fallito 4: Test fallito oltre il tempo massimo consentito 5: Test interrotto manualmente																																							
SF	Modalità di avvio dell'ultimo test funzionale															0: Nessuna informazione 1: Avviato automaticamente (autotest) 2: Avviato dal Gateway 3: Riservato																																							
SD	Modalità di avvio dell'ultimo test di autonomia															0: Nessuna informazione 1: Avviato automaticamente (autotest) 2: Avviato dal Gateway 3: Riservato																																							
SP	Modalità di avvio dell'ultimo test parziale di autonomia															0: Nessuna informazione 1: Avviato automaticamente (autotest) 2: Avviato dal Gateway 3: Riservato																																							
LDTR	Tempo di scarica delle batterie															Valore in minuti																																							
LPDTR	Carica residua dopo l'ultimo test parziale di autonomia															0: Completamente scarica ... 254: Completamente carica 255: Nessuna informazione																																							

Fig. 58. Decodifica di "Test Results" - DPT 245.600

Il terzo Oggetto (Converter Status) contiene invece lo stato operativo dell'apparecchio di emergenza, anche in questo caso le informazioni sono codificate in modo specifico in un messaggio da 2 bytes.

Le informazioni contenute nel secondo e terzo Oggetto di comunicazione vengono scritte spontaneamente sul bus KNX da parte del Gateway nel caso in cui un valore sia cambiato. Questi due Oggetti sono poi liberamente leggibili da parte del programma di Visualizzazione in modo da risultare sempre correttamente aggiornati. Il sistema di visualizzazione, denominato ELMU (Emergency Light Monitoring Unit) dovrà provvedere a decodificare le informazioni contenute nei messaggi KNX e visualizzarle e registrarle in modo leggibile all'interno di appositi Report.

L'applicazione dovrà inoltre monitorare il corretto funzionamento dei Gateway e segnalare l'eventuale assenza di dati aggiornati.

B

5. Illuminazione di emergenza

		2° Byte				1° Byte											
		CM	HS	FP	DP	PP	CF										
		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Param.	Significato	Valori															
CM	Modo funzionale attivo	0: Nessuna informazione 1: Lampada inNormalMode 2: Lampada inInhibitMode 3: Lampada inInhibitMode Hardware 4: Lampada inRestMode 5: Lampada in Emergency Mode 6: Lampada in Extended Emergency Mode 7: Test funzionale in corso 8: Test di autonomia in corso 9: Test parziale di autonomia in corso															
HS	Condizione hardware	0: Inibizione hardware attiva 1: Interruttore inibizione chiuso (ON)															
FP	Test funzionale	0: Nessuna informazione 1: Nessun test funzionale in attesa 2: Test funzionale in attesa di esecuzione															
DP	Test di autonomia	0: Nessuna informazione 1: Nessun test di autonomia in attesa 2: Test di autonomia in attesa di esecuzione															
PP	Test parziale di autonomia	0: Nessuna informazione 1: Nessun test parziale di autonomia in attesa 2: Test parziale di autonomia in attesa															
CF	Anomalie	0: Nessuna informazione 1: Nessuna anomalia rilevata 2: Anomalia rilevata															

Fig. 59. Decodifica di "Converter Status" - DPT 244.600

Il sistema di visualizzazione dovrà provvedere a:

1. Segnalare tempestivamente guasti o anomalie
2. Gestire l'avvio automatico e centralizzato dei test funzionali e di autonomia
3. Acquisire, registrare e visualizzare il risultato dei test
4. Verificare costantemente il corretto funzionamento della comunicazione con i Gateway e segnalare eventuali problemi, guasti e anomalie.

Va infine considerato che il sistema di visualizzazione utilizzato è parte integrante del sistema ATS di verifica automatica e dovrà quindi essere quindi realizzato in conformità alle prescrizioni della Norma EN 62034.

Vantaggi dell'architettura KNX/DALI

L'implementazione di soluzioni di illuminazione di emergenza basate su piattaforma KNX/DALI comporta una serie di rilevanti vantaggi funzionali ed installativi:

- Dal punto di vista impiantistico gli apparecchi di emergenza DALI DT1 sono connessi ai segmenti DALI utilizzati per l'illuminazione ordinaria. In pratica non è necessaria la posa di un bus di comunicazione dedicato all'illuminazione di emergenza, con una significativa riduzione del cablaggio dell'edificio;
- Non vi è sostanzialmente alcun limite al numero di apparecchi di emergenza che possono essere monitorati, ciascun Gateway KNX/DALI potrà avere fino ad un massimo di 64 apparecchi ma sul versante KNX sarà possibile monitorare un numero indefinito di Gateway.
- Possono essere utilizzati e monitorati apparecchi illuminanti di emergenza anche di costruttori diversi (purché realizzati in conformità allo Standard IEC 62386-202), potendo quindi elaborare il progetto sulla base di aspetti quali il flusso luminoso in emergenza, l'autonomia, la curva fotometrica o anche l'aspetto estetico, senza alcuna problematica di compatibilità.
- Il sistema di monitoraggio e visualizzazione è completamente indipendente dagli apparecchi illuminanti (e dai Gateway) utilizzati e può in qualsiasi momento essere modificato o sostituito con altri sistemi.

6. Configurazione KNX/DALI

B



6. Configurazione KNX/DALI

I passaggi principali della configurazione

L'architettura KNX/DALI rappresenta una soluzione professionale per il controllo dell'edificio. Anche se negli ultimi anni sono state introdotte significative evoluzioni per semplificarne la configurazione, va ricordato che questa è una tecnologia capace di controllare impianti di illuminazione in tutte le tipologie di attività, anche in strutture in cui sono richiesti elevati livelli di affidabilità e performance.

Questo significa che questi sistemi rendono disponibili diversi parametri di funzionamento che possono e devono essere impostati in modo da ottenere il comportamento voluto, operazione che deve essere effettuata da personale competente (Commissioning Engineer – UNI CEN/TS 17165:2019).

C'è però un importante vantaggio connesso con il fatto che i sistemi KNX/DALI utilizzano un solo tool di configurazione, indipendentemente dalla dimensione dell'impianto e dei componenti utilizzati. Con il software ETS5 è possibile configurare sia la parte DALI e quindi indirizzare ed impostare i parametri degli apparecchi illuminanti e sia la configurazione dei sensori KNX.

KNX DALI gateway REG-K/1/16(64)/64/IP1

Messa in funzio | Scene | Effetti | Comando temp | Rapporto | Extras | Informazioni su

Aggiorna rappo | Esportare

Conteggio della lampada: 34 Conteggio ECG: 20 Conta Convertitore: 14
 Lampada non riuscita: 0 ECG non riuscito: 0 Convertitore non riuscito: 0
 Tasso di guasto della lampada: 0% Tasso di errore ECG: 0% Tasso di errore del convertitore: 0%

Data	ECG	Nome ECG	Modalità	Risultato	Convertitore	Durata	Batteria	Lampada	Ritardo	Test
2020-03-01 14:24:47	34	ECG34 (DiCube 48606)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:52:22	36	ECG36 (DiCube 48606)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:19:37	32	ECG32 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:19:52	25	ECG25 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:20:07	26	ECG26 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:20:22	35	ECG35 (DiCube 48606)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:22:17	28	ECG28 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:22:32	30	ECG30 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:22:57	29	ECG29 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:23:12	27	ECG27 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:23:37	31	ECG31 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:24:02	33	ECG33 (DiCube 48606)	FT	?	●	●	●	●	●	●
2020-03-01 14:24:17	23	ECG23 (DiCube 48521)	FT	?	●	●	●	●	●	●

Parametri | Canali | Oggetti di gruppo | DCA

Fig. 60. Configurazione DALI in ETS5

Il processo di configurazione, effettuabile in buona parte offline e quindi prima della vera e propria messa in servizio dell'impianto, segue in genere una procedura definita:

- Configurazione dei segmenti DALI, effettuata utilizzando il software del Gateway KNX/DALI e comprendente la definizione dei parametri di ciascun apparecchio illuminante, l'assegnazione dello Short Address DALI e la definizione dei gruppi di controllo. Questa attività non dipende da come le lampade saranno controllate ma riguarda unicamente la definizione degli aspetti funzionali dell'impianto di illuminazione.
- Configurazione dei sensori e dei dispositivi di comando e controllo manuale. In questa fase si possono utilizzare i template funzionali relativi ai diversi algoritmi di controllo.
- Definizione del sistema di supervisione e monitoraggio dell'impianto.

6. Configurazione KNX/DALI

L'indirizzamento degli apparecchi illuminanti DALI, operazione che deve necessariamente essere effettuata in campo con l'impianto completamente installato, segue la procedura prevista dallo Standard IEC 62386 che prevede che l'Application Controller:

- Inizializza l'indirizzamento degli apparecchi con il comando "Randomize" che determina la generazione spontanea, per ciascuna lampada, di un indirizzo provvisorio casuale;
- Individua ciascun apparecchio (in genere con la sua accensione), per assegnare l'indirizzo individuale DALI (short address).

Solo dopo l'assegnazione dello short address sarà possibile impostare i parametri di funzionamento dell'apparecchio, inserirlo all'interno di gruppi o scenari DALI.

La configurazione dell'impianto di illuminazione non deve limitarsi all'impostazione dei parametri di funzionamento ma deve anche prendere in considerazione gli aspetti legati alla continuità di servizio, deve cioè essere valutato cosa succede se:

- a) Si guasta un Gateway KNX/DALI
- b) Il bus DALI si interrompe o va in cortocircuito
- c) Si guasta l'alimentatore KNX o il bus KNX va anch'esso in cortocircuito.

Tutti i dispositivi KNX ed i driver DALI sono dotati di parametri che, se configurati correttamente, limitano il disservizio derivante da questi eventi.

Ad esempio, gli apparecchi illuminanti DALI hanno un parametro, impostabile con il Cmd. 44 **Set System Failure Level**, che stabilisce cosa deve fare il driver in caso di guasto sul Bus DALI. Di default questo parametro è impostato a 100% che significa che l'apparecchio in assenza di connessione DALI si accende al valore massimo. Questo parametro è modificabile in modo da adattarsi caso per caso ai requisiti dell'ambiente di installazione.

In un corridoio che costituisce una via di esodo è sicuramente appropriato che gli apparecchi si accendano mentre in altre tipologie di ambienti si può valutare di decidere se e quali apparecchi debbano accendersi mentre gli altri possono restare spenti.

Analogamente, quando il guasto interessa il Bus KNX è evidente che pulsanti e sensori non saranno in grado di controllare gli apparecchi illuminanti. Anche in questo caso sono in genere disponibili parametri sul Gateway KNX/DALI con i quali si può impostare il comportamento dell'impianto:

- a) Al venir meno della comunicazione KNX
- b) Al ripristino del corretto funzionamento del bus KNX

“

L'architettura KNX/DALI rappresenta una soluzione professionale per il controllo dell'edificio, è un sistema capace di controllare impianti di illuminazione in tutte le tipologie di attività, anche in strutture in cui sono richiesti elevati livelli di affidabilità e performance.

B

Taratura dei sensori di luminosità

Come si è visto al capitolo B.3. Progetto dei sensori, i sensori di luminosità posizionati a soffitto non possono misurare l'effettivo livello di illuminamento di un ambiente ma effettuano una rilevazione indiretta, basata sulla luminanza della superficie posta sotto il sensore.

Durante la fase di messa in servizio sarà quindi necessario confrontare il valore indicato dal sensore con una misura fatta con luxmetro e introdurre nella configurazione eventuali fattori di compensazione.

In genere è richiesto di effettuare una prima calibrazione in condizioni di assenza di luce naturale in modo da assicurare il corretto funzionamento dell'impianto nella condizione di piena operatività, andando poi a verificarne il comportamento durante le ore diurne.

La calibrazione andrebbe effettuata in una condizione funzionale il più possibile definitiva, quindi con ambiente arredato e completo di attrezzature, macchinari, ecc.

La calibrazione dovrebbe poi essere ripetuta a distanza di tempo al fine di verificare il mantenimento dei requisiti illuminotecnici oppure nel caso in cui vengano effettuate modifiche al layout dell'ambiente capaci di alterare la misura del sensore. Si deve tener conto che se i valori di lettura del sensore vengono utilizzati dal sistema di supervisione, ad esempio per tracciare l'andamento del sistema di regolazione, è importante che il sensore mantenga un livello di precisione sufficientemente costante nel tempo.

L'analisi delle informazioni prodotte dal sensore consente di verificare l'efficacia dell'algoritmo di controllo adottato e, nel caso, può suggerire di modificarlo o di adottarne uno diverso.

7

Supervisione ed integrazione del sistema

B

7. Supervisione ed integrazione del sistema

Introduzione

La supervisione di un'installazione di building automation è oggi un concetto in profonda evoluzione e cambiamento. Oltre al tradizionale sistema centrale di acquisizione e visualizzazione dei dati, si rendono disponibili ulteriori architetture, anche basate su Cloud, che tendono ad una organizzazione in sottosistemi specializzati che, grazie al fatto di operare esclusivamente con protocolli standard, sono poi in grado di condividere parte delle informazioni a livelli superiori.

Va inoltre considerato che la rapida evoluzione delle tecnologie IT porterà inevitabilmente a sostituire, modificare ed ampliare il sistema di supervisione, mentre l'infrastruttura impiantistica dovrà durare anni. Sarebbe infatti inaccettabile che l'evoluzione tecnologica rendesse prematuramente obsoleti gli apparecchi illuminanti e tutti i componenti installati nei vari ambienti.

La concezione stessa di un sistema di supervisione parte quindi dai dati, dalle informazioni che il sistema da supervisionare deve poter generare o ricevere ed interpretare ed è quindi intorno ad essi che deve essere costruita l'applicazione. Come si vedrà più avanti nei prossimi capitoli, il valore effettivo del nostro sistema LCS si basa appunto sui dati, che devono essere intellegibili, disponibili, registrabili e poi anche protetti, perché la loro perdita è un danno ma anche il loro uso improprio può causare problemi.

Parametri funzionali

Il sistema LCS una volta configurato correttamente non richiede alcun intervento per il suo corretto funzionamento. Gli automatismi, memorizzati all'interno dei singoli componenti, assicurano la corretta regolazione degli apparecchi illuminanti nelle diverse condizioni di utilizzo dei locali.

Durante la vita del sistema è però prevedibile che possa essere necessario modificare alcuni parametri funzionali, quali ad esempio:

- a) Livello di illuminamento di un ambiente
- b) Tempo di attesa dei sensori
- c) Modalità automatico/manuale per alcune zone/ambienti

Questi valori possono essere inviati ai dispositivi mediante l'interfaccia grafica di supervisione direttamente da parte dell'utente senza richiedere alcuna modifica alla configurazione del sistema.



Fig. 61.
Wiser for KNX e SpaceLink
per Visualizzazione
e controllo

B

7. Supervisione ed integrazione del sistema

Manutenzione dell'impianto

Un aspetto tutt'altro che secondario, garantito dagli impianti di illuminazione KNX/DALI, è l'ampia disponibilità di dati ed informazioni diagnostiche circa il corretto funzionamento degli apparecchi illuminanti e del sistema stesso.



Fig. 62.
Esempio di applicazione per la visualizzazione dei dati diagnostici DALI

Ciascun Gateway KNX/DALI segnala:

- Anomalie funzionali del dispositivo
- Guasto sul bus DALI

Ciascun apparecchio illuminante segnala:

- Guasto al driver LED
- Guasto alla sorgente luminosa
- Guasto Inverter nel caso di un apparecchio illuminante di emergenza autonomo
- Ore di funzionamento della lampada.

Questi dati sono disponibili come informazioni in tempo reale, visualizzabili dal sistema di supervisione ma al contempo possono, se opportunamente registrati, consentire valutazioni e pianificazioni manutentive efficaci.

È noto che una manutenzione efficiente contribuisce in modo significativo al contenimento dei costi di gestione del fabbricato ma anche al mantenimento dei livelli iniziali di efficienza energetica.

Alle informazioni di base fornite dal Gateway KNX/DALI si aggiungeranno quelle dettagliate che sarà possibile acquisire leggendo la memoria interna degli apparecchi illuminanti dotati di driver DALI che implementano il Device Type 52 – Diagnostics & Maintenance, capaci di fornire informazioni utili anche sulla condizione termica di operatività dell'apparecchio o sulla qualità dell'energia elettrica di alimentazione

7. Supervisione ed integrazione del sistema

Metering & Building Analytics

La misura dell'effettivo consumo di energia del nostro impianto di illuminazione consente di verificare l'efficacia delle diverse soluzioni progettuali adottate ed in particolare degli algoritmi di controllo per l'efficienza energetica.

I dati ottenuti devono essere confrontati con quelli assunti in fase di progetto ed eventuali scostamenti rispetto ai risultati attesi andrebbero valutati e indagati al fine di determinare quale fattore dell'installazione reale si discosta rispetto al progetto. Nelle fasi iniziali il progettista dispone in genere di poche informazioni e molte di queste vengono assunte sulla base di criteri empirici e previsionali che necessitano quindi di una verifica successiva.

Questo significa che sarebbe opportuno progettare anche quali informazioni il sistema dovrà produrre e rendere accessibili al fine di consentire le analisi funzionali della performance. Per questo non servono appositi ulteriori dispositivi ma è sufficiente configurare adeguatamente quelli già inseriti in progetto.

Ad esempio, i sensori utilizzati per regolare l'illuminazione in funzione della luce naturale possono trasmettere periodicamente i valori di illuminamento misurato (dato che è utilizzato dal loro algoritmo interno di regolazione), oppure il valore di regolazione delle lampade. Questi dati possono essere registrati e riesaminati successivamente, magari in sovrapposizione con altri andamenti, come l'illuminamento esterno.

Va considerato infatti che il dato relativo al solo consumo energetico, di per sé, rappresenta un mero consuntivo, un'informazione relativamente sterile se non è completata da informazioni sui fattori che lo hanno determinato e depurato da elementi contingenti connessi ad esempio con le ore effettive di operatività dell'impianto, la presenza di giorni festivi, le condizioni meteorologiche, ecc. Questo aspetto è ribadito dalla Norma CEI UNI EN 17267 - "Piano di misurazione e monitoraggio dell'energia - Progettazione ed attuazione. Principi per la raccolta dei dati energetici".



Fig. 63. Esempio di Sub-Metering per illuminazione

Il progetto del sistema di sub-metering deve tener conto della suddivisione dell'impianto in zone, reparti o locali, in modo da fornire valori sufficientemente frazionati da consentire valutazioni specifiche, senza raggiungere gli estremi che porterebbero alla produzione di un eccessivo volume di informazioni che diventa poi complesso ed oneroso analizzare.

Per l'implementazione del Sub-Metering sono disponibili diverse soluzioni. Possono essere utilizzati misuratori di energia KNX in grado di monitorare il consumo e comunicare i dati sullo stesso Bus utilizzato per il controllo dell'impianto, soluzione efficace per sistemi LCS stand alone e di dimensioni medio piccole.

Per grandi installazioni il metering energetico può essere integrato direttamente nella distribuzione elettrica, utilizzando interruttori automatici dotati di relè di protezione digitali con funzionalità di misura. In questo caso l'insieme delle letture viene resa disponibile su una piattaforma dedicata (es. Modbus), insieme alle misure di tutte le altre utenze.

7. Supervisione ed integrazione del sistema

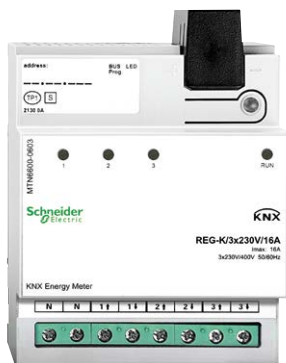


Fig. 64. Misuratore trifase KNX



Fig. 65. Contatore energia iEM3150 - 3P+N inserzione diretta 63A Modbus

In alternativa, con l'arrivo sul mercato di apparecchi illuminanti DALI che implementano il Device Type 51 (Energy Reporting), le informazioni saranno generate direttamente dagli apparecchi illuminanti e consentiranno ulteriori e più specifiche aggregazioni agevolando l'attività dell'Energy Manager.

Come si è visto, oltre al consumo energetico, il sistema LCS produce durante il suo normale funzionamento una quantità considerevole di informazioni che possono fornire importanti elementi per l'analisi del funzionamento e suggerimenti per il suo miglioramento.

L'efficacia dei sistemi di regolazione si è visto dipendere anche da elementi architettonici dell'edificio, come ad esempio le aperture (finestre, shed, cupolotti), dalle caratteristiche interne del locale che determinano gli elementi alla base del fattore di manutenzione (impolveramento degli apparecchi illuminanti, decadimento della riflessione delle pareti, ecc.). Anche questi elementi possono essere in qualche modo "misurati" e monitorati dal sistema LCS.

L'analisi periodica di queste informazioni può fornire una serie di indicatori, ad esempio:

- In un dato ambiente, il rapporto tra l'illuminamento esterno e quello interno, misurati da una sonda meteo e dai sensori interni in condizione di assenza di illuminazione artificiale (es. nei giorni festivi), rappresenta un utile indicatore dell'efficienza delle aperture. Questo rapporto avrà un andamento che può variare durante l'anno o in base alle condizioni meteorologiche ma rappresenta comunque una performance specifica del locale.
- Se nel progetto illuminotecnico è stato adottato un fattore di manutenzione pari a 0,8 ci si attende di riscontrare, in fase di collaudo iniziale, un livello di illuminamento maggiorato di circa il 20% rispetto al dato di progetto. Se così non fosse andrebbe indagata subito la causa di questo scostamento. In condizioni ottimali la corretta taratura dei sensori dovrebbe portarli a regolare l'impianto, in assenza di luce naturale, ad un valore prossimo al fattore di manutenzione. La registrazione di questo dato iniziale e quella di ulteriori registrazioni effettuate a distanza di sei mesi o un anno possono delineare l'andamento dell'effettivo fattore di manutenzione e consentirci di riprogrammare i cicli di manutenzione e pulizia sulla base di andamenti reali.
- In condizioni di assenza di luce naturale il rapporto tra il livello di illuminamento interno ed il valore di regolazione inviato dal sensore, può consentire di rilevare un decadimento della performance dell'impianto, oppure un cambiamento all'interno del layout del locale, tutti fattori di naturale evoluzione e modifica dell'utilizzo di un ambiente che possono falsare il funzionamento del nostro LCS determinando o un maggior consumo energetico o anche una regolazione che non garantisce più i livelli di illuminamento richiesti.
- È possibile registrare il numero di eventi relativi alla rilevazione di presenza di un dato ambiente (che vorrebbe dire determinare il suo effettivo Fattore di assenza F_A , di cui alla Tabella A-6 della prima parte di questo manuale), indipendentemente dall'algoritmo di controllo effettivamente adottato, per valutare l'efficacia di una modifica funzionale dell'impianto. Cioè questi dati ci consentono di fare vere e proprie simulazioni senza modificare necessariamente il sistema.

Se opportuno, il manutentore o l'energy manager possono associare a queste registrazioni dei veri e propri "indici" di prestazione e fissare dei valori soglia il cui superamento può essere notificato dal sistema⁽⁸⁶⁾.

Queste registrazioni non devono necessariamente essere effettuate in modo continuo e in ogni ambiente ma dovrebbero essere decise in un piano di analisi che individuando, per ognuna di esse, uno o più locali campione e periodicità specifiche, ne semplifica l'attuazione.

Va considerato che questo tipo di approccio nell'analisi dei dati generati dal sistema rientra tra quelle attività di Technical Building Management (TBM) previste dalla Norma EN 15232 e necessarie per il raggiungimento della classe di performance A.

In edifici di media o grande dimensione, anche una piccola variazione alla logica di controllo di un ambiente può portare a risultati importanti quando viene poi estesa a tutto il fabbricato.

(86) Questo aspetto ci introduce gradualmente a quella che sarà probabilmente la prossima generazione di dispositivi e sistemi di supervisione che, mediante algoritmi di machine learning, potranno da soli valutare la performance di un sistema e individuare, spontaneamente, deviazioni, scostamenti ed anomalie che inevitabilmente si manifestano nel tempo.

8

Procedimento progettuale

B



8. Procedimento progettuale

Introduzione

Si è visto come la progettazione di un sistema LCS segue un procedimento riconducibile a 6 punti. Questo approccio è applicabile indipendentemente dalla tipologia di edificio, scuole, industrie, uffici, ecc. ed anche dalla dimensione dell'impianto, che si tratti di controllare qualche decina di apparecchi illuminanti o diverse migliaia.

Step	
1	Progetto illuminotecnico (illuminazione ordinaria/decorativa/emergenza)
2	Dimensionamento della rete DALI
3	Definizione dei gruppi di controllo DALI Scelta dell'algoritmo di controllo per ciascun gruppo
4	Scelta dei sensori
5	Dimensionamento della rete KNX
6	Definizione degli accessori (supervisione, metering, ecc.)

B

Questa modularità progettuale deriva in buona parte dalle caratteristiche dell'architettura KNX/DALI e quindi dalla separazione funzionale delle sue componenti.

L'insieme degli apparecchi illuminanti e del network DALI vanno a costituire un'infrastruttura digitale per l'illuminazione che prescinde da qualsiasi criterio di funzionamento o di controllo.

La sensoristica determina la logica funzionale del nostro impianto, elemento che prescinde ed è indipendente dalla conformazione dell'impianto di illuminazione, cioè del numero o tipologia di apparecchi illuminanti e dalla conformazione dei segmenti DALI.

La rete KNX mette tutti questi elementi nella condizione di comunicare ed operare efficacemente.

Ripercorriamo, nelle prossime pagine, questi 6 punti.

“

Questo approccio progettuale è applicabile indipendentemente dalla tipologia di edificio, scuole, industrie, uffici, ecc. ed anche dalla dimensione dell'impianto, che si tratti di controllare qualche decina di apparecchi illuminanti o diverse migliaia.

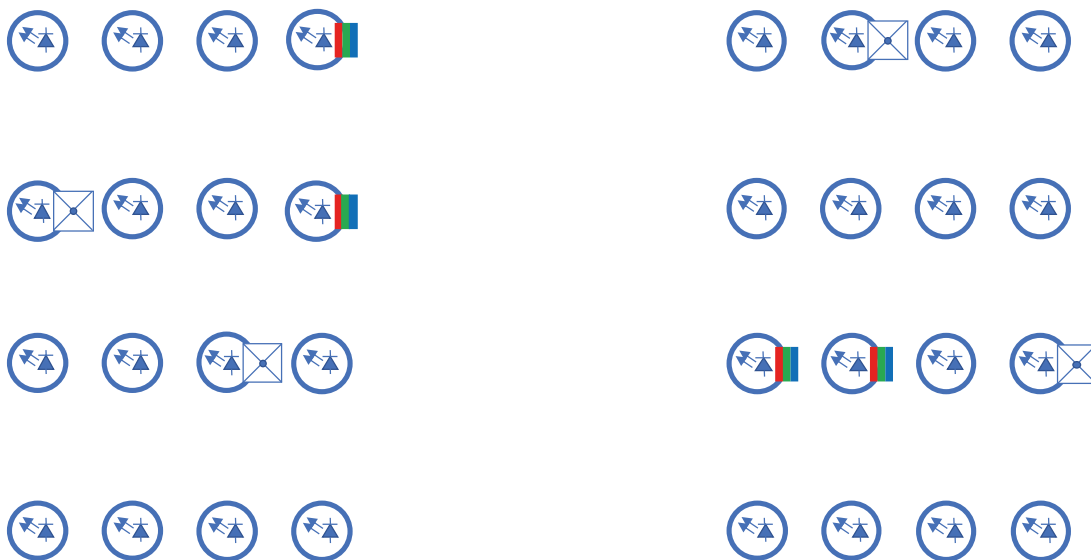
8. Procedimento progettuale

Step 1

Progetto illuminotecnico

Il progetto illuminotecnico deve essere completato, possibilmente considerando tutte le tipologie di illuminazione presenti nell'edificio, quindi compreso l'impianto di illuminazione di emergenza, le applicazioni decorative, l'illuminazione di aree esterne, ecc.

B



Al termine del dimensionamento devono essere elaborate le specifiche tecniche relative agli apparecchi illuminanti che, oltre agli aspetti fotometrici, dovranno contenere indicazioni complete relativamente a:

- Versione del protocollo DALI o DALI2
- Numero di driver che sono presenti nell'apparecchio
- Device Type richiesti

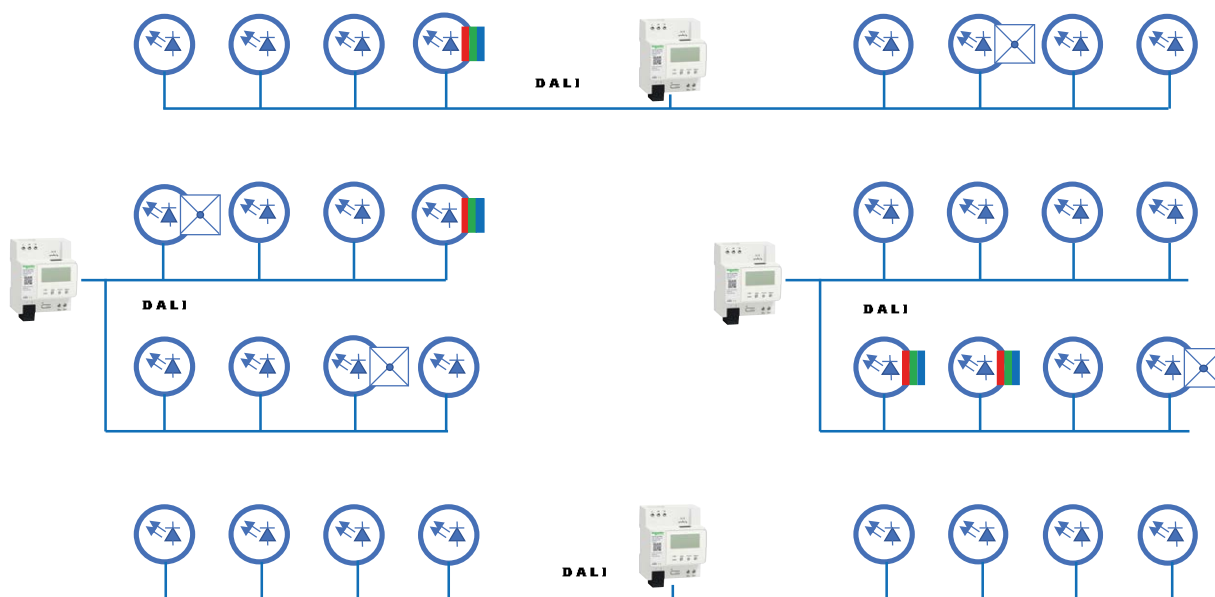
Queste informazioni possono essere inserite nel capitolato di progetto.

8. Procedimento progettuale

Step 2

Dimensionamento del network DALI

In questa fase vengono dimensionati i collegamenti del Bus DALI raggruppando fino ad un massimo di 64 lampade per ciascuna linea DALI. Le lampade vengono associate a ciascun segmento privilegiando gli aspetti connessi con il rispetto delle lunghezze limite del bus, il percorso delle canalizzazioni elettriche, ecc. Non è necessario che gli apparecchi posizionati in un locale siano necessariamente connessi allo stesso bus.



B

È opportuno che ciascun segmento DALI contenga un sufficiente numero di indirizzi liberi per gestire successive modifiche ed ampliamenti dell'impianto.

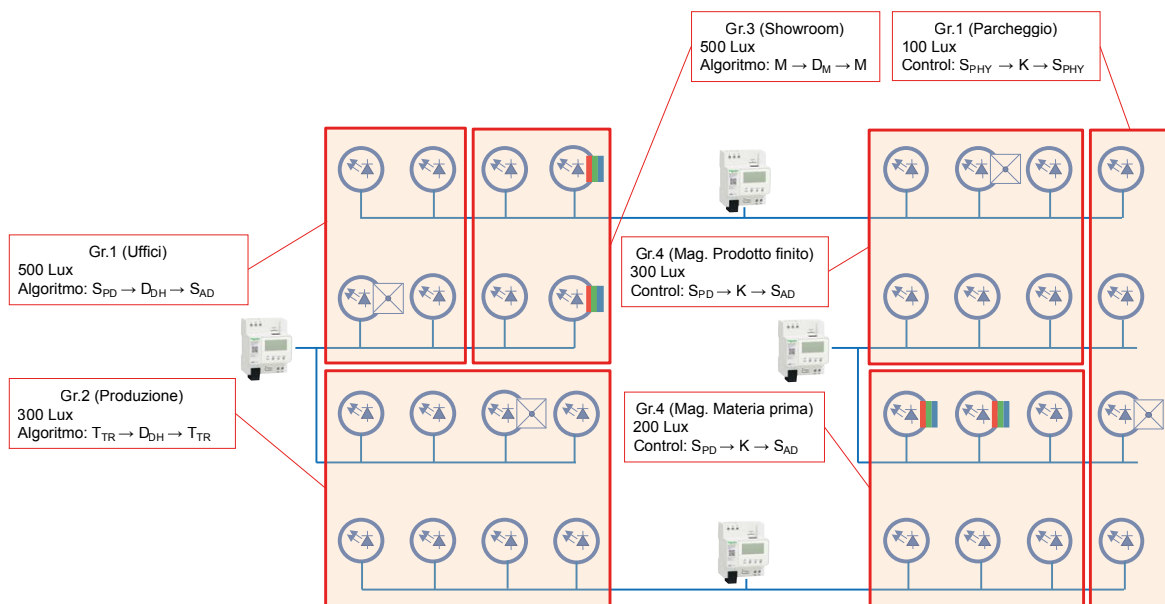
Step 3

Scelta dell'algoritmo di controllo

Per ciascun ambiente o zona dell'edificio viene scelto un algoritmo di controllo, considerando le caratteristiche che ne influenzano l'efficacia in termini energetici:

- Fattore di manutenzione
- Livello di illuminamento
- Fattore di assenza
- Disponibilità di luce naturale

B



La scelta dei diversi algoritmi di controllo può in questa fase tener conto dei fattori di efficienza energetica come riportato in alcuni esempi pratici nell'appendice A.

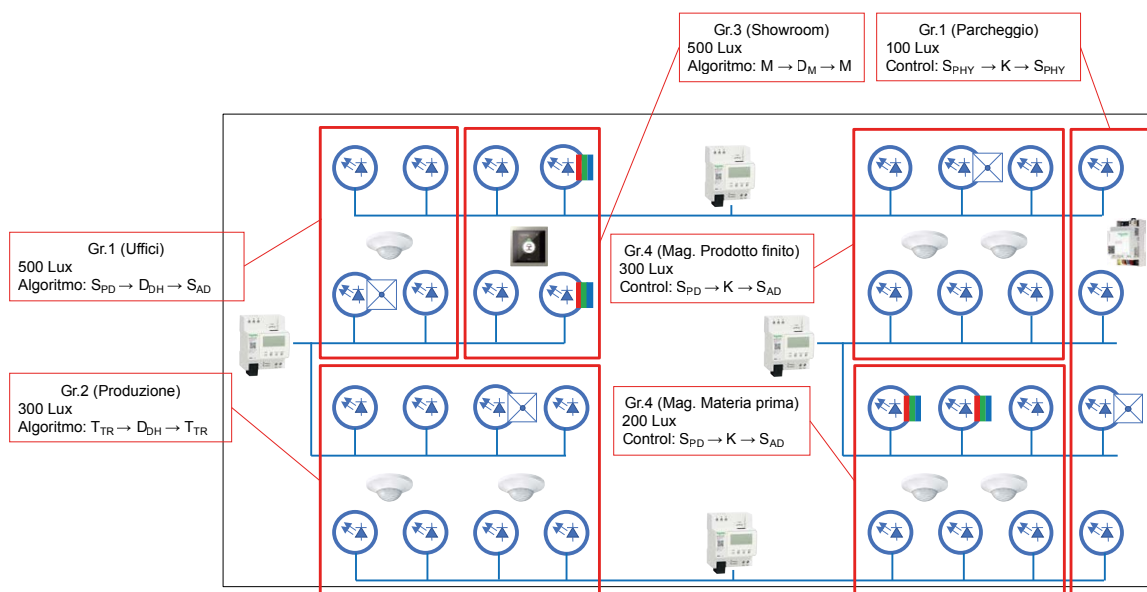
8. Procedimento progettuale

Step 4

Dimensionamento dei sensori

Sulla base degli algoritmi adottati per ciascun ambiente si provvede alla scelta del tipo e numero di sensori da installare. Devono essere utilizzati sensori in grado di implementare correttamente la funzionalità richiesta.

In base alle caratteristiche dell'ambiente deve essere determinato il numero e la corretta ubicazione.



In questa fase devono anche essere definiti i dispositivi di comando manuale come pulsanti, selettori, touchscreen, ecc.

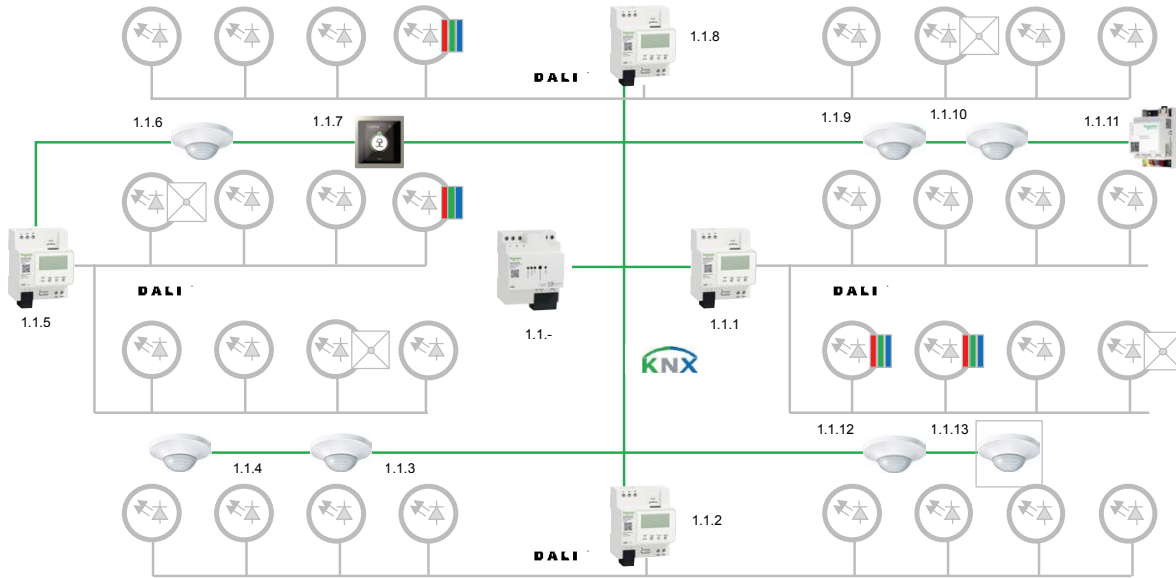
B

8. Procedimento progettuale

Step 5

Dimensionamento del network KNX

Considerando il numero di dispositivi adottati nel punto precedente è ora possibile dimensionare il network KNX seguendo le regole generali per il dimensionamento di questi sistemi. Se si limita il numero di dispositivi KNX a 64 per ciascuna linea non è in genere necessario verificare l'assorbimento e dimensionare l'alimentatore. È opportuno che la topologia dell'impianto sia coerente con l'architettura dell'edificio e tenga conto di possibili ampliamenti del sistema.



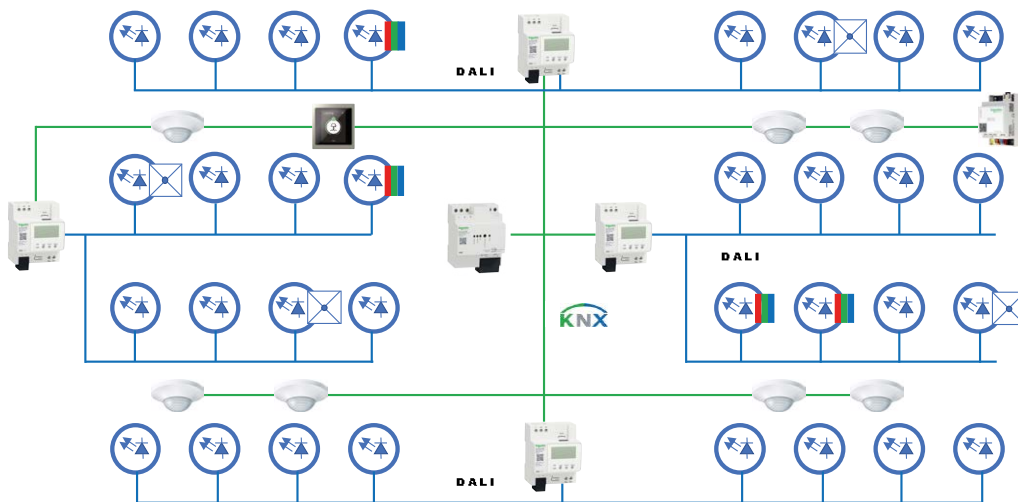
Sulla base della topologia risultante dal progetto devono essere scelti i dispositivi di sistema, quindi alimentatori ed accoppiatori.

Step 6

Definizione degli accessori

Il sistema LCS è ora completo di tutti i componenti richiesti per implementare le funzionalità di progetto. Rimangono da definire:

- Modalità di contabilizzazione dell'energia e quindi la soluzione di Sub-Metering;
- Sistema di supervisione e monitoraggio



La soluzione dovrà consentire all'utilizzatore ad esempio:

- La possibilità di modificare alcuni parametri funzionali (es. setpoint illuminamento di un locale, tempo di attesa dei sensori, ecc.)
- La segnalazione di guasti ed anomalie del sistema
- Se l'impianto comprende anche l'illuminazione di sicurezza deve essere implementato correttamente un sistema di monitoraggio e gestione dei test periodici

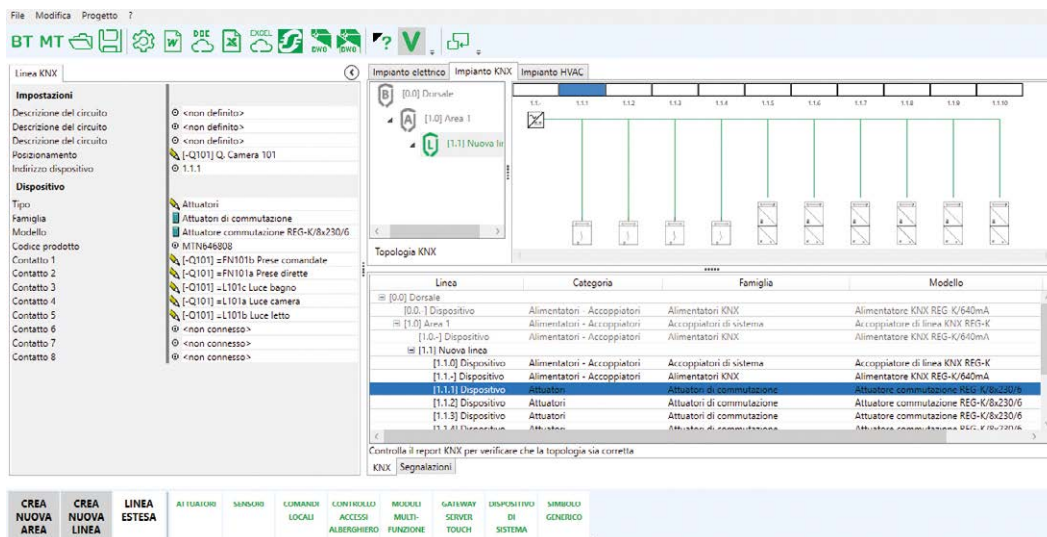
8. Procedimento progettuale



Documentazione di progetto

La documentazione di progetto relativa alle installazioni elettriche in genere fa riferimento alla Norma CEI 0-2 e, nel caso di installazioni HBES, viene integrata dagli elaborati indicati nella Guida CEI 205-14 che prevede i seguenti documenti specifici:

- a) Progetto preliminare
 - Lista dei servizi concordati con il cliente
 - Schema di massima delle funzioni
 - Programma temporale
 - Stima economica
- b) Progetto definitivo/esecutivo
 - Relazione tecnica
 - Schema logico
 - Schema delle connessioni
 - Schema planimetrico
 - Elenco dei componenti e delle connessioni
- c) Documenti per l'installazione
 - Descrizione del funzionamento del sistema HBES
 - Istruzioni per la configurazione
 - Specifiche di collaudo
- d) Documenti per l'utente finale
 - Documentazione finale di progetto
 - Manuale d'uso dell'impianto HBES
 - File di configurazione ETS5



Per l'elaborazione dei documenti di progetto KNX possono essere utilizzate le funzionalità integrate nel software di progettazione elettrica IProject 6.1.

I-Project 6.1 dà la possibilità ai progettisti di integrare nel loro progetto del quadro elettrico l'intero impianto KNX. In questo modo i progetti di building automation vengono sviluppati curando la parte elettrica e l'automazione KNX, considerando per entrambi la creazione di schema a blocchi e fronte quadro.

Dopo avere creato il progetto in I-Project 6.1, sono immediatamente disponibili i CAD di tutti i componenti KNX utilizzati, gli schemi di collegamento e la tabella delle funzioni, con il dettaglio dei codici dei prodotti utilizzati, le funzioni assegnate ai canali e i dettagli degli spazi installativi utilizzati (per esempio il nome dei quadri).



Sommario Appendice

Introduzione	124
Tabella riepilogativa per algoritmi di controllo	126
1. Comando manuale ON/OFF	127
2. Comando manuale con spegnimento temporizzato	128
3. ON manuale e OFF con sensore di assenza	129
4. ON manuale e OFF con sensore di assenza e soglia luminosità	130
5. ON/OFF automatico con Daylight Harvesting	131
6. ON manuale, OFF tramite sensore di assenza con Daylight Harvesting (regolazione)	132
Considerazioni	133
7. Il controllo di presenza in ambito industriale	134
8. Algoritmo per camera di degenza ospedaliera	137

Nel capitolo B.3 di questa guida si è introdotto il concetto di algoritmo di controllo dell'illuminazione e si è visto come questo debba essere scelto dal progettista per concretizzare il progetto del sistema LCS, adottando dispositivi quali sensori, pulsanti ecc. In questa appendice viene riportata la descrizione funzionale e la performance di alcuni algoritmi di controllo dell'illuminazione, alcuni basilari molto diffusi ed altri come esempi di personalizzazione e adattamento al contesto specifico.

Dal punto di vista dell'**efficienza energetica** è interessante notare come un algoritmo non è di per sé migliore o peggiore di un altro, la differenza in termini di performance deriva semmai sull'opportunità di utilizzarlo in un determinato tipo di ambiente. Quindi è la tipologia di locale, con le sue particolari modalità di utilizzo, a caratterizzare l'efficienza e l'efficacia della soluzione di controllo, penalizzando quelli che non sono in grado di sfruttare i fattori di efficienza propri di quel locale.

Va inoltre ricordato che in questo manuale si approfondiscono gli aspetti relativi a quelle componenti che sono strettamente connesse con il sistema di regolazione ma va ricordato che il fattore di efficienza complessivo e_L dipende anche dal fattore $e_{L,ES}$ che dipende dalle prestazioni dell'apparecchio illuminante.

$$e_L = (e_{L,C} \cdot e_{L,O} \cdot e_{L,D}) \cdot e_{L,ES}$$

La valutazione energetica, per ciascun algoritmo descritto, viene quindi effettuata per alcune tipologie di ambienti ed applicazioni, ognuna caratterizzata da fattori specifici. Sarà compito del progettista valutare, caso per caso, l'idoneità e l'efficacia della soluzione di controllo da adottare.

Ambienti tipo	Dati di progetto				
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9
Camera di albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-

Legenda:
 MF: Fattore di manutenzione
 F_A: Fattore di assenza (Tabella A-6 - Cap. A.2 - Pag. 26)
 E_m: Illuminamento medio di progetto (Lux)
 Daylight: Livello di disponibilità di luce naturale (Tabella A-9 - Cap. A.2 - Pag. 29)
 t_{Day}/t_{Tot}: rapporto tra le ore diurne ed il tempo totale di utilizzo. (Tabella A-12 - Cap. A.2 - Pag. 30)




Quando si sceglie un algoritmo di controllo va inoltre sempre considerato il suo comfort di utilizzo, cioè la capacità dell'algoritmo di assicurare all'impianto di illuminazione un funzionamento che è coerente con l'utilizzo degli ambienti.

Introduzione

Questo aspetto, tutt'altro che secondario, andrebbe valutato sotto due punti di vista:

- a) La comodità funzionale, cioè la capacità di eseguire delle azioni che diversamente sarebbe necessario fossero effettuate dall'utente (non importa se con un pulsante o mediante uno smartphone), che rappresenta l'innovazione funzionale del sistema, l'automazione vera e propria.
- b) Il ridotto impatto degli automatismi, cioè la capacità di effettuare regolazioni e modificazioni al sistema che non vengono percepite negativamente dall'utente e quindi svolgono la loro funzione senza diminuire il comfort di utilizzo.

Negli esempi che seguono questo aspetto viene rappresentato con un'icona:

	Neutro: l'algoritmo non modifica più di tanto il comportamento di una installazione tradizionale, l'utente non percepisce alcun vantaggio significativo.
	Negativo: l'automazione introduce elementi di disturbo, richiede da parte dell'utilizzatore un processo di accettazione oppure non risulta utilizzabile in una determinata applicazione.
	Positivo: l'automazione aiuta e semplifica l'attività dell'utente, le regolazioni non vengono di fatto percepite durante la normale attività.

“

Dal punto di vista dell'efficienza energetica è interessante notare come un algoritmo non è di per sé migliore o peggiore di un altro, la differenza in termini di performance deriva semmai sull'opportunità di utilizzarlo in un determinato tipo di ambiente.

C

C Algoritmi di controllo dell'illuminazione

Tabella riepilogativa per algoritmi di controllo

ATTIVAZIONE IMPIANTO		
Rif.	Descrizione	Note
M	Manuale	Es. pulsante, interruttore, smartphone
S_{PD}	Sensore (Presence Detection)	Il sensore attiva l'impianto rilevando la presenza di persone
S_{PHY}	Sensore di grandezza fisica	Es. sensore crepuscolare
T_{SC}	Orologio (Scheduler)	Es. Timer con programmazione giornaliera o settimanale
T_{AL}	Algoritmo predittivo	Algoritmo capace di determinare autonomamente quando attivare l'impianto

CONTROLLO E REGOLAZIONE (FLUSSO LUMINOSO)		
Rif.	Descrizione	Note
K	Costante	Il flusso luminoso non viene modificato in alcun modo
K_{CLO}	Costante con funzione CLO	Il flusso luminoso viene regolato in modo da restare costante, compensando il decadimento della sorgente luminosa con la funzione CLO (Constant Lumen Output) integrata nel driver dell'apparecchio illuminante.
D_M	Regolato (dimming) manualmente	Es. pulsante, slider, smartphone
D_{DH}	Regolato automaticamente in funzione della luce naturale (Daylight Harvesting)	Richiede un sensore di luminosità in ambiente
S_{DH}	Commutato automaticamente in funzione della luce naturale	Sensore di luminosità ambiente che opera in modalità switching
LC_{PD}	Setpoint o livello di flusso modificati sulla base della presenza di persone	Ambiente in cui il livello di illuminamento (o il flusso luminoso) vengono variati in base alla presenza di persone. Ad esempio l'impianto assicura ordinariamente un livello di illuminamento di 500 lx che viene ridotto a 250 lx se non è presente personale.
LC_{TSC}	Setpoint o livello di flusso modificati sulla base di programma orario	Come per il precedente ma l'operazione di variazione viene gestita mediante un timer orario. Ad esempio, l'illuminazione esterna viene ridotta durante le ore notturne rispetto al livello nominale.

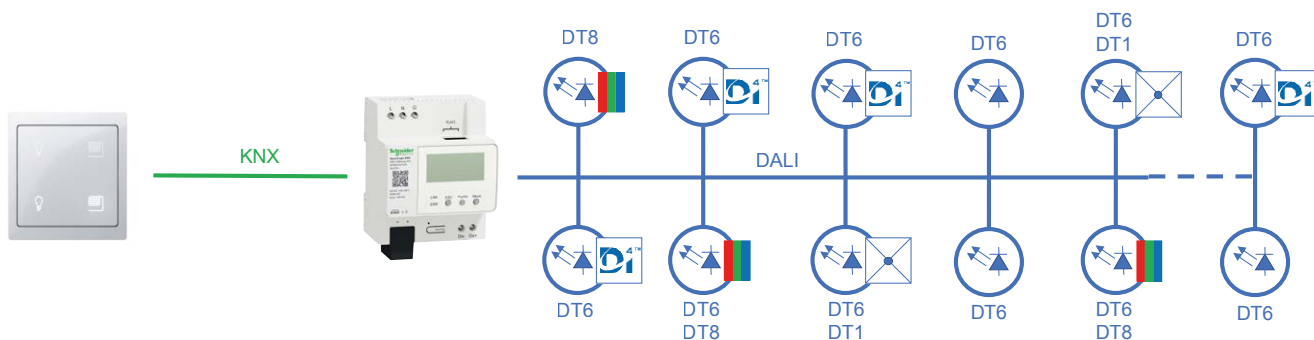
CONTROLLO E REGOLAZIONE (CONTROLLO DEL COLORE)		
Rif.	Descrizione	Note
C_{TC}	ColourType Tc, controllo temperatura di colore	Andamento della regolazione
C_{xy}	ColourType XY, controllo del colore sulla base di coordinate cromatiche	Andamento della regolazione
C_{RGB}	ColourType RGBWAF, controllo cromatico sui canali RGBWAF	Andamento della regolazione

DISATTIVAZIONE IMPIANTO		
Rif.	Descrizione	Note
M	Manuale	Es. pulsante, interruttore, smartphone
S_{AD}	Sensore (Absence Detection)	Il sensore disattiva l'impianto non rilevando più presenza di persone
S_{PHY}	Sensore di grandezza fisica	Es. sensore crepuscolare
T_{SC}	Orologio (Scheduler)	Es. Timer con programmazione giornaliera o settimanale
T_{TR}	Timer	Es. funzione luce scala, indipendente dalla presenza di persone
T_{AL}	Algoritmo predittivo	Algoritmo capace di determinare autonomamente lo spegnimento

1. Comando manuale ON/OFF

(M → K → M)

Il primo algoritmo considerato è costituito dal semplice e tradizionale comando manuale. Si parte necessariamente da qui, più che altro per poter successivamente confrontare i suoi fattori di efficienza con quelli degli altri algoritmi di regolazione automatica.



Anche se il suo funzionamento è identico al tradizionale interruttore analogico consideriamo comunque che questo è un sistema di comando digitale. In qualsiasi momento, con una semplice modifica alla configurazione, può cambiare la modalità di controllo oppure può arricchirsi di automatismi con l'inserimento di altri dispositivi KNX.

Efficienza energetica

Questa modalità di controllo presenta ovviamente una pessima performance energetica, in particolare negli ambienti dove un automatismo sarebbe capace di rendere più efficiente il sistema, ad esempio quando la disponibilità di luce naturale non può essere trascurata (es. ufficio singolo o aula scolastica).

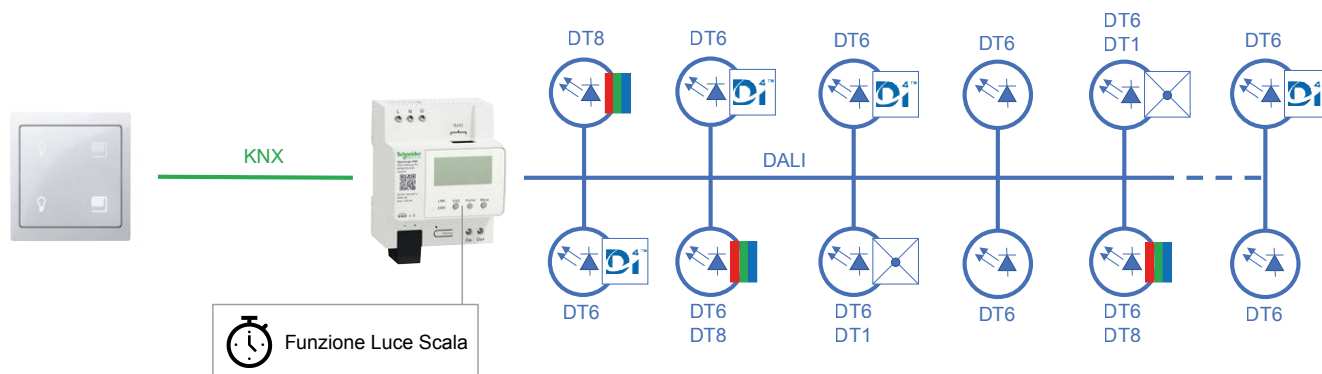
Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,d}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9	1,11	1,33	2,92	4,31	☹️
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9	1,11	1,27	2,29	3,23	☹️
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,11	3,00	1,70	5,66	☹️
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6	1,11	1,50	1,42	2,36	☹️
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62	1,18	1,00	1,53	1,81	☹️
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,14	1,33	1,32	2,00	☹️
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,14	2,00	1,00	2,28	☹️

C Algoritmi di controllo dell'illuminazione

2. Comando manuale con spegnimento temporizzato

$$(M \rightarrow K \rightarrow T_{TR})$$

Questo secondo esempio utilizza sempre un'attivazione manuale ma introduce un automatismo per lo spegnimento, basato in questo caso su un tempo prefissato nell'attuatore.



La componentistica non cambia, è sufficiente configurare il Gateway KNX/DALI per attivare questa funzionalità con i relativi parametri:

- Tempo di attesa
- Preavviso di spegnimento
- Riarmo durante l'accensione

Ovviamente questa modalità di controllo si presta per essere utilizzata in ambienti di passaggio e non certo in luoghi dove è prevista la permanenza delle persone.

Di fatto questo algoritmo emula il tradizionale comando temporizzato che è stato lungamente utilizzato negli impianti tradizionali.

Efficienza energetica

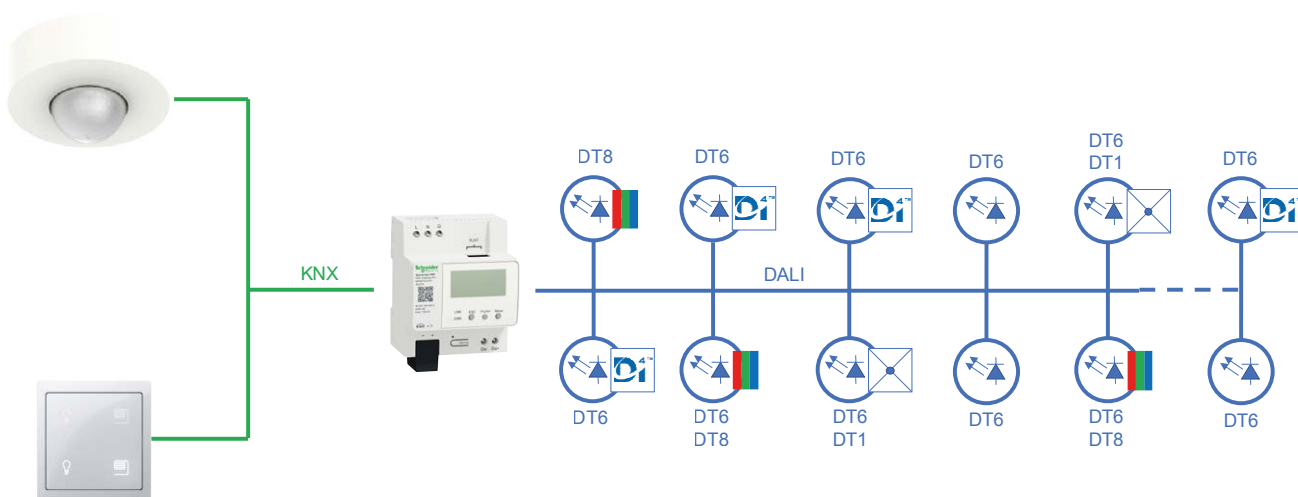
Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,d}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9				N/A	-
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9				N/A	-
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,11	2,50	1,70	4,72	☹️
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6				N/A	-
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62				N/A	-
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,14	1,25	1,32	1,88	☹️
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,14	1,75	1,00	2,00	☹️

3. ON manuale e OFF con sensore di assenza

$$(M \rightarrow K \rightarrow S_{AD})$$

Questa modalità di controllo è molto simile alla precedente ma utilizza la rilevazione di assenza al posto di un tempo prefissato per disattivare l'impianto. È quindi idoneo per essere impiegato sia in ambienti di passaggio ma anche in luoghi dove la permanenza delle persone può durare un tempo significativo e comunque non costante.

Va ricordato che per "sensore di assenza" si intende un sensore in grado di rilevare la presenza di persone che al momento dell'ingresso non genera alcun comando ma, terminata la rilevazione, determina la disattivazione dell'impianto.



Naturalmente, l'utente può spegnere manualmente l'impianto agendo sul pulsante con cui lo ha attivato. Il sensore svolge la funzione di disattivazione automatica in assenza di persone.

Efficienza energetica

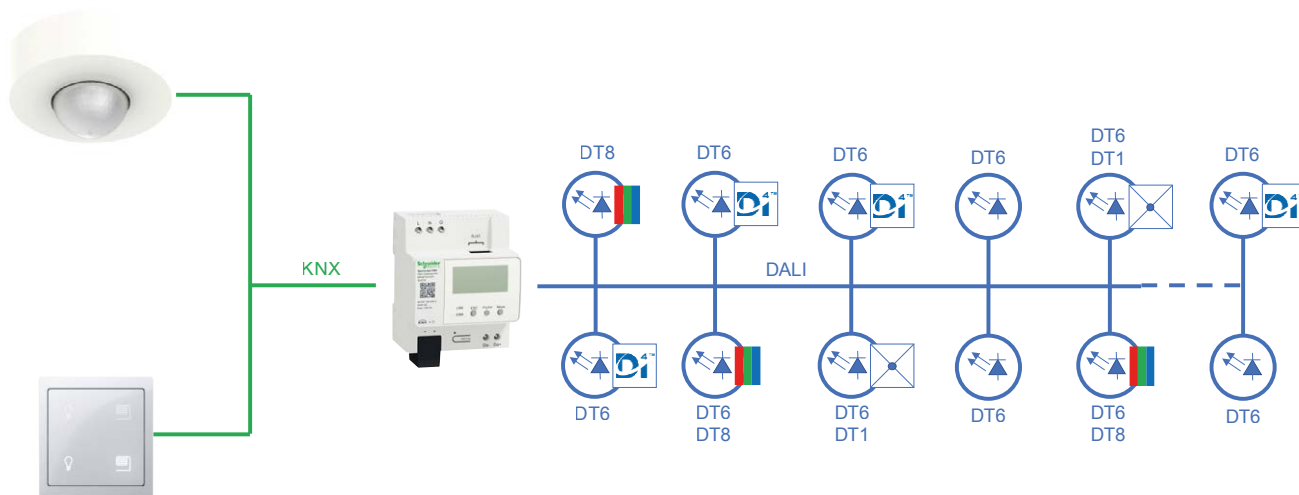
Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,d}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9	1,11	1,00	2,92	3,24	😊
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9	1,11	1,00	2,29	2,54	😊
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,11	1,00	1,70	1,89	😊
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6	1,11	1,00	1,42	1,58	😊
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62	1,18	1,00	1,53	1,81	😐
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,14	1,00	1,32	1,50	😊
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,14	1,00	1,00	1,14	😞

C Algoritmi di controllo dell'illuminazione

4. ON manuale e OFF con sensore di assenza e soglia luminosità

$$(M \rightarrow S_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Rispetto al caso precedente questo algoritmo disattiva l'illuminazione sia quando non sono più presenti persone ma anche quando, in presenza di persone, viene raggiunto un livello di illuminamento superiore al Setpoint impostato.



Secondo la EN 15193-1 questo sistema corrisponde ad un DRCS di tipo II

(Tabella A-10), se prevede la riattivazione automatica quando l'illuminazione naturale diventa insufficiente oppure di tipo IV se la riattivazione richiede un comando manuale. In questo caso è stato considerato un DRCS di tipo IV.

Lo spegnimento completo di un impianto di illuminazione, quando la luminosità dell'ambiente ha raggiunto valori superiori al Setpoint grazie all'apporto di luce naturale comporta in genere la percezione da parte delle persone di un'improvvisa riduzione della luce che viene soggettivamente valutata come insufficiente, almeno fino a quando l'occhio non ha potuto abituarsi al nuovo valore. Benché quindi venga sempre rispettato il valore di Setpoint questo algoritmo può risultare poco apprezzato in alcune applicazioni.

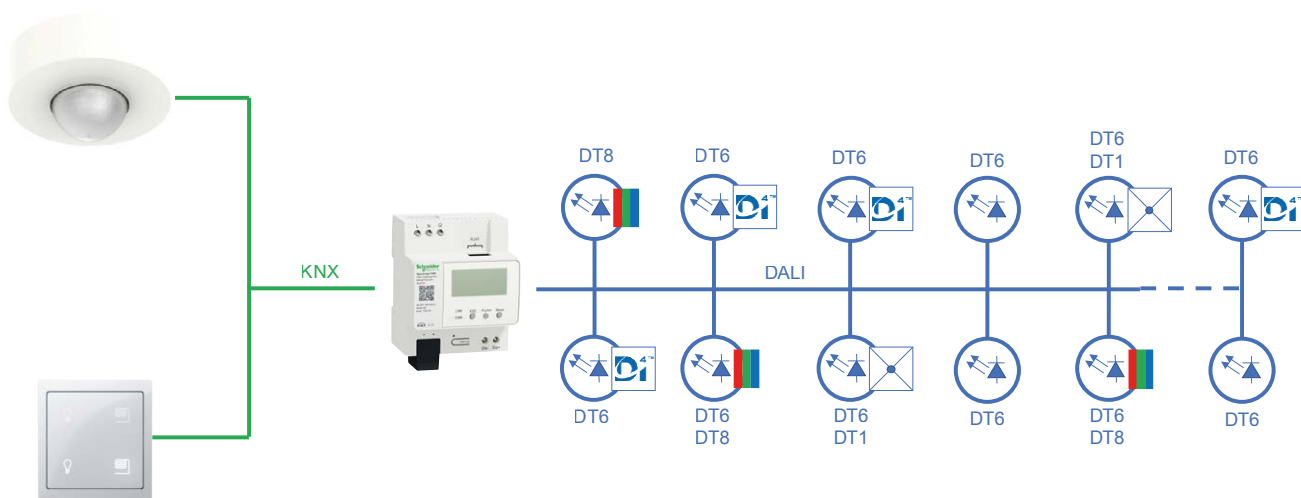
Efficienza energetica

Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,D}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9	1,11	1,00	2,07	2,30	☹️
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9	1,11	1,00	1,64	1,82	☹️
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,11	1,00	1,49	1,65	😐
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6	1,11	1,00	1,28	1,42	☹️
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62	1,18	1,00	1,29	1,52	☹️
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,14	1,00	1,22	1,39	😊
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,14	1,00	1	1,14	☹️

5. ON/OFF automatico con Daylight Harvesting

$$(S_{PD} \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Questa soluzione è molto diffusa in ambienti quali uffici o aule scolastiche, caratterizzati da un contributo significativo di luce naturale e persone presenti con una certa discontinuità.



È in genere opportuno disporre anche di un controllo manuale in modo da poter adattare l'illuminazione ad esigenze specifiche disattivando la regolazione automatica.

Efficienza energetica

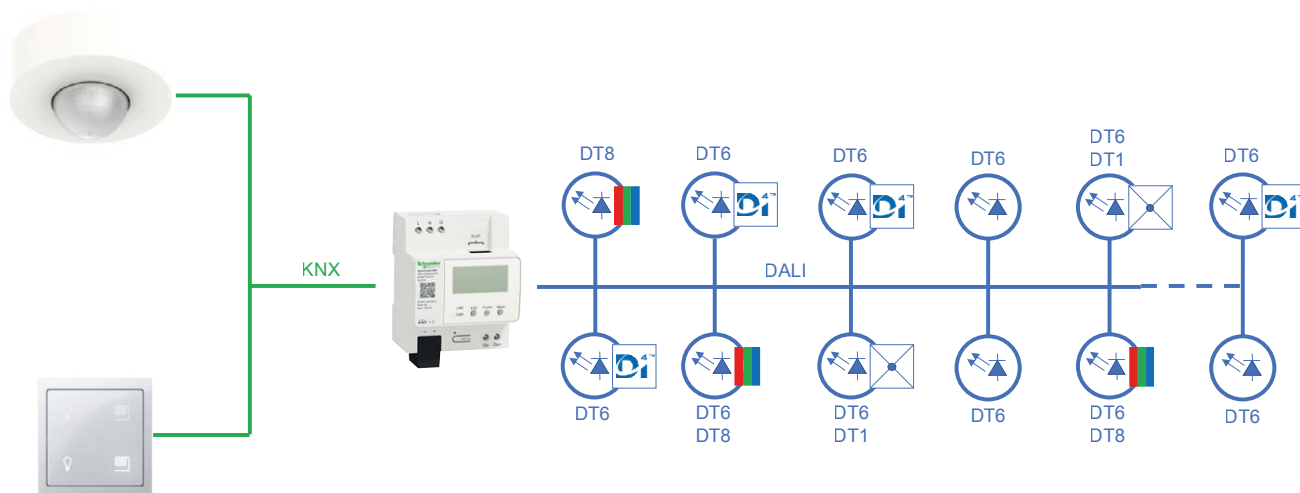
Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,D}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9	1,00	1,17	1,85	2,16	😊
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9	1,00	1,13	1,51	1,71	😊
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,00	2,00	1,42	2,84	😊
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6	1,00	1,25	1,23	1,54	😞
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62	1,00	1,00	1,23	1,23	😞
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,00	1,17	1,19	1,39	😞
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,00	1,50	1	1,50	😊

C Algoritmi di controllo dell'illuminazione

6. ON manuale, OFF tramite sensore di assenza con Daylight Harvesting (regolazione)

$$(M \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Questa soluzione è molto simile alla precedente, riduce il comfort di utilizzo essendo richiesto di accendere manualmente l'illuminazione ma presenta una performance energetica migliore.



Efficienza energetica

Ambienti tipo	Dati di progetto				Fattori di efficienza					Comfort
	MF	F _A	E _m	Daylight	t _{Day} /t _{Tot}	e _{L,c}	e _{L,o}	e _{L,D}	e _L	
Ufficio singolo	0,8	0,4	500	Alta	0,9	1,00	1,00	1,85	1,85	😊
Aula scolastica	0,8	0,25	500	Media	0,9	1,00	1,00	1,51	1,51	😊
Archivio	0,8	0,98	300	Bassa	0,9	1,00	1,00	1,42	1,42	😊
Camera d'albergo	0,8	0,6	300	Media	0,6	1,00	1,00	1,23	1,23	😞
Area produttiva	0,7	0	500	Alta	0,62	1,00	1,00	1,23	1,23	😐
Magazzino con scaffali	0,75	0,40	300	Bassa	0,62	1,00	1,00	1,19	1,19	😐
Parcheggio pubblico interrato	0,75	0,80	300	Nessuna	-	1,00	1,00	1,00	1,00	😞

Considerazioni

Esaminati alcuni dei più comuni algoritmi di controllo è possibile fare ora una qualche valutazione dal punto di vista della performance energetica.

Innanzitutto, il valore assoluto del fattore di risparmio e_L non ha un significato concreto ma questo deve essere valutato e confrontato, per un determinato ambiente, rispetto agli altri algoritmi applicabili ed in particolare con il controllo manuale (1).

I dati relativi agli esempi precedenti sono riepilogati nella tabella seguente.

#	Algoritmo di controllo	Ufficio singolo	Aula scolastica	Archivio	Camera albergo	Area produttiva	Magazzino con scaffali	Parcheggio pubblico interrato
1	$M \rightarrow K \rightarrow M$	4,31	3,23	5,66	2,36	1,81	2,00	2,28
2	$M \rightarrow K \rightarrow T_{TR}$	N/A	N/A	4,72	N/A	N/A	1,88	2,00
3	$M \rightarrow K \rightarrow S_{AD}$	3,24	2,54	1,89	1,58	1,81	1,50	1,14
4	$M \rightarrow S_{DH} \rightarrow S_{AD}$	2,30	1,82	1,65	1,42	1,52	1,39	1,14
5	$S_{PD} \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD}$	2,16	1,71	2,84	1,54	1,23	1,39	1,50
6	$M \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD}$	1,85	1,51	1,42	1,23	1,23	1,19	1,00

Tabella C - 1 - Fattore di risparmio e_L in diversi ambienti

Emerge chiaramente come l'introduzione di automazioni nel controllo dell'illuminazione assicura un'efficienza energetica significativa, a volte superiore a quella derivante dalla semplice sostituzione degli apparecchi illuminanti esistenti con nuovi modelli a LED.

Il fattore di risparmio e_L rappresenta una performance del sistema di regolazione. La quantità di energia che viene risparmiata dipende da quanti apparecchi illuminanti sono controllati. Ad esempio, nel caso del reparto produttivo, va considerato che anche modesti aumenti di efficienza vanno poi moltiplicati per un numero considerevole di apparecchi andando a determinare una consistente riduzione dei consumi.

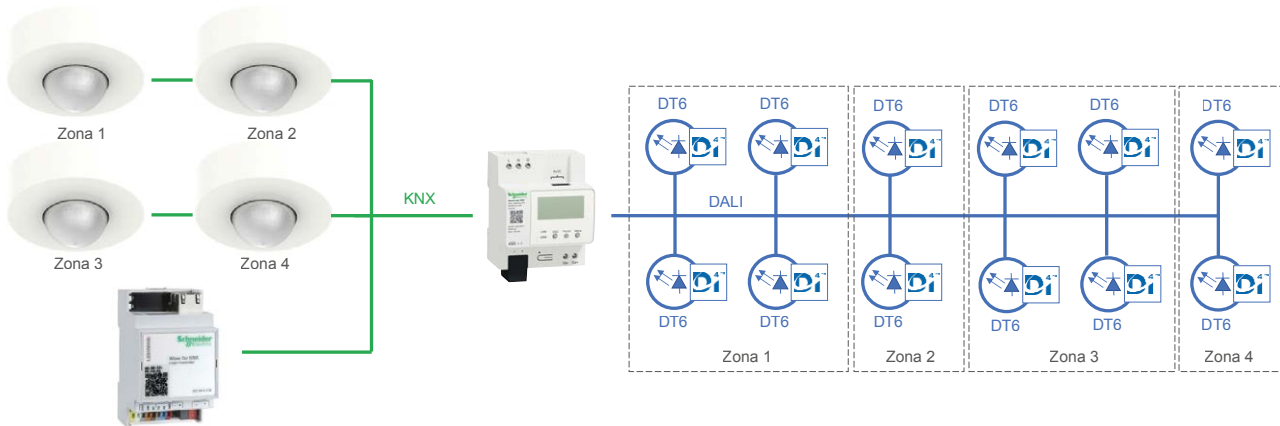
Nel caso del parcheggio pubblico interrato l'utilizzo di un controllo dimmerabile (D_{DH}) non determina alcun miglioramento per quanto riguarda la luce naturale ma consente il recupero del fattore di manutenzione.

C Algoritmi di controllo dell'illuminazione

7. Il controllo di presenza in ambito industriale

$$(T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{PD} \rightarrow T_{SC})$$

La Norma EN 15193-1 indica, per gli ambienti produttivi ed in particolare per i reparti di lavorazione, un fattore di assenza F_A pari a 0 che significa che qualsiasi misura che viene adottata per il controllo di presenza non determina alcun risultato utile perché l'area viene considerata costantemente occupata. Oppure si può dire che ad esempio un timer giornaliero costituisce di fatto una rilevazione di presenza perché all'interno di quel periodo di tempo c'è sempre qualcuno, il risultato non cambia.



In realtà all'interno di alcuni stabilimenti produttivi la densità degli addetti è considerevolmente bassa in rapporto alla superficie, da cui si può ipotizzare che, durante l'attività produttiva, porzioni non trascurabili dell'area siano occupate in modo discontinuo, anche per un tempo significativo.

Se consideriamo ad esempio un reparto che opera su tre turni, già controllato con un algoritmo:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \rightarrow T_{SC}$$

(attivazione e disattivazione da timer giornaliero e regolazione del flusso luminoso in funzione della luce naturale), sappiamo che il nostro impianto di illuminazione nelle ore diurne sarà regolato mantenendo costante il livello di illuminamento mentre nelle ore notturne opererà ad un valore fisso, prossimo al valore massimo.

Di fatto è il Setpoint di illuminamento a determinare il comportamento dell'impianto ed il conseguente consumo energetico.

In questo caso potrebbe risultare efficace un sistema che, al posto di spegnere l'illuminazione in assenza di persone, provvedesse a modificare temporaneamente il setpoint di illuminamento, riducendolo ad esempio del 50%. Questo determinerebbe un duplice vantaggio:

- Di giorno la regolazione in funzione della luce naturale sarebbe ancora più efficace perché verrebbe raggiunto più velocemente il punto di spegnimento delle lampade;
- Di notte, quando gli apparecchi lavorano al valore massimo, potrebbero essere regolati.

Questa particolare funzionalità può essere espressa con l'algoritmo:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{PD} \rightarrow T_{SC}$$

che significa: attivazione e disattivazione da timer giornaliero e regolazione del flusso in funzione della luce naturale con setpoint di illuminamento modificato da sensore di presenza.

Di fatto l'impianto viene configurato in modo che i sensori posizionati nell'area commutano, in base alla rilevazione di presenza, il loro stesso valore di Setpoint utilizzato per la regolazione degli apparecchi illuminanti. Ovviamente questa funzionalità deve essere supportata dal sensore ma in genere i dispositivi KNX sono oggi dotati di un applicativo estremamente versatile.

7. Il controllo di presenza in ambito industriale

Efficienza energetica

Si presenta a questo punto il problema di determinare l'efficienza introdotta da questo algoritmo utilizzando le stesse tabelle di calcolo usate per gli algoritmi standard. Innanzi tutto, va detto che se è vero che sussistono zone non occupate per un tempo significativo non è più corretto dire che il fattore di assenza F_A è pari a 0 ma andrebbe determinato un valore corretto⁴⁴. Conseguentemente i valori del fattore di costo e_L determinati negli esempi precedenti non sono più corretti e vanno aggiornati. Se F_A è diverso da 0 la norma penalizza le soluzioni che non implementano una forma di controllo di presenza.

Si può stimare una percentuale di tempo, mediata tra le varie zone dell'area produttiva, un valore che può essere compreso tra 0,1 e 0,4, ad esempio utilizzeremo il valore 0,2 (ogni settore non risulta occupato per un tempo complessivo di 4,8 ore nell'arco di una giornata).

Considerato che il nostro sistema non spegne l'impianto ma ne riduce il flusso del 50% possiamo in prima approssimazione ricalcolare i fattori di costo considerando il controllo di presenza con un'efficacia dimezzata rispetto al dato fornito dalle tabelle normative.

Algoritmo	Dati di progetto					Fattori di efficienza				Comfort
	MF	F_A	E_m	Daylight	t_{Day}/t_{Tot}	$e_{L,c}$	$e_{L,o}$	$e_{L,D}$	e_L	
M → K → M						1,18	1,25	1,53	2,33	☹️
T_{SC} → D_{DH} → T_{SC}	0,7	0,2	500	Alta	0,62	1	1,25	1,23	1,59	😊
T_{SC} → D_{DH} ^ ALC_{PD} → T_{SC}						1	1,13 1,19	1,23	1,46	😊

Per quanto riguarda il Daylight Harvesting, la norma ci suggerisce di non considerare alcun miglioramento in quanto in un ambiente con contributo elevato di luce naturale una riduzione del Setpoint non modifica in modo significativo il comportamento del sistema che prevede comunque che l'illuminazione arrivi a spegnersi.

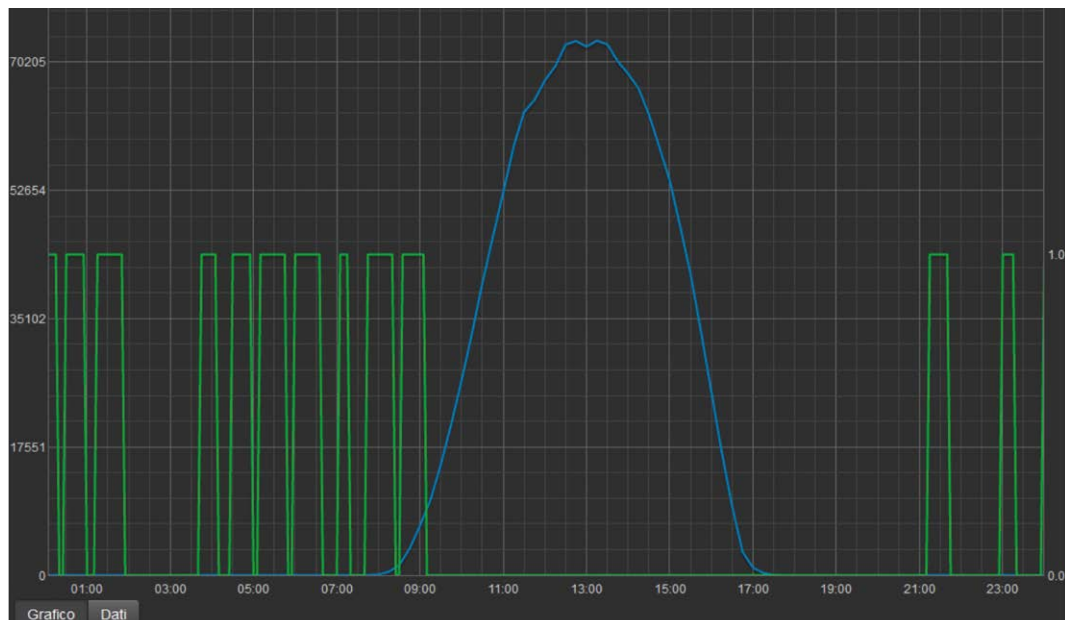
L'efficacia, in termini di riduzione dei consumi energetici della funzione **SL_{PD}** comporta un'efficienza migliorativa di c.ca 8,9% rispetto all'algoritmo di partenza in particolare dovuta al fatto che il reparto opera su tre turni e quindi ha l'intero periodo notturno di operatività. Questo valore rappresenta una stima iniziale e sappiamo essere fortemente influenzato dal comportamento del personale all'interno del reparto ma è anche vero che non comporta un maggior costo di installazione ma solo una diversa e più accurata configurazione dei sensori KNX.

Questa funzionalità aggiuntiva potrà poi essere facilmente verificata utilizzando la Building Analytics cioè l'analisi degli eventi su un periodo di tempo sufficientemente ampio. I sensori possono essere configurati in modo da segnalare la presenza di persone e la successiva analisi di questi dati può contribuire alla scelta di adottare l'automatismo e parametrarlo correttamente (es. tempi di attesa dei sensori).

⁴⁴ I valori indicati dalla Norma EN 15193-1 sono da considerare come valori suggeriti in assenza di informazioni e dati specifici. Il progettista può e deve utilizzare valori diversi quando ha a disposizione dati reali o è in grado di formulare una stima basata su elementi e fattori specifici.

7. Il controllo di presenza in ambito industriale

La successiva registrazione delle commutazioni di setpoint durante il ciclo notturno consente di determinare per quanto tempo il sistema ha operato con il livello inferiore e quindi quanta energia ha effettivamente contribuito a risparmiare.

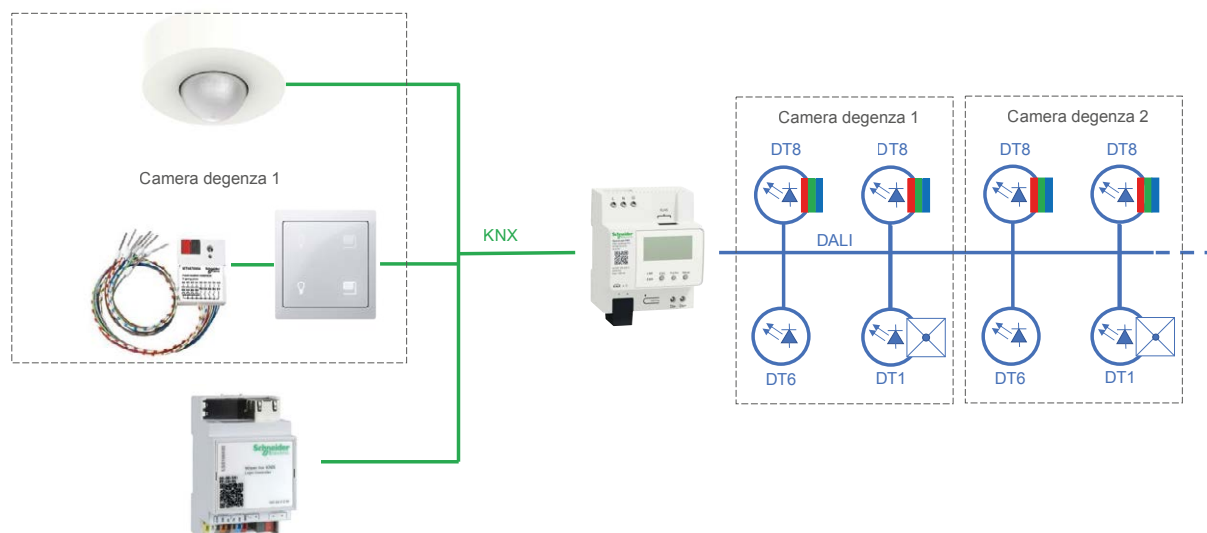


Dal punto di vista del comfort di utilizzo di questa automazione possiamo considerare che essa opera in zone non occupate da personale e quindi non va a modificare l'illuminazione nelle zone dove si svolge il compito visivo. Viene in genere suggerito che il sistema sia configurato in modo che la riduzione del flusso attivata dalla commutazione del Setpoint venga effettuata in modo lento e non percepibile mentre il ripristino del valore di progetto, nel caso in cui un operatore si avvicini, sia rapida.

8. Algoritmo per camera di degenza ospedaliera

$$(T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC})$$

Negli ambienti ospedalieri, in particolare in quelli occupati da pazienti o utilizzati per terapie, i criteri di controllo dell'illuminazione seguono orientamenti completamente diversi. Comprensibilmente la performance energetica non può essere prioritaria rispetto ad altri fattori, correlati al benessere delle persone o a garantire continuità e qualità del servizio.



All'interno di una camera di degenza il paziente è illuminato da luce artificiale per un tempo considerevole durante l'arco della giornata e questo aspetto è noto essere potenziale causa di disturbi. È importante quindi che vengano limitate le conseguenze di questa esposizione prolungata con sistemi capaci di introdurre diverse componenti di variazione mediante:

- Valorizzazione dell'apporto di luce solare diretta, con la possibilità di schermature ed oscuranti;
- Regolazione del flusso luminoso a valori ridotti nelle ore serali e notturne;
- Variazione della componente cromatica delle sorgenti luminose (T_c – temperatura di colore) secondo schemi di regolazione adeguati.

Può ad esempio essere implementato l'algoritmo:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC}$$

(controllo generale mediante schedatore orario che provvede alla modifica del livello di flusso luminoso e di temperatura di colore, con funzione di daylight harvesting operativa nelle ore diurne).

Chiaramente questo approccio deve corrispondere ad un progetto illuminotecnico altrettanto specifico, tale da interpretare correttamente l'illuminazione generale dell'ambiente, l'illuminazione personale localizzata, l'illuminazione notturna, ecc.

Efficienza energetica

In ambienti dove il flusso luminoso viene variato in valori assoluti non è possibile recuperare il fattore di manutenzione con l'uso dei sensori a soffitto. In questo caso possono essere utilizzati apparecchi illuminanti con driver dotati della funzione CLO (Constant Lumen Output) che provvede a controllare l'emissione luminosa in funzione delle ore di funzionamento dell'apparecchio, compensando automaticamente l'invecchiamento della sorgente luminosa.

L'inefficienza delle soluzioni di controllo presenza viene evidenziata in ambito normativo dove per le camere di degenza viene assegnato un fattore di assenza F_A pari a 0. Nelle camere con un elevato apporto di luce naturale il Daylight Harvesting apporta il suo contributo in termini energetici anche se in realtà viene implementato soprattutto per privilegiare la componente di luce naturale.

C

Ambienti tipo	Dati di progetto					Fattori di efficienza				Comfort
	MF	F_A	E_m	Daylight	t_{Day}/t_{Tot}	$e_{L,C}$	$e_{L,O}$	$e_{L,D}$	e_L	
M → K → M	0,8	0	300	Alta	0,6	1	1,11	1,47	1,63	☹️
$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC}$						$1_{(CLO)}$	1,00	1,23	1,23	😊

L'organizzazione commerciale Schneider Electric

Aree

Nord Ovest

- Piemonte
(escluse Novara e Verbania)
- Valle d'Aosta
- Liguria (esclusa La Spezia)
- Sardegna

Lombardia Ovest

- Milano, Varese, Como
- Lecco, Sondrio, Novara
- Verbania, Pavia, Lodi

Lombardia Est

- Bergamo, Brescia, Mantova
- Cremona, Piacenza

Nord Est

- Veneto
- Friuli Venezia Giulia
- Trentino Alto Adige

Emilia Romagna - Marche

(esclusa Piacenza)

Toscana - Umbria

(inclusa La Spezia)

Centro

- Lazio
- Abruzzo
- Molise
- Basilicata (solo Matera)
- Puglia

Sud

- Calabria
- Campania
- Sicilia
- Basilicata (solo Potenza)

Sedi

Via Orbetello, 140
10148 TORINO
Tel. 0112281211
Fax 0112281311

Via Stephenson, 73
20157 MILANO
Tel. 0299260111
Fax 0299260325

Via Circonvallazione Est, 1
24040 STEZZANO (BG)
Tel. 0354152494
Fax 0354152932

Centro Direzionale Padova 1
Via Savelli, 120
35100 PADOVA
Tel. 0498062811
Fax 0498062850

Via del Lavoro, 47
40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)
Tel. 051708111
Fax 051708222

Via Pratese, 167
50145 FIRENZE
Tel. 0553026711
Fax 0553026725

Via Vincenzo Lamaro, 13
00173 ROMA
Tel. 0672652711
Fax 0672652777

SP Circumv. Esterna di Napoli
80020 CASAVATORE (NA)
Tel. 0817360611
0817360601
Fax 0817360625

Via Trinacria, 7
95030 TREMESTIERI ETNEO (CT)
Tel. 0954037911
Fax 0954037925

Agenzie

Nord Ovest (escl. Sardegna)

R.E.P. S.r.l.
Via Ferroggio, 22
10151 TORINO
Tel. 0114531118
Fax 0114550014

**Trentino Alto Adige
Province di BZ-TN-VR
REA S.r.l.**
Via Spagnole, 2/B
37015 DOMEGLIARA (VR)
Tel. 0456888691
Fax 0456860871

2P Elettrorepresentanze S.n.c.

Via Ilio Barontini, 15/P
50018 SCANDICCI (FI)
Tel. 0557224231
Fax 0557227178

Abruzzo e Molise

CBR S.n.c.
Via Po, 58 - Sambuceto
66020 S. GIOVANNI
TEATINO (CH)
Tel. 0854460182
Fax 0854460107

Sardegna

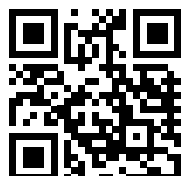
LEAR di Aramu e Leinardi
Via Ferraris, sn
09092 ARBOREA (OR)
Tel. 0783800300
Fax 0783802035

**Friuli Venezia Giulia
e Province di TV-BL-VE
ARES S.a.s.**
Via L. Galvani, 6/C int. 9 e 14 - 2° piano
31027 SPRESIANO (TV)
Tel. 0422722905
Fax 0422887466

Schneider Electric S.p.A.

Sede Legale e Direzione Centrale
Via Circonvallazione Est, 1
24040 STEZZANO (BG)
www.se.com/it

Home Page Supporto Clienti



Centro Supporto Cliente
Tel. 011 4073333



Centro Formazione Tecnica
email: it-formazione-tecnica@se.com

Life Is On

Schneider
Electric

In ragione dell'evoluzione delle Norme e dei materiali, le caratteristiche riportate nei testi e nelle illustrazioni del presente documento si potranno ritenere impegnative solo dopo conferma da parte di Schneider Electric.