

## EFFICIENZA NELL'ILLUMINAZIONE INTERNA DEGLI AMBIENTI

Grandezze fotometriche:

Illuminamento **E (lux)** =  $\phi / S$      1 lux = lumen/m<sup>2</sup>

$\phi$  = flusso luminoso (lumen)

S = superficie (m<sup>2</sup>)

Illuminamento generale artificiale:

Uffici e scuole            300 - 500 lux

Soggiorno                150 - 200 lux

Camera da letto        70 - 100 lux

Illuminazione stradale 15 - 25 lux

### METODO DI CALCOLO PER L'ILLUMINAZIONE DEGLI INTERNI

#### Fattori da considerare

Per il progetto degli impianti di illuminazione per interni si adotta il metodo del *flusso totale*. Chiamando:

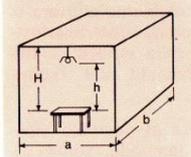
**E** illuminamento medio che si intende realizzare (in lux);

$\Phi$  (leggi *fi*), *flusso luminoso totale* emesso dalle lampade nude per ottenere l'illuminamento desiderato (in lumen);

**S** *superficie totale* del locale da illuminare (in m<sup>2</sup>);

**u** *fattore di utilizzazione*, ricavato sperimentalmente in locali campioni, utilizzando apparecchi con caratteristiche fotometriche simili a quelle che si intendono adottare. Tale fattore dipende: dal sistema di illuminazione, dalle caratteristiche dell'apparecchio, dall'indice del locale **K**, dal fattore di riflessione del soffitto e delle pareti (\*). Apposite tabelle forniscono i fattori di utilizzazione (vedi pagg. 96-97).

**K** *indice del locale*: tiene conto della larghezza (*a*) e della lunghezza (*b*) del locale stesso, nonché dell'altezza delle lampade dal piano di lavoro (*h*). Valori espressi in metri.



Per distribuzione con luce *diretta*, *semi-diretta* e *mista* l'indice del locale si calcola con la seguente formula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

Per distribuzioni con luce *semi-indiretta* o *indiretta* tenere conto dell'altezza del locale (*H*) rispetto al piano di lavoro:

$$K = \frac{3 a \cdot b}{2 H (a + b)}$$

**m** *fattore di manutenzione*: tiene conto del deprezzamento

(\*) Nella tabella di pagg. 96-97 sono considerati i seguenti fattori di riflessione in relazione ai colori con i quali sono verniciati il soffitto e le pareti: 75% - superfici bianche; 50% - superfici chiare (grigie o colorate); 30% - superfici di tinta media; 10% - superfici scure. Rispetto a quanto è stato detto a pag. 67, i fattori di riflessione sono stati conglobati in quattro classi per ragioni pratiche. Taluni costruttori forniscono i fattori di utilizzazione tenendo conto anche della riflessione del pavimento.

delle caratteristiche fotometriche degli apparecchi di illuminazione e dell'invecchiamento delle lampade. Varia secondo le condizioni ambientali e dal come viene effettuata la manutenzione. La tabella qui riportata indica i valori da adottare per gli apparecchi di impiego corrente.

Tipo di manutenzione	Fattori di manutenzione in relazione al tipo di apparecchio			
<b>buona</b>	0,80	0,75	0,75	0,75
<b>media</b>	0,70	0,65	0,70	0,65
<b>pessima</b>	0,60	0,55	0,65	0,55

La formula base per il calcolo del flusso luminoso totale occorrente per illuminare un locale, tenendo presente tutti i fattori di daziani indicati è la seguente:

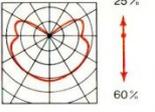
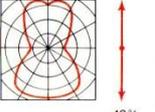
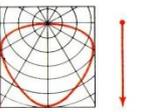
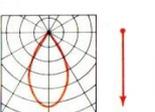
$$\Phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot m} \quad \text{da cui} \quad n = \frac{\Phi}{\Phi_L}$$

Essendo  $\Phi_L$  il flusso luminoso emesso dalle singole lampade ed *n* il numero di lampade da adottare per ottenere il livello di illuminamento desiderato.

#### Avvertenze

I valori riportati nelle pagg. 96-97 hanno valore indicativo. Infatti, qualsiasi apparecchio di illuminazione può essere realizzato con criteri basati sul basso prezzo, oppure dopo accurati studi per elevarne il rendimento. Richiedere pertanto ai costruttori i dati relativi per non incorrere in errori di valutazione sui livelli di illuminamento calcolati in sede preventiva, errori che si riflettono sui costi d'impianto e su quelli di manutenzione.

**Fattore di utilizzazione (u) di alcuni apparecchi di illuminazione**

Tipo di illuminazione	Apparecchi	Indice del locale K	Soffitto							
			75 %		50 %		30 %			
			Pareti							
			50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
semidiretta 	plafoniere nude o con coppe diffondenti 	0,50 ÷ 0,70	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17
		0,70 ÷ 0,90	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24
		0,90 ÷ 1,10	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27
		1,10 ÷ 1,40	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30
		1,40 ÷ 1,75	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33
		1,75 ÷ 2,25	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38
		2,25 ÷ 2,75	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44
		2,75 ÷ 3,50	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47
3,50 ÷ 4,50	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52		
4,50 ÷ 6,50	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57		
mista 	diffusori 	0,50 ÷ 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
		0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
		0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
		1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26
		1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28
		1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30
		2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33
		2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36
3,50 ÷ 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38		
4,50 ÷ 6,50	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41		
diretta 	riflettori a fascio largo 	0,50 ÷ 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
		0,70 ÷ 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38
		0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43
		1,10 ÷ 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47
		1,40 ÷ 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50
		1,75 ÷ 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56
		2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61
		2,75 ÷ 3,50	0,63	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62
3,50 ÷ 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66		
4,50 ÷ 6,50	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67		
diretta 	riflettori a fascio medio 	0,50 ÷ 0,70	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30
		0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37
		0,90 ÷ 1,10	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41
		1,10 ÷ 1,40	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46
		1,40 ÷ 1,75	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50
		1,75 ÷ 2,25	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54
		2,25 ÷ 2,75	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57
		2,75 ÷ 3,50	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59
3,50 ÷ 4,50	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62		
4,50 ÷ 6,50	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63		

## Caratteristiche delle lampade fluorescenti

### Campi di impiego

Illuminazione generale civile ed industriale.  
È opportuno che l'altezza di montaggio non superi i 4 ÷ 6 metri (6 ÷ 8 metri per lampade ad alta emissione).

### Vantaggi

Buona efficienza luminosa (da 4 a 6 volte rispetto alle lampade ad incandescenza) e quindi economici costi di esercizio; bassa luminanza ( $0,3 \div 1,3 \text{ cd/cm}^2$ ), tale da ridurre sensibilmente il problema dell'abbagliamento; buona ed ottima resa cromatica (a seconda dei tipi); elevata durata di vita media (6 000 - 9 000 ore).

Nessuna limitazione per la posizione di funzionamento.

### Svantaggi

Impiego di apparecchiature ausiliarie per l'innesco della scarica (alimentatori e starter); grandi dimensioni di ingombro.

### Lineari

Caratteristiche di alcune lampade, diametro 26 mm, a tre bande spettrali (\*)



Potenza nominale (W)	Potenza compreso reattore (W)	Lunghezza spine escluse (mm)	Flusso luminoso (lm)		
			ICR = 66 (†)	ICR = 77 (‡)	ICR = 86 (§)
18	28	590	1 150	1 050	1 450
36	46	1 200	3 000	2 600	3 450
58	70	1 500	4 800	4 100	5 400

(\*) Per i valori dell'efficienza luminosa vedasi quanto è stato detto a pag. 16.

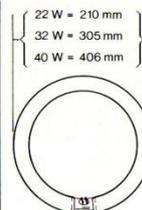
(†) Lampade normali, per impieghi dove la resa dei colori non è molto importante.

(‡) Lampade ad alto indice di resa cromatica.

Rispetto alla precedente generazione di lampade fluorescenti con diametro del tubo 38 mm, pur essendo perfettamente intercambiabili con esse, le lampade da 26 mm consentono maggiori efficienze luminose, con conseguente risparmio di energia (circa il 10%) e riduzione dei volumi (circa 40%) a vantaggio dei costi di immagazzinamento e trasporto.

### Circolari

Potenza nominale (W)	Potenza compreso reattore (W)	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/W)
22	32	1 100	34
32	42	2 000	47
40	50	2 800	56



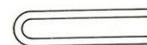
Valori riferiti a tonalità di luce bianca (IRC = 66). Vengono fornite lampade con tonalità di luce diurna (IRC = 77) o calda (IRC = 86); il flusso luminoso emesso, a parità di potenza è leggermente inferiore (ad esempio per le lampade da 32 W, rispettivamente 1 760 e 1 500 lumen).

Funzionano sia su circuiti a starter che senza starter (rapid start).

Vale quanto è stato detto per le lampade lineari a proposito delle prestazioni: interpellare i costruttori.

### Ad U

Applicazioni limitate (ad esempio in apparecchi da incasso)



## ESEMPI DI CALCOLO

### Esempio 1: piccolo laboratorio artigiano

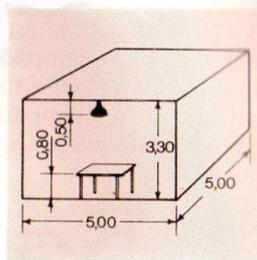
#### Dati di partenza

1 - Definizione delle caratteristiche del locale.

Dimensioni: in pianta 5 × 5 m; altezza soffitto 3,30 m.

Colori: pareti e soffitto in tinta media.

Sistema di illuminazione: diretta.



#### Dati da stabilire o da calcolare

2 - Livello di illuminamento:  $E = 150$  lux.

3 - Superficie del locale:

$$S = a \times b = 5 \times 5 = 25 \text{ m}^2.$$

4 - Indice del locale: ammettendo di utilizzare un apparecchio sospeso a soffitto e che disti da questo 0,50 m, poiché il piano di lavoro è a 0,80 m dal pavimento, l'altezza  $h$  da considerare sarà 2 m. Pertanto, poiché l'illuminazione è diretta, avremo:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{5 \cdot 5}{2(5 + 5)} = 1,25.$$

5 - Coefficiente di riflessione del soffitto delle pareti 30%.

6 - Tipo di lampada: ad incandescenza, alimentata a 220 V.

7 - Tipo di apparecchio: riflettore a fascio medio.



8 - Fattore di utilizzazione:  $u = 0,48$ , desunto dalla tabella di pagg. 96-97 in relazione al tipo di apparecchio prescelto, all'indice del locale (1,25; ossia compreso tra 1,10 e 1,40), al coefficiente di riflessione del soffitto e delle pareti (30%).

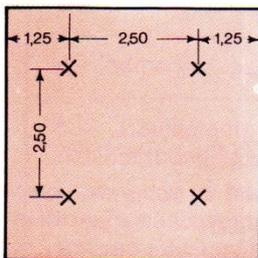
9 - Tipo di manutenzione previsto: buona ( $m = 0,75$ ).

10 - Flusso totale:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot m} = \frac{150 \cdot 25}{0,48 \cdot 0,75} = 10\,416 \text{ lumen.}$$

11 - Dalla tabella di pag. 21 si desume che il flusso luminoso emesso da una lampada da 500 watt, alimentata a 220 V, è il più prossimo, in difetto, a quello richiesto (8 300 lm). Comunque ad una sola lampada sono preferibili quattro di minore potenza per una più uniforme distribuzione del flusso.

$$\Phi_L = \frac{\Phi}{n} = \frac{10\,416}{4} = 2\,600 \text{ lumen.}$$



Tra le varie potenze disponibili, dalla tabella di pag. 21 si nota come sia opportuno orientarsi verso lampade da 200 W che emettono 2 920 lumen.

Le quattro lampade possono essere disposte come nella figura (1).

Con questa soluzione la potenza installata è superiore rispetto all'installazione di una sola, ma si consegue oltre una maggiore uniformità di illuminazione, pure una migliore continuità di servizio.

segue oltre una maggiore uniformità di illuminazione, pure una migliore continuità di servizio.

12 - Potenza assorbita:

$$P = 200 \times 4 = 800 \text{ W (2).}$$

(1) Riferendoci a quanto è stato detto a pag. 81 circa l'interdistanza ( $d$ ) da adottare tra gli apparecchi in relazione all'altezza ( $h$ ) sul piano di lavoro, nel caso in esame si dovrebbe rispettare la relazione  $d = h$ . È stata adottata una distanza superiore per ragioni di simmetria.

(2) Tale potenza è decisamente elevata considerando le ridotte dimensioni del locale: i costi di esercizio e di manutenzione risultano eccessivi. Ciò dimostra come le lampade ad incandescenza non siano consigliabili per la illuminazione generale di ambienti industriali e sia pertanto opportuno orientarsi verso altri tipi di lampade (a fluorescenza o a vapori di mercurio) la cui efficienza e durata media sono decisamente superiori. Infatti, ricorrendo a lampade tubolari fluorescenti da 36 W normali (ICR = 77), luce bianca (2 600 lm), sarebbero sufficienti 4 lampade con un assorbimento complessivo di 184 W (tenendo conto dell'assorbimento dell'alimentatore).