



TRILUX



Tecnologia LED e Retrofit

Contesto



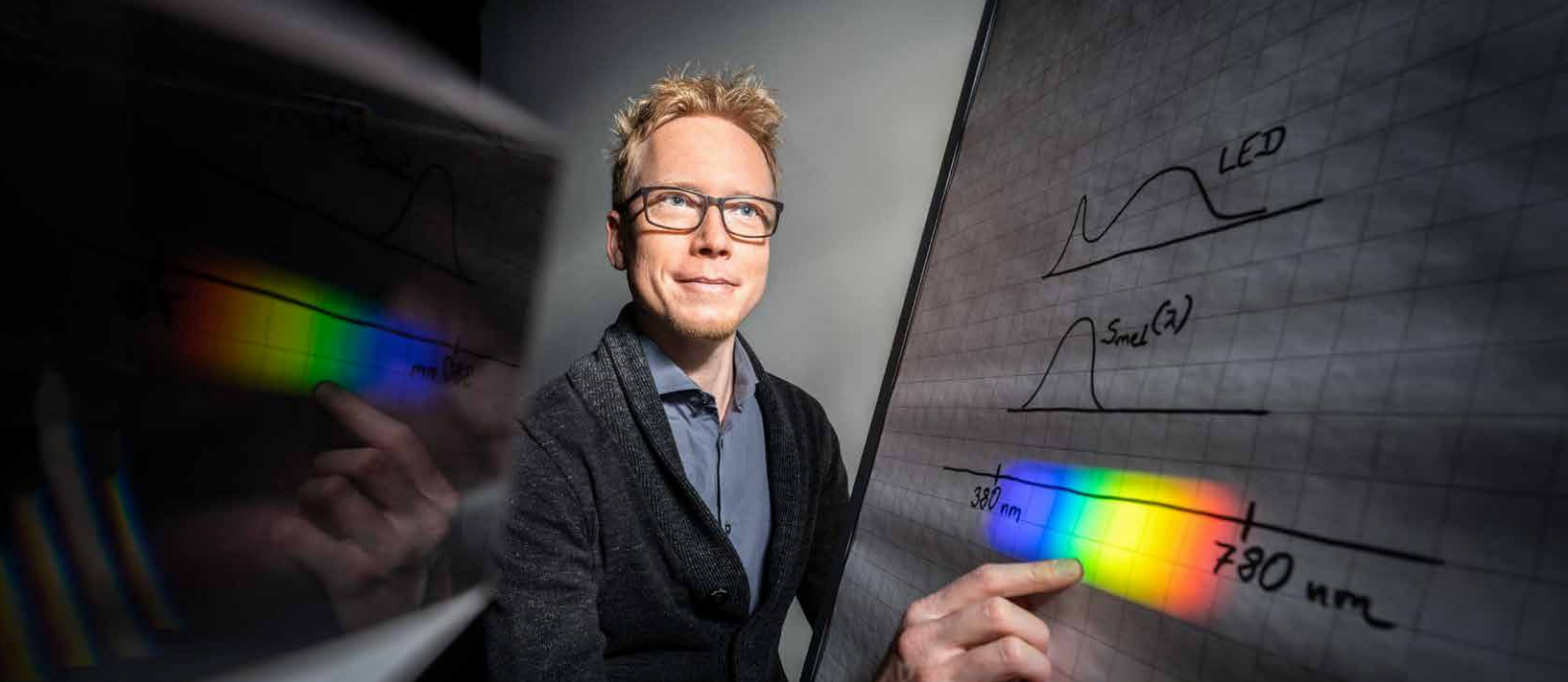
Cosa c'è da sapere sul divieto di lampade, sulle lampade retrofit e sul passaggio alla tecnologia LED

Le lampade fluorescenti contenenti mercurio, con elevati valori di efficienza luminosa, si sono affermate da decenni come prodotti standard per l'illuminazione di ambienti di lavoro. Per le lampade a scarica elettrica contenenti mercurio, fino a poco tempo fa, esistevano regolamenti in deroga al generale divieto di utilizzo di mercurio nei prodotti, decretato in Europa nel 2011 con la seconda versione della Direttiva RoHS.

Da quando - all'incirca nel 2013 - le sorgenti luminose a LED bianchi hanno raggiunto la maturità di mercato, la situazione è profondamente cambiata. Oggigiorno, per quasi tutti i compiti di illuminazione sono disponibili soluzioni a LED tecnicamente mature ed efficienti in chiave economica. Il loro fabbisogno energetico, rispetto alla lampada fluorescente risulta in molti casi più che dimezzato.

Nel febbraio del 2022, questo ha spinto il legislatore europeo a deliberare la sospensione graduale della concessione di permessi speciali per l'utilizzo di mercurio in lampade a scarica elettrica. In particolare, dal 25.02.2023, in Europa non è più consentito mettere in commercio lampade fluorescenti compatte e, dal 25.08.2023, lampade fluorescenti lineari, che non possono quindi essere più prodotte né importate per la vendita.

Ne consegue che queste lampade, una volta esaurite le scorte di magazzino, non sono o non saranno più disponibili sul mercato. A quel punto, se non già prima, non sarà più possibile sostituire i corpi illuminanti finora utilizzati con una tecnologia identica. È dunque arrivato il momento di riflettere su un cambio di tecnologia.



1. Conversione al LED sostituendo le lampade – un'equazione con molte incognite

Per lampada retrofit si intende una lampada basata su una tecnologia moderna concepita semplicemente per sostituire il corpo illuminante di apparecchi già esistenti nei quali può funzionare. Ai nostri giorni, con ciò ci si riferisce di solito al passaggio da corpi illuminanti tradizionali alla tecnologia LED. Se, per l'esercizio della lampada di sostituzione, è richiesto un intervento nella struttura elettrica dell'apparecchio (ad esempio una disattivazione del reattore), non si parla più di una lampada retrofit bensì di una lampada di conversione. In entrambi i casi, invece dell'apparecchio, viene sostituito il corpo illuminante.

L'obiettivo delle soluzioni retrofit è quello di permettere lo sfruttamento dei vantaggi di una tecnologia moderna senza dover trasformare sostanzialmente l'impianto di illuminazione esistente.

Ciò che in teoria suona così facile e convincente, nella prassi si rivela spesso piuttosto complesso. L'impiego di lampade retrofit e di conversione in apparecchi tecnicamente e strutturalmente molto eterogenei di produttori diversi, nel dettaglio, solleva molte domande. Queste si riferiscono in particolare a

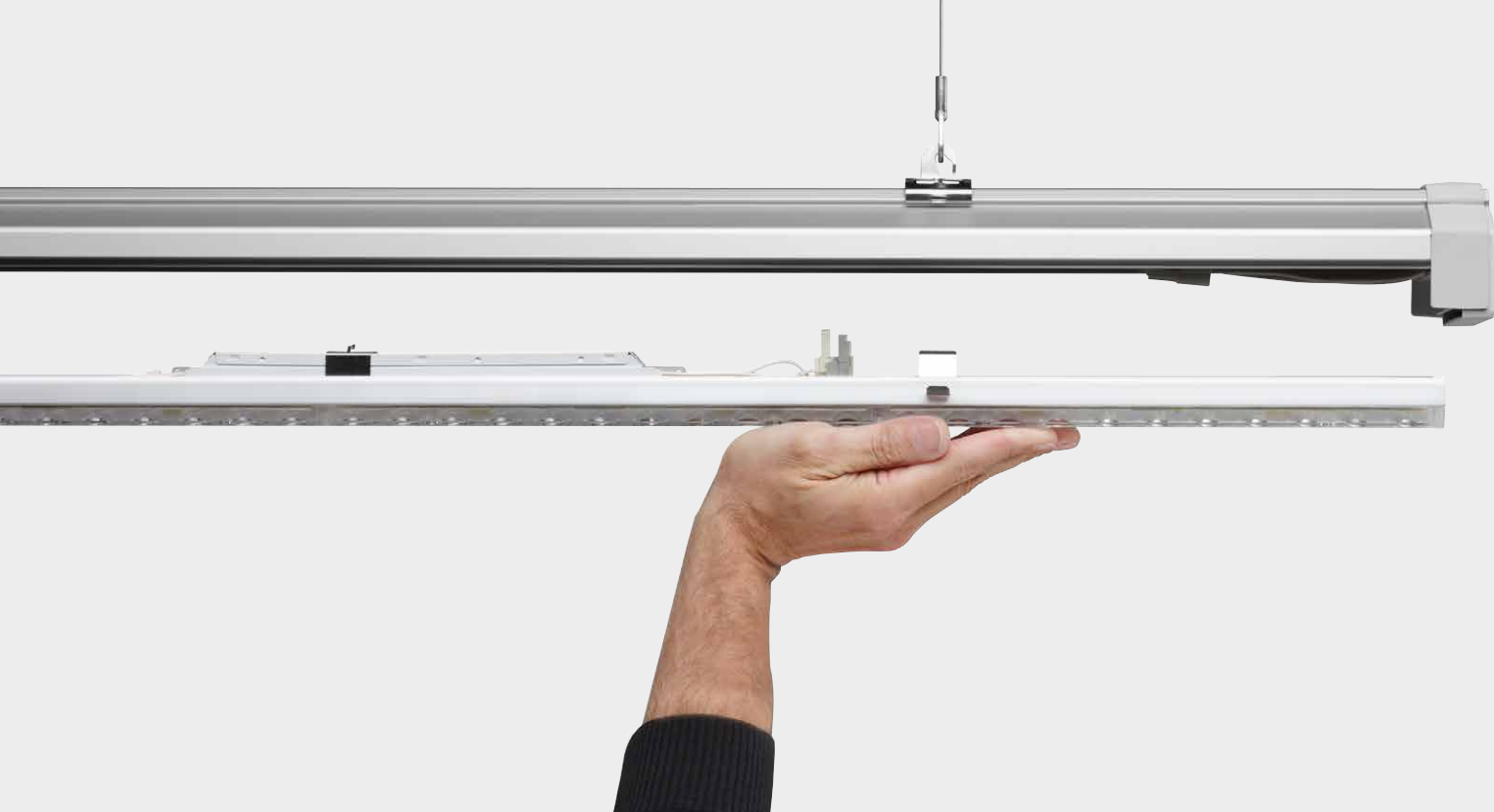
- la sicurezza elettrica, la responsabilità per danni provocati dal prodotto e la garanzia
- la qualità della luce e l'utilizzo
- il rispetto di norme e disposizioni in materia di sicurezza sul lavoro.

La sostituzione di lampade fluorescenti T5/T8, divenute obsolete, con lampade a LED progettate appositamente per questa sostituzione promette di ottenere un risparmio energetico velocemente, facilmente e in modo relativamente conveniente in termini di costi; in ambito professionale, però, sarà necessario superare tutta una serie di test e controlli preliminari.

Per quanto riguarda il flusso luminoso effettivamente disponibile, la sua distribuzione spaziale, la qualità della luce richiesta secondo normativa specifica e la durata utile degli apparecchi e corpi illuminanti, solo a trasformazione avvenuta si potrà costatare se e come funzionano insieme lampada e apparecchio. Molti malfunzionamenti si manifestano infatti solo nel lungo termine.

In confronto, gli apparecchi a LED di aziende di alto livello convincono con moduli LED integrati con componenti perfettamente accordati l'uno sull'altro e parametri di qualità ed efficienza prevedibili con precisione.

Inoltre, nel confronto si dovrebbe fondamentalmente tenere conto anche della redditività complessiva e della sostenibilità.



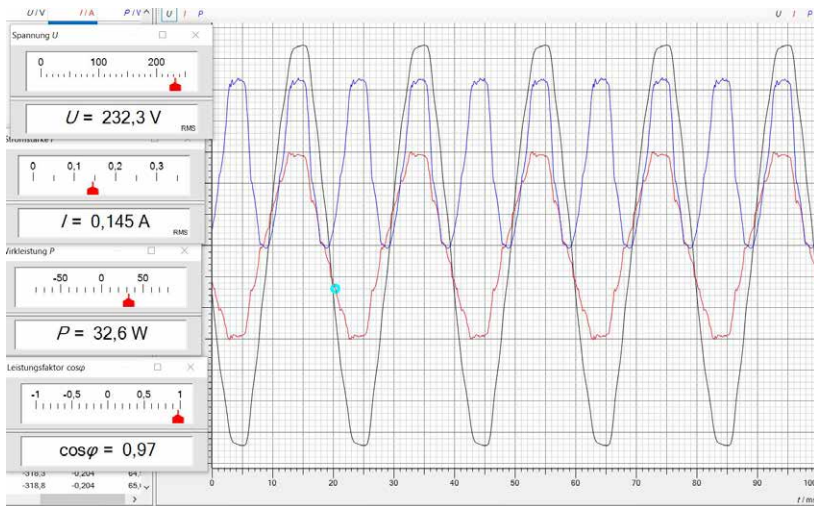
1.1 Sicurezza e garanzia

1.1.1 Retrofit

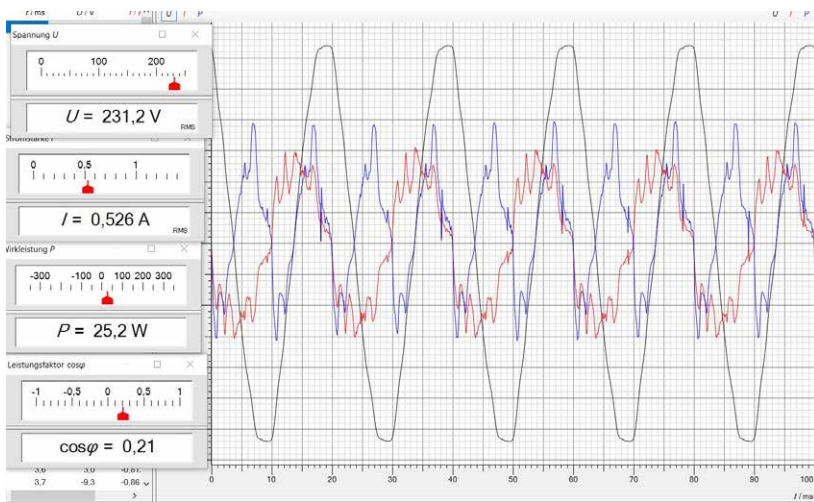
Prima di impiegare lampade retrofit a LED in apparecchi per lampade fluorescenti si dovrebbe considerare quanto segue.

- La garanzia e la responsabilità del produttore dell'apparecchio per danni provocati dal prodotto vengono meno.
- La responsabilità per danni provocati dal prodotto passa in questi casi al produttore della lampada retrofit.
- Per l'esercizio di lampade retrofit a LED su driver per lampade fluorescenti (esercizio HF) si deve tenere presente che l'omologazione del produttore della lampada retrofit è concessa – **con riserva**¹ – solo per i modelli di driver che figurano in una lista delle compatibilità della lampada retrofit. L'azienda incaricata della trasformazione, dovrà quindi almeno accertare che in ogni apparecchio di un impianto di illuminazione siano impiegati solo i driver compresi in quella lista (vedi anche figura 1 a). Anche l'ingente onere che comportano questi accertamenti preliminari va messo in conto.
- Per apparecchi dimmerabili, il passaggio a lampade retrofit a LED è possibile solo in casi eccezionali e tenendo conto delle restrizioni eventualmente riportate nella lista delle compatibilità del driver. Nella maggior parte dei casi sarebbe richiesta una soluzione di conversione (vedi sotto).
- L'impiego di lampade retrofit a LED in apparecchi rifasati in parallelo può portare a un fattore di potenza $\cos(\varphi)$ del circuito piccolissimo, con conseguente corrente reattiva elevata nell'impianto elettrico.
- Per circuiti tandem (2 lampade fluorescenti in circuito in serie su un reattore), come quelli che si trovano di solito in apparecchi multilampada con lampade T8 da 18 W, un possibile impiego di lampade retrofit a LED richiede una verifica separata. Eventualmente potrebbe essere necessaria una conversione dell'apparecchio (vedi sotto).

¹ Nella lista delle compatibilità del driver del produttore di lampade si indica, ad esempio, che la presente lista è solo a titolo informativo e va considerata solo come raccomandazione. I dati si basano ad esempio su test condotti in un ambiente simulato in laboratorio in condizioni che nella prassi potrebbero eventualmente divergere. Per questo motivo, il produttore di lampade retrofit non assume, nel caso, alcuna responsabilità né concede alcuna garanzia in riferimento al fatto che sussista una compatibilità se si utilizzano i dispositivi indicati in condizioni diverse da quelle specificamente da esso testate o se si utilizzano modelli successivi dei dispositivi indicati. In questi casi, potrebbero manifestarsi dei malfunzionamenti, ad esempio sfarfallio, assenza di luce, surriscaldamento, invecchiamento precoce, guasto di dispositivi e così via. Anche il flusso luminoso può cambiare a seconda del reattore utilizzato.



a) Misurazione con una lampada retrofit a LED da 23 W/4000 K 1500 mm in apparecchio TRILUX con driver non omologato. La lampada viene impiegata con potenza aumentata (32,6 W invece che 23 W).



b) Misurazione con una lampada retrofit a LED da 23 W/4000 K 1500 mm in un apparecchio per ambienti umidi TRILUX (Aragon 158 K, data di fabbricazione circa 2010) con reattore induttivo e rifasamento in parallelo. Un fattore di potenza $\cos(\varphi)$ di 0,21 porta a un'elevata corrente reattiva e, in un impianto di illuminazione con molti apparecchi, eventualmente a un eccessivo carico sui cavi facendo scattare l'inter-ruttore automatico.

Figura 1: Misurazioni con lampade retrofit

1.1.2 Conversione

Prima di trasformare l'apparecchio per utilizzarlo con una lampada di conversione si deve tenere conto di quanto segue:

- Tutti i componenti del kit di conversione impiegati devono essere conformi in modo provato alle norme vigenti in materia di sicurezza e compatibilità elettromagnetica;
- Si deve garantire che, se si utilizza un'altra lampada adatta molto simile, come ad esempio una lampada fluorescente, l'apparecchio non comporti alcun pericolo;
- L'apparecchio da trasformare deve essere adatto all'utilizzo del kit di conversione;
- Tutti i cambiamenti comportati dall'impiego del kit di conversione devono essere valutati in merito all'aumento di eventuali rischi (in riferimento alla prestazione, all'utilizzo, alla tipologia costruttiva, alla compatibilità elettromagnetica, alle caratteristiche della luce blu, all'illuminazione di emergenza, ai sistemi di gestione elettronica, ...);
- Se i rischi aumentano, sarà necessaria l'attuazione di una completa procedura di valutazione della conformità; in questo caso, si dovrà, tra l'altro, sostituire anche la targhetta di identificazione originaria dell'apparecchio con una nuova su cui sono riportati i dati necessari.

1.1.3 Durata utile e affidabilità

- Per le lampade di sostituzione a LED, sui tassi di guasto non vengono di solito forniti dati oppure solo dati relativamente sconvenienti (ad esempio max. 10 % di guasti in 6.000 ore).
- La durata utile nominale di lampade di sostituzione a LED è indicata, come è consueto per il mercato, per una degradazione L70 (diminuzione del flusso luminoso del 30% con conseguente flusso luminoso residuo a fine vita utile del 70%). In riferimento alla sicurezza sul lavoro (vedi sotto), si deve quindi tenere conto che a fine vita utile saranno disponibili solo il 70% del flusso luminoso iniziale, già di per sé ridotto.
- La durata utile nominale di lampade di sostituzione a LED è specificata di regola per una temperatura ambiente di 25° C. Questo valore si assume di default come temperatura ambiente negli interni. In un apparecchio chiuso, in seguito all'esercizio della lampada, la temperatura dominante all'interno può aumentare in modo significativo riducendo notevolmente la durata utile della lampada.
- Nel caso di un impiego in atmosfere soggetto a carico chimico, specifiche incompatibilità possono portare al danneggiamento e al guasto di lampade di sostituzione a LED. Eventuali interazioni con componenti dell'apparecchio possono inoltre causare danni a quest'ultimo.
- In applicazioni in condizioni eccezionali (alte temperature, carichi meccanici dovuti a vibrazioni e altro ancora) sono possibili forti scostamenti rispetto al normale comportamento operativo delle lampade di sostituzione a LED, anche rispetto all'impiego di lampade fluorescenti.
- Se si tratta di lampade di sostituzione a LED con un peso superiore a quello di lampade fluorescenti, si può arrivare a un danneggiamento dei portalampada da cui possono conseguire resistenze di contatto tra perni di attacco e contatti del portalampada con valori di temperatura inammissibilmente eccessivi. Questo può portare a disturbi di funzionamento o anche al guasto totale dell'apparecchio. Se i portalampada, in conseguenza dell'utilizzo precedente, dovessero già presentare segni di invecchiamento e screpolature, il rischio in questo senso sarà ancora maggiore.

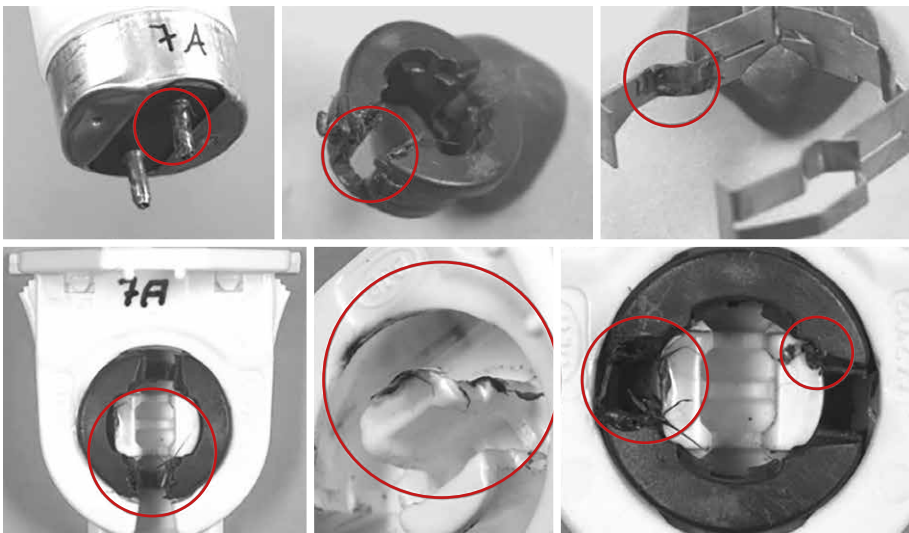


Figura 2: Portalampade danneggiati utilizzati per lampade retrofit con peso eccessivo

1.2 Qualità della luce e sicurezza sul lavoro

1.2.1 Flusso luminoso e illuminamento

- Molte delle lampade di sostituzione a LED comunemente sul mercato presentano un flusso luminoso nettamente inferiore di quello di lampade fluorescenti analoghe. Una diretta sostituzione porterebbe quindi a una netta riduzione dell'illuminamento nel locale.
- Addirittura il flusso luminoso delle lampade di sostituzione a LED con i valori più alti disponibili sul mercato è di regola nettamente al di sotto del valore delle lampade fluorescenti finora impiegate (ad esempio 3.700 lm rispetto a 5.000 lm nel caso di una lampada T8 da 58 W, vedi tabella 1).
- Va tenuto conto che, per lampade di sostituzione a LED, si deve calcolare di regola una diminuzione del flusso luminoso fino a fine vita utile al 70% del flusso luminoso iniziale specificato (quindi ad esempio $3.700 \text{ lm} \cdot 0,7 = 2.590 \text{ lm}$, vedi sotto).

- I parametri indicatori dell'efficienza luminosa di lampade di sostituzione a LED, per il loro funzionamento con emissione a fascio libero, vengono specificati senza tenere conto delle perdite dovute all'impiego in un apparecchio. Misurazioni specifiche indicano però che le perdite effettive (ovvero i valori di rendimento dell'apparecchio) si presentano per gran parte a un livello paragonabile all'esercizio con lampade fluorescenti.
- La conseguenza è che il livello di illuminazione in molti casi non è più conforme alla normativa specifica e non soddisfa i requisiti in materia di sicurezza sul lavoro previsti dalla legge.

Tipo di lampada

Lunghezza	T8 (riferimento)	Retrofit Esempio 1	Esempio 2	Esempio 3	Esempio 4
600 mm	18 W 1.300 lm	7,5 W 1.100 lm (-15%)	6,6 W 720 lm (- 45%)	8 W 1.050 lm (- 19%)	8 W 900 lm (- 31%)
1.200 mm	36 W 3.200 lm	15,0 W 2.400 lm (- 25%)	15 W 1.800 lm (- 44%)	14,7 W 2.500 lm (- 22%)	18 W 2.000 lm (- 38%)
1.500 mm	58 W 5.000 lm	22 W 4.100 lm (- 21%)	18,3 W 2.200 lm (- 56%)	21,7 W 3.700 lm (- 26%)	23 W 2.700 lm (- 46%)

Tabella 1: Tubi retrofit a LED per T8: Esempi di potenza assorbita e flusso luminoso di prodotti disponibili sul mercato (aggiornamento a novembre 2023)

1.2.2 Distribuzione della luce e uniformità

- Una caratteristica di emissione della lampada di sostituzione a LED che si discosta dall'emissione a fascio cilindrico simmetrico (360 gradi) della lampada fluorescente porta eventualmente a un netto cambiamento della distribuzione della luce dell'apparecchio.
- Questo può portare a sua volta a una ridotta uniformità dell'illuminamento nel locale. In riferimento a ciò, si è tenuti a verificare il rispetto delle disposizioni in materia di sicurezza sul lavoro.
- La caratteristica di emissione della lampada di sostituzione a LED che si discosta da quella della lampada fluorescente, in apparecchi a sospensione con componente di luce indiretta, porta a un'illuminazione del soffitto nettamente ridotta con conseguente rischio di reclamo da parte degli utenti.

1.2.3 Qualità della luce generale

- Le lampade di sostituzione a LED possono presentare un notevole sfarfallio, di molto superiore a quello di una lampada fluorescente impiegata con reattore.
- Le lampade di sostituzione a LED presentano una consistenza cromatica generalmente bassa. Rinomati produttori indicano tipicamente un valore di tolleranza cromatica (iniziale MacAdam) ≤ 6 SDCM. Per alcuni prodotti più performanti è indicato un valore ≤ 5 SDCM. Differenze di colore sono chiaramente riconoscibili anche con 5 SDCM. In confronto, per apparecchi di qualità i valori sono sui 3 SDCM.

1.2.4 Stato dell'arte, requisiti dell'attuale EN 12464-1

La sostituzione diretta delle lampade fluorescenti con lampade a LED apposite rientra di regola nella clausola di salvaguardia a condizione che le condizioni di lavoro non siano cambiate rispetto al momento dell'installazione. L'obiettivo è dunque solo quello di mantenere lo status quo. Ciò non riguarda i requisiti previsti secondo l'odierno stato dell'arte, come descritto nella EN 12464-1, nella sua stesura aggiornata del 2021. Attualmente si consigliano in particolare:

- la disponibilità all'occorrenza di un illuminamento aumentato di uno o due livelli da regolare con apparecchi dimmerabili e un sistema di gestione della luce adatto, nonché
- un'adeguata distribuzione della luminanza con valori di illuminamento minimi su pareti e soffitti che spesso negli impianti già installati non viene raggiunta (ad es. tramite apparecchi con ottica lamellare a fascio concentrante, apparecchi Darklight, vedi esempio "Illuminazione di un ufficio").



2. Relamping invece di Retrofit

Un modo sicuro e sostenibile di passare alla tecnologia LED è offerto da varie opzioni di relamping che possono essere scelte con precisione sulla base delle condizioni tecniche e spaziali date.

Il maggiore potenziale di ottimizzazione è insito in un nuovo concetto di illuminazione libera e indipendente dalla situazione esistente ma, in molti casi, può già bastare una semplice sostituzione degli apparecchi per ottenere un risultato soddisfacente. Qui, si dovrà fare attenzione che gli apparecchi scelti, dopo la sostituzione, soddisfino nella configurazione esistente gli attuali requisiti illuminotecnici ed elettrotecnici.

Se, per motivi costruttivi o di altro tipo, si ritiene inappropriato sostituire apparecchi completi, su richiesta, TRILUX può fornire inserti apparecchio senza portalampada ma dotati di moduli LED, i cosiddetti kit di relamping. Nel caso singolo, si potrà anche sostituire il completo sistema ottico con un sistema illuminotecnico adeguato ai tempi.²

Per tutte le opzioni di relamping, si può ricorrere a sistemi di gestione della luce che permettono di ottenere ulteriori risparmi energetici e, all'occorrenza, anche di regolare la temperatura del colore secondo il sistema circadiano, ossia in modo orientato al ciclo naturale della giornata.

² Se un produttore offre kit di trasformazione per prodotti di terzi, la garanzia, la responsabilità per danni provocati dal prodotto e altri obblighi, come nel caso della conversione, sono inizialmente a carico della persona che esegue la trasformazione. L'entità di un'eventuale assunzione di tali oneri da parte del produttore e la messa a disposizione di dati tecnici per gli apparecchi risultanti sono aspetti da chiarire in anticipo.

2.1 Sicurezza, qualità e redditività

I più importanti vantaggi di un relamping con apparecchi a LED di TRILUX, rispetto a una trasformazione con lampade di sostituzione a LED, sono i seguenti:

- Disponibilità di dati illuminotecnici per poter verificare l'adempimento dei requisiti in materia di sicurezza sul lavoro prima di passare alla messa in opera di un progetto di trasformazione.
- Copertura offerta dalla responsabilità del produttore per danni provocati dal prodotto e dalla garanzia.
- Dati operativi in ambito elettrotecnico noti nei dettagli e garantiti.
- Valori di durata utile specificati per flussi luminosi residui almeno dell'80% ($L \geq 80$).
- Praticamente nessun guasto previsto per tutta la durata utile (tasso di guasto prossimo a zero).
- Alla temperatura ambiente ammissibile per il locale, è prevedibile una durata utile documentata, la quale non si riduce a causa di un aumento di temperatura all'interno dell'apparecchio.
- Frequente offerta anche di versioni per temperature ambiente elevate.
- Disturbi del comfort visivo dovuti a sfarfallii a 100 Hertz evitati grazie a fattori di Flicker provatamente bassi.
- Possibilità di soddisfare requisiti di un'illuminazione di qualità adeguati ai tempi.
- Disponibilità per ogni caso applicativo anche di apparecchi dimmerabili e di un sistema di gestione della luce adatto.
- All'occorrenza, disponibilità anche di apparecchi con temperatura del colore variabile per realizzare una gestione con comando circadiano.
- Illuminotecnica ottimizzata in grado di distribuire la luce nella specifica applicazione in modo molto più mirato di quanto non fosse possibile con apparecchi dotati di lampade fluorescenti.
- Grazie a ciò, particolare efficienza in chiave energetica degli apparecchi a LED.
- Alta consistenza cromatica grazie a un binning di ottimo livello (tolleranza cromatica ≤ 3 SDCM).
- Nessun portalampada difettoso da sostituire negli apparecchi esistenti.
- Migliore efficienza ed economicità rispetto a una sostituzione della lampada con una soluzione apposita a LED.



2.2 Sostenibilità

Per valutare la sostenibilità ambientale degli apparecchi di illuminazione, vengono considerati principalmente due aspetti:

1. l'analisi dell'impronta di carbonio
2. la valutazione del consumo di materie prime a disponibilità limitata (valutazione del potenziale di esaurimento delle risorse abiotiche, ADP)

Nell'analisi **dell'impronta di carbonio** non viene preso in considerazione soltanto il consumo energetico durante il funzionamento del prodotto, ma anche la quantità di CO₂ generata per la sua realizzazione e messa a disposizione. Per questo motivo, ai fini del calcolo delle emissioni equivalenti di CO₂ (CO₂e), viene considerato l'intero ciclo di vita del prodotto. Questo approccio consente, tra l'altro, di mettere in relazione l'impatto ambientale derivante dalla produzione con quello legato alla fase di utilizzo.

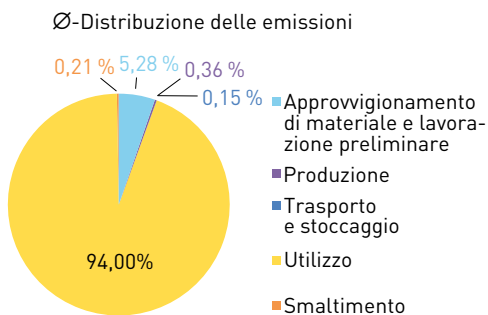
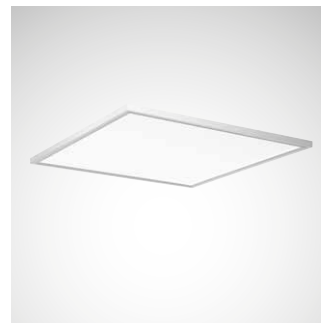


Figura 3



Schermo piatto
 Specifiche:
 Flusso luminoso: 4.200 lm
 Durata utile: min. 50.000 ore
 Temperatura ambiente: 25° C
 Grado di protezione: IP40
 Potenza assorbita: 31 W
 Peso complessivo: 4,67 kg
 713,935 kg CO₂e

I dati riportati nella Figura 3 mostrano che, nel caso di un apparecchio a piantana standard per uffici con corpo in lamiera d'acciaio e copertura in PMMA, la fase di esercizio è responsabile di quasi il 95% delle emissioni complessive di CO₂.

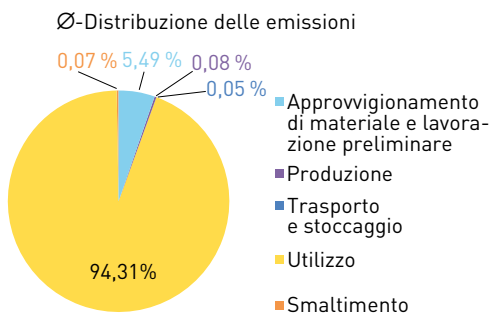


Figura 4



Apparecchi per capannoni industriali/palestre
 Specifiche:
 Flusso luminoso: 26.000 lm
 Durata utile: min. 50.000 ore
 Temperatura ambiente: 50 °C
 Grado di protezione: IP65
 Potenza assorbita: 188 W
 Peso complessivo: 7,2 kg
 3.344,412 kg CO₂e

La figura 4 mostra un apparecchio destinato all'illuminazione di capannoni industriali a soffitto alto. Un'ottica a lente genera la distribuzione luminosa più adatta all'applicazione, mentre il corpo illuminante, tecnicamente evoluto e realizzato con materiali specifici, garantisce la corretta gestione termica necessaria per un funzionamento efficiente e duraturo anche in presenza di temperature ambiente elevate.

I dati riportati nella figura evidenziano che, anche per un apparecchio più complesso, il contributo relativo delle emissioni di CO₂ associate alla produzione e allo smaltimento rimane sostanzialmente invariato. La maggiore complessità tecnica e il maggior impegno di materiali crescono infatti in modo proporzionale all'elevato flusso luminoso che l'apparecchio è in grado di fornire e mantenere anche in condizioni ambientali gravose.

Gli esempi riportati dimostrano chiaramente che, nelle applicazioni illuminotecniche più tipiche, oltre il 90% delle emissioni di CO₂ è attribuibile alla fase di utilizzo dell'impianto di illuminazione. La quota, pari complessivamente al

6%, delle emissioni di CO₂ legate alla produzione, distribuzione e successivo smaltimento dell'apparecchio, assume quindi un ruolo secondario. Ciò significa che, in questi casi, è sufficiente migliorare l'efficienza energetica dell'illuminazione del 6%, ad esempio sostituendo l'apparecchio esistente con una soluzione LED ottimizzata, per compensare completamente l'impatto energetico associato alla produzione del nuovo apparecchio. Per questo motivo, l'impiego di corpi illuminanti e componenti ottici di elevata qualità e complessità tecnica rappresenta una scelta efficace per ridurre l'impronta di carbonio complessiva.

Un potenziale di miglioramento altrettanto significativo risiede inoltre in una progettazione illuminotecnica qualificata e specificamente orientata alle esigenze dell'applicazione. In particolare, l'utilizzo mirato di distribuzioni luminose ottimizzate per ogni specifico contesto applicativo, rese disponibili dall'ampia varietà di versioni delle moderne gamme di apparecchi LED, costituisce una solida base per garantire efficienza e sostenibilità.

TRILUX riduce inoltre il consumo di materie prime a disponibilità limitata grazie all'elevata riparabilità dei propri apparecchi, in particolare attraverso la possibilità di sostituire separatamente i moduli LED e l'elettronica di controllo, nonché grazie alla disponibilità garantita dei ricambi per lunghi periodi di tempo.

Per valutare il **consumo di materie prime a disponibilità limitata**, è stato sviluppato un metodo riconosciuto a livello internazionale che, tenendo conto della disponibilità delle materie prime, consente di determinare quali componenti di un prodotto contribuiscono maggiormente all'esaurimento delle risorse naturali. Il risultato di questa analisi viene espresso attraverso l'indicatore ADP (Abiotic Depletion Potential), ovvero il potenziale di esaurimento delle risorse abiotiche.

Analogamente all'impronta di carbonio, l'ADP considera l'intero ciclo di vita del prodotto. Anche nel caso degli apparecchi LED, questo metodo consente di attribuire il contributo all'ADP alle diverse componenti che costituiscono l'apparecchio stesso. La Figura 5 mostra i valori medi ottenuti considerando l'intero portfolio di apparecchi LED TRILUX. I dati sono stati elaborati nell'ambito del progetto di ricerca SUMATRA, al quale TRILUX ha partecipato attivamente.

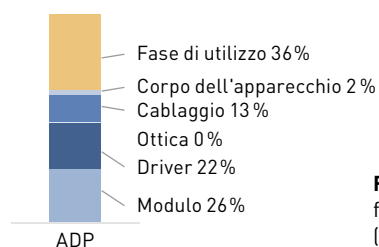


Fig 5: Ripartizione media dell'ADP di un apparecchio LED, fonte: documentazione finale del progetto di ricerca SUMATRA (https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/Nachhaltigkeit/LpR103_Trilux_SUMATRA.pdf)

L'analisi evidenzia chiaramente che il corpo dell'apparecchio - e quindi anche il suo eventuale riutilizzo o mantenimento in esercizio - incide in misura marginale sulla conservazione delle materie prime critiche. Sono invece i LED, gli altri componenti elettronici e, ancora una volta, il consumo energetico a determinare in modo significativo il valore dell'ADP.

Efficienza energetica, lunga durata di vita e ridotto impiego di materiali critici nei moduli LED e nei componenti elettronici rappresentano quindi i principali fattori per una maggiore sostenibilità. In questo ambito, gli apparecchi con moduli LED integrati offrono un notevole potenziale di miglioramento, che TRILUX valorizza attraverso attività di sviluppo mirate. TRILUX riduce inoltre il consumo di materie prime a disponibilità limitata grazie all'elevata riparabilità dei propri apparecchi, in particolare attraverso la possibilità di sostituire separatamente i moduli LED e l'elettronica di controllo, nonché grazie alla disponibilità garantita dei ricambi per lunghi periodi di tempo.

Nel caso di apparecchi con sorgenti luminose sostituibili, le possibilità di ottimizzazione risultano invece molto più limitate. Una minore efficienza energetica nell'utilizzo, una durata di vita inferiore e l'impossibilità di separare sorgente luminosa e alimentatore comportano infatti un maggiore consumo di risorse.



3. Considerazioni esemplificative

Per avanzare considerazioni esemplificative, nei laboratori TRILUX sono state eseguite concrete misurazioni in riferimento all'esercizio di lampade retrofit a LED in apparecchi TRILUX classici impiegando, in particolare, due lampade presentate dal rispettivo produttore come di alta qualità, con i massimi valori di flusso luminoso disponibili:

Retrofit 1: 1.500 mm, 4.100 lm, 22,1 W, 4.000 K

Retrofit 2: 1.500 mm, 3.700 lm, 23,0 W, 4.000 K

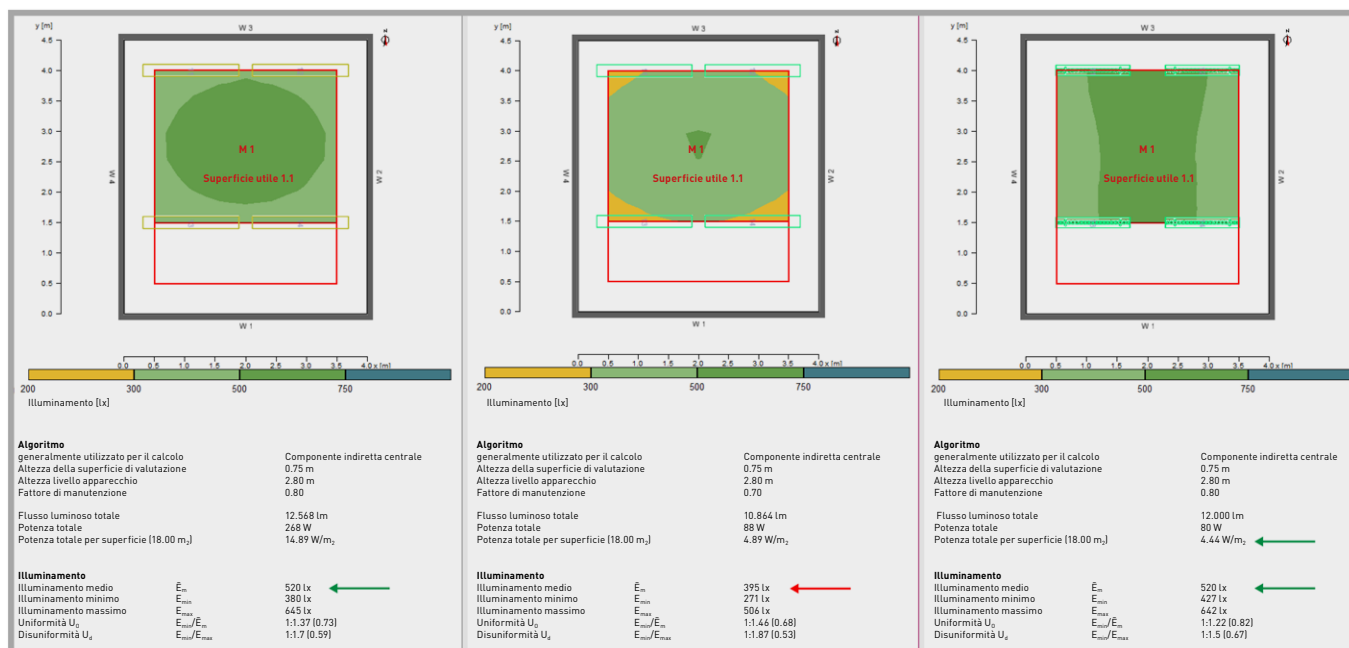
Sono state eseguite misurazioni a esercizio in corso della rispettiva lampada, tra l'altro rispettivamente in un apparecchio a reticolo di riflessione per postazione con uso di videoterminale della serie TRILUX Atirion e in un apparecchio per ambienti umidi della serie Oleveon.

I dati rilevati sono stati quindi utilizzati per calcoli paragonabili in configurazioni tipiche di applicazioni illuminotecniche.

3.1 Esempio di un ufficio

In un ufficio esemplare, nell'esempio sotto raffigurato, la superficie tra le due file luminose viene considerata come area di visibilità ai sensi della EN 12464-1 in cui dovrebbero trovarsi le zone in cui si svolgono le attività.

Lunghezza	4,00 m	Requisiti in materia di sicurezza sul lavoro:
Larghezza	4,50 m	$\bar{E}_m \geq 500 \text{ lx}$
Altezza	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Altezza della superficie utile	0,75 m	
File continue	2 x 2 apparecchi	



	\bar{E}_m	MF	U_0	totale	W_{totale}	W/A	$W/(A \times \bar{E}_m/100)$
T8	520 lx	0,8	0,76	12.568 lm	268 W	14,89 W/m ²	3,12 W/(m ² · 100 lx)
Retrofit 1	395 lx	0,7	0,68	10.864 lm	88 W	4,89 W/m ²	1,31 W/(m ² · 100 lx)
Creavo	520 lx	0,8	0,83	12.000 lm	80 W	4,44 W/m ²	0,88 W/(m ² · 100 lx)

Figura 6: Risultati di calcolo per l'illuminazione di un ufficio prima e dopo la trasformazione con una lampada retrofit a LED rispetto all'impiego di un apparecchio a LED. Il fattore di manutenzione ridotto per la lampada retrofit al valore 0,7 tiene conto della maggiore degradazione di questo corpo illuminante la cui durata utile è indicata con L_{70} .

Il paragone riguarda i calcoli illuminotecnici per l'esercizio della lampada T8 originaria, da 58 W, in un apparecchio con ottica lamellare della serie TRILUX Atirion come riferimento nonché la dotazione dell'apparecchio identico con la suddetta lampada retrofit da 4.100 lm e uno degli attuali apparecchi a LED TRILUX (CREAVO D2-L LW19-03 30-840 ETDD 01, TOC 7728451) con moduli LED integrati.

L'esempio dimostra chiaramente che, nel caso di questa configurazione standard, dopo la trasformazione in retrofit i requisiti in materia di sicurezza sul lavoro in riferimento all'illuminamento richiesti non sarebbero più soddisfatti.

Con la sostituzione 1 a 1 degli apparecchi esistenti con apparecchi a LED, detti requisiti possono essere invece soddisfatti con un fabbisogno energetico inferiore rispetto alla trasformazione in retrofit. Efficienza e qualità dell'illuminazione risultano decisamente maggiori.

3.2 Esempio di un capannone per imballaggio

Come ulteriore esempio viene considerato un piccolo capannone nel quale vengono eseguiti lavori di imballaggio.

Lunghezza	20,00 m	Requisiti in materia di sicurezza sul lavoro:
Larghezza	15,00 m	$\bar{E}_m \geq 300 \text{ lx}$
Altezza	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Altezza della superficie utile	0,75 m	
File continue	4 x 8 apparecchi	

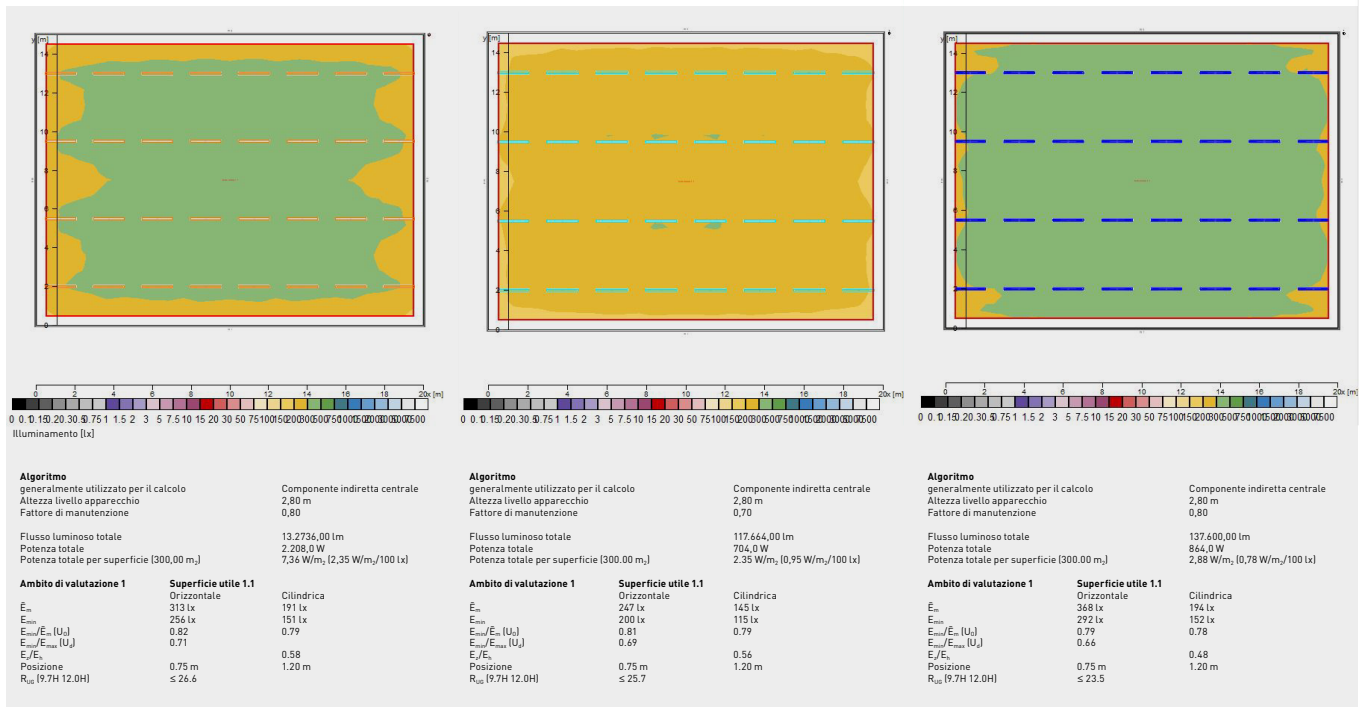


Figura 7: Risultati di calcolo per l'illuminazione di un capannone per imballaggio prima e dopo la trasformazione con una lampada retrofit a LED rispetto all'impiego di un semplice apparecchio a LED. Il fattore di manutenzione ridotto per la lampada retrofit al valore 0,7 tiene conto della maggiore degradazione di questo corpo illuminante la cui durata utile è indicata con L_{70} .

Il paragone riguarda i calcoli illuminotecnici per l'esercizio della lampada T8 originaria, da 58 W, in un apparecchio per ambienti umidi della serie TRILUX Oleveon come riferimento nonché la dotazione dell'apparecchio identico con la suddetta lampada retrofit da 4.100 lm e una delle attuali versioni di un apparecchio per ambienti umidi TRILUX della serie Aragon Fit (ARAGF 15 PVW 44-840 ETDD, TOC 7401451) con moduli LED integrati.

L'esempio dimostra chiaramente che, nel caso di questa configurazione standard, dopo la trasformazione in retrofit i requisiti in materia di sicurezza sul lavoro non sarebbero più soddisfatti.

- Il flusso luminoso non è sufficiente a fornire l'illuminamento richiesto.
- Il valore di limitazione dei riflessi $R_{UGL} \leq 25$, richiesto oggi secondo la norma EN 12464-1, non viene rispettato.

Con la sostituzione 1 a 1 degli apparecchi esistenti con apparecchi a LED, si possono invece più che soddisfare i requisiti in materia di sicurezza sul lavoro nonché incrementare efficienza e qualità dell'illuminazione.

- Per questo, oggi abbiamo a disposizione apparecchi a LED con molteplici specifiche illuminotecniche in termini di flusso luminoso, distribuzione della luce e limitazione dei riflessi.
- Con l'apparecchio a LED scelto si potrà ottenere con sicurezza l'illuminamento richiesto.
- L'apparecchio a LED rispetta il valore di limitazione dei riflessi $R_{UGL} \leq 25$, richiesto oggi secondo la norma EN 12464-1.
- L'efficienza luminosa dell'apparecchio a LED è superiore del 22% a quella dell'apparecchio esistente con la lampada retrofit a LED.

4. Conclusione

Sostituendo lampade fluorescenti con lampade retrofit a LED, nel migliore dei casi, si possono soddisfare i requisiti di illuminazione applicati al momento dell'installazione dell'impianto di illuminazione. Ciò significa che, nel migliore dei casi, si resta al livello di sicurezza sul lavoro precedente che è quindi definito per il periodo di esercizio della lampada retrofit. In molti casi, però, neanche questo può essere assicurato e c'è quindi la possibilità che i requisiti in termini di sicurezza sul lavoro ed esercizio sicuro dell'impianto di illuminazione non siano soddisfatti.

In confronto, sostituendo in modo tecnicamente corretto gli apparecchi, si ottiene una qualità dell'illuminazione adeguata ai tempi che tiene conto dello stato dell'arte attuale. Anche i requisiti riguardanti i criteri dell'illuminazione secondo la nuova norma specifica EN 12464-1; 2021-11 possono di regola essere soddisfatti senza ulteriori sforzi. Oltre a ciò, è possibile installare un impianto di illuminazione a gestione elettronica, eventualmente con efficacia melanopica a supporto del ritmo circadiano. Questo apre la strada a ulteriori potenziali di risparmio energetico ferma restando una qualità dell'illuminazione superiore.

Anche in riferimento all'impronta di carbonio per tutto il ciclo di vita dell'impianto di illuminazione, una sostituzione degli apparecchi, rispetto all'impiego di lampade retrofit, è la soluzione decisamente più sostenibile.

Considerare un nuovo concetto di illuminazione ottimizzato significa eventualmente scoprire altri notevoli potenziali.



(a) Al mattino presto e dal tardo pomeriggio in poi



(b) Durante la giornata e a mezzogiorno

Figura 8: Andamento adattato alla luce diurna della temperatura del colore dell'illuminazione artificiale in un ufficio open space



Leggi di più su:
www.trilux.com/refurbishment



Vi invitiamo a consultare anche il sito web della TRILUX Akademie che ha in serbo per voi interessanti offerte su quanto c'è da sapere sulla luce e l'illuminazione:
www.trilux-akademie.com

Simplify Your Light.

www.trilux.com

26/42-1