

Requisiti e abbagliamento

Benessere visivo

La prestazione visiva

L'illuminamento è il parametro fisico indicativo della quantità luminosa di un ambiente.

La **prestazione visiva** può essere definita come il rapporto tra il lavoro svolto con un dato illuminamento ed il lavoro svolto nella condizione di illuminamento ideale.

Si privilegia la quantità di luce che incide sull'oggetto (livello di illuminamento) piuttosto che la quantità di luce emessa (luminanza)

È l'attitudine a reagire che una persona manifesta quando i dettagli dell'oggetto della visione (compito visivo) entrano nello spazio di osservazione.

La prestazione visiva è condizionata principalmente da tre aspetti:

capacità visive del soggetto in termini di *acuità visiva* (accomodazione, regolazione della luce incidente, convergenza dell'asse visivo, motilità oculare, senso cromatico, presenza di difetti visivi, adattamento);

caratteristiche del compito visivo;

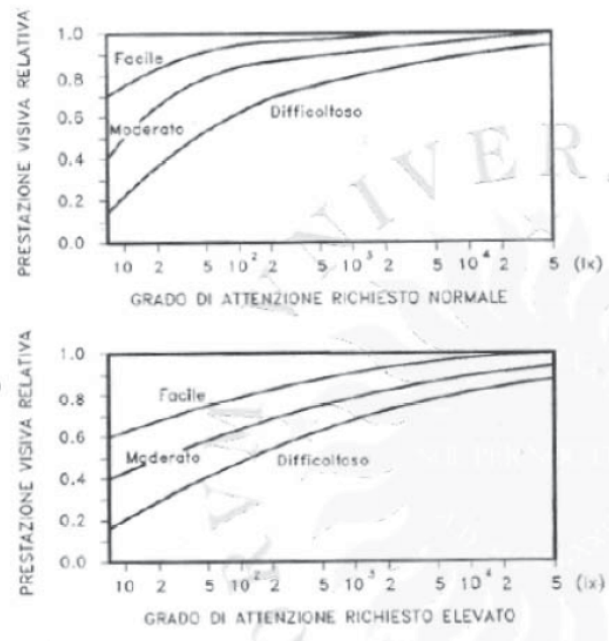
caratteristiche dell'ambiente.

Benessere visivo

La prestazione visiva relativa

Nei grafici viene riportata l'influenza dell'illuminamento sulla prestazione visiva relativa (rapporto tra lavoro svolto ad un dato illuminamento e lavoro svolto con illuminamento ideale).

Si nota che a partire da una certa soglia un aumento dell'illuminamento non produce un corrispondente aumento della prestazione visiva (le curve sono schiacciate).



Benessere visivo

Le esigenze in termini di illuminazione di un compito visivo aumentano in presenza di compiti visivi difficili (osservazione ravvicinata e prolungata, frequenti cambi di visione, oggetti posti a distanze diverse, ridotto tempo di osservazione).

Altri aspetti da considerare per il **COMPITO VISIVO** sono:

1. Luminanza e contrasto di luminanza

la distribuzione delle luminanze influenza l'acuità visiva (nitidezza della visione), la sensibilità al contrasto (discriminazione di piccole differenze di luminanza) l'efficienza dell'apparato visivo (accomodamento, convergenza, contrazioni della pupilla).

2. Colore e contrasto di colore

Dipende dalla luminanza, dalla composizione spettrale della luce e dalle caratteristiche delle superfici osservate.

3. Dimensioni, forma e aspetto della superficie

La percezione è influenzata dalla distribuzione della luce (diffusa o concentrata) e dalla presenza di ombre e penombre.

Benessere visivo

4. Posizione del dettaglio nel campo visivo

La resa è massima quando l'immagine si forma nella parte centrale della retina (fovea); la posizione dell'oggetto è quindi fondamentale quando è richiesta la percezione dei dettagli.

5. Movimento e tempo di osservazione

Il movimento di un oggetto è percepito con maggiore sensibilità dalla zona periferica della retina ed induce la rotazione dell'occhio (per riportarlo al centro della retina ed osservarlo con precisione); la precisione dipende dalle dimensioni e forma dell'oggetto in movimento, dalla sua velocità, dalla traiettoria e dal tempo disponibile per l'osservazione.

6. Durata della prestazione legata al compito visivo

Può sorgere fatica visiva che si manifesta con fotofobia, diminuzione dell'acuità visiva, visione sfocata o sdoppiata, difficoltà di accomodazione: ha come conseguenza anche la fatica muscolare (adozione di posture forzate per ridurre la distanza) e la fatica mentale (sforzo di interpretazione di segnali non nitidi, riduzione dell'attenzione e della concentrazione).

Benessere visivo

L'influenza dell'**AMBIENTE** sulla percezione visiva si manifesta con l'aspetto delle superfici degli oggetti principali (compito visivo, arredi e persone al suo intorno) del suo interno (pareti, soffitti, pavimenti, macchine) e delle sorgenti di luce (naturale – finestre e vetrate) e artificiale:

1. Distribuzione delle luminanze

L'apparato visivo è soggetto ad affaticarsi di più quanto maggiori sono le differenze di luminanza e contrasti elevati possono provocare abbagliamento; mentre luminanze e contrasti bassi danno luogo ad ambienti monotoni e poco stimolanti.

2. Illuminamento

Sia in termini di basso che alto illuminamento; valori adottati dalle norme vanno da 20 lux (riconoscimento di un viso in condizioni normali) fino anche a 5000 lux; l'illuminamento dell'ambiente va correlato a quello del compito visivo e degli ambienti comunicanti e non deve presentare eccessive disuniformità (nel passaggio tra zone a diverso illuminamento si possono determinare abbagliamenti e difficoltà di adattamento visivo).

Benessere visivo

3. Abbagliamento

Si crea nell'ambiente quando le luminanze non sono correttamente distribuite o i contrasti di luminanza sono eccessivi per la presenza nel campo visivo di sorgenti primarie di luce (abbagliamento diretto) o di superfici riflettenti (abbagliamento indiretto)

-*abbagliamento molesto (discomfort glare)*

-*abbagliamento debilitante (disability glare).*

4. Direzione della luce

Se l'illuminazione è troppo direzionale si generano ombre nette, se invece è diffusa l'assenza di ombre nuoce alla visibilità e rende l'ambiente monotono e sgradevole.

5. Aspetti del colore

Inteso come interazione tra luce artificiale, luce naturale e superfici.

6. Luce naturale

Dimensione ed orientamento dei varchi di luce naturale (porte e finestre).

Aspetti principali per una buona illuminazione

Dipendentemente dal compito visivo da svolgere in un ambiente da illuminare assumono maggiore o minore peso relativo gli aspetti elencati qui di seguito.

- 1) Livello di illuminazione in termini di illuminamento e di luminanza.
- 2) Uniformità dell'illuminamento e della luminanza nel campo visivo per l'illuminazione generale.
- 3) Equilibrio statico e dinamico delle luminanze nel campo visivo.
- 4) Limitazione dell'abbagliamento.
- 5) Cura del fattore di resa del contrasto.
- 6) Colore della luce.
- 7) Efficienza dell'illuminazione.
- 8) Integrazione della luce artificiale con la luce naturale.
- 9) Integrazione dell'impianto con il decoro architettonico.
- 10) Costi iniziali, energetici e di manutenzione.

Livello di illuminamento

I valori desiderabili dell'illuminamento sono definiti in relazione al "piano di riferimento o di lavoro". Quando si tratta di un compito visivo lavorativo, in senso lato, questo piano è un piano reale o immaginario all'altezza di 0,75 – 0,85 m rispetto al pavimento. Nei luoghi di transito è il piano calpestabile.

Ricerche e l'esperienza hanno permesso di individuare quanti lumen per metro quadrato sono necessari per svolgere determinati compiti visivi. Questi valori sono valori medi. E' necessario tenere presente che approssimativamente la sensazione di luminosità dipende dal logaritmo dello stimolo, per cui non è utile ricercare valori estremamente precisi.

Illuminamento lux	Tipo di area, compito visivo, attività
30	Aree esterne industriali
100	Aree di transito o per brevi soste
200	Locali usati saltuariamente come ad esempio: corridoi, scale, atri guardaroba
300	Lavori con esigenze visive semplici, come ad esempio: lavorazioni grossolane a macchina
500	Lavori con esigenze visive medie, come ad esempio: su macchine utensili, negli uffici
750	Lavori con esigenze visive elevate, come ad esempio: cucitura, ispezione e prova materiali, disegno
1.000	Lavori con esigenze visive difficili, come ad esempio: meccanica fine, esame dei colori
1.500	Lavori con esigenze visive particolari, come ad esempio: incisioni a mano, verifica tolleranze
2.000 e oltre	Lavori con esigenze visive eccezionali, come ad esempio: assemblaggio di componenti elettronici, interventi chirurgici e dentistici

Nella norma UNI 10380 (1994) e nel documento CIE n.29 (1987) sono riportati valori consigliati dell'illuminamento con dettagli approfonditi. La tabella a lato presenta un esempio di valori raccomandati in relazione ai compiti visivi descritti.

RESA DEL CONTRASTO

Il comfort visivo connesso allo svolgimento di attività di lettura e scrittura dipende in modo particolare dal **CONTRASTO DI LUMINANZA**

$$C = \frac{L_f - L_c}{L_f}$$

L_f = luminanza dello sfondo L_c = luminanza del carattere

Ad un abbassamento eccessivo del contrasto relativo corrisponde una diminuzione della prestazione visiva

**CONTRASTO
CONTRASTO**

La **RESA DEL CONTRASTO** dipende:

- dal tipo di superficie dell'oggetto osservato
- dall'angolo di incidenza della luce
- dall'indicatrice ottica dell'apparecchio

DISTRIBUZIONE DELLE LUMINANZE

L'occhio percepisce l'ambiente e gli oggetti in ragione della loro luminanza

Il comfort visivo dipende dalla ripartizione delle luminanze delle superfici comprese nel campo visivo

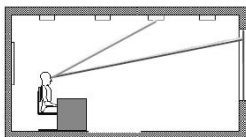


Prevenzione dell'abbagliamento

Come accennato, l'abbagliamento è una condizione di disagio causato da valori della luminanza eccessivi nel campo visivo. Esso può variare da una condizione di fastidio che, se dura a lungo, causa effetti negativi che vanno dall'affaticamento della vista fino ad una perdita temporanea delle capacità visive.

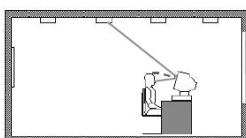
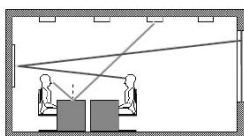
Normalmente, gli impianti di illuminazione degli interni non determinano gli effetti più gravi. Gli apparecchi di illuminazione sono responsabili dell'**abbagliamento diretto**, mentre la luce rinviata da superfici ed oggetti è causa dell'**abbagliamento indiretto**.

ABBAGLIAMENTO DIRETTO



Dovuto alla presenza di una sorgente luminosa di elevata luminanza nel campo visivo

ABBAGLIAMENTO RIFLESSO



Dovuto alla riflessione della luce su una superficie lucida orizzontale o verticale

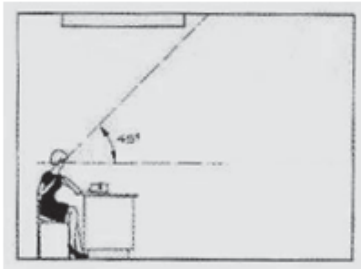
ABBAGLIAMENTO RIFLESSO DA VELO

Si verifica quando su una superficie lucida del campo visivo si creano riflessi dovuti a sorgenti o superfici luminose



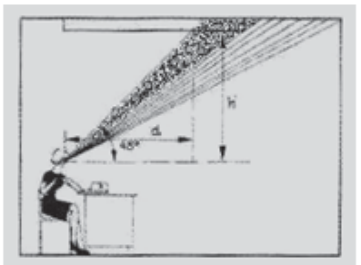
Valori tratti da ISO 9241-6
"Ergonomic requirements
for office work with visual
display terminals (VDTs)"
- 1999





L'abbagliamento diretto è probabile quando un apparecchio di illuminazione si trova, tutto o in parte, all'interno di un angolo di 45° rispetto alla direzione di visione orizzontale.

Nella figura a lato l'apparecchio è collocato fuori dell'angolo di 45° per cui non può causare realisticamente abbagliamento.



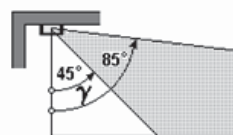
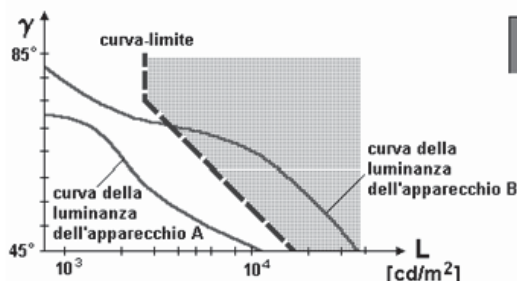
Nella figura in basso l'apparecchio ricade parzialmente all'interno dell'angolo di 45° (punteggiato rosso). Pertanto, è soggetto a considerazione per l'abbagliamento. Si nota che non esistono problemi quando in nessun caso gli apparecchi di illuminazione si trovano ad una distanza orizzontale "d" minore dell'altezza di sospensione "h" rispetto al piano orizzontale alla quota degli occhi dell'operatore.

In questo ambito la CIE raccomanda un metodo per la prevenzione dell'abbagliamento noto come **metodo delle curve-limite**.

Metodo delle curve-limite CIE

Il metodo è orientato alla verifica progettuale della possibilità di **abbagliamento diretto** degli apparecchi di illuminazione. Sono previste 5 classi di qualità: A, B, C, D ed E.

La classe A è la più restrittiva in quanto attiene a compiti visivi più esigenti, come – ad esempio - il lavoro in postazione fissa che prevede la lettura e l'uso del calcolatore. La classe E è la meno restrittiva. Riguarda compiti con esigenze minori quali – ad esempio – quelli svolti da operatori che si muovono nel locale svolgendo mansioni in posti diversi.



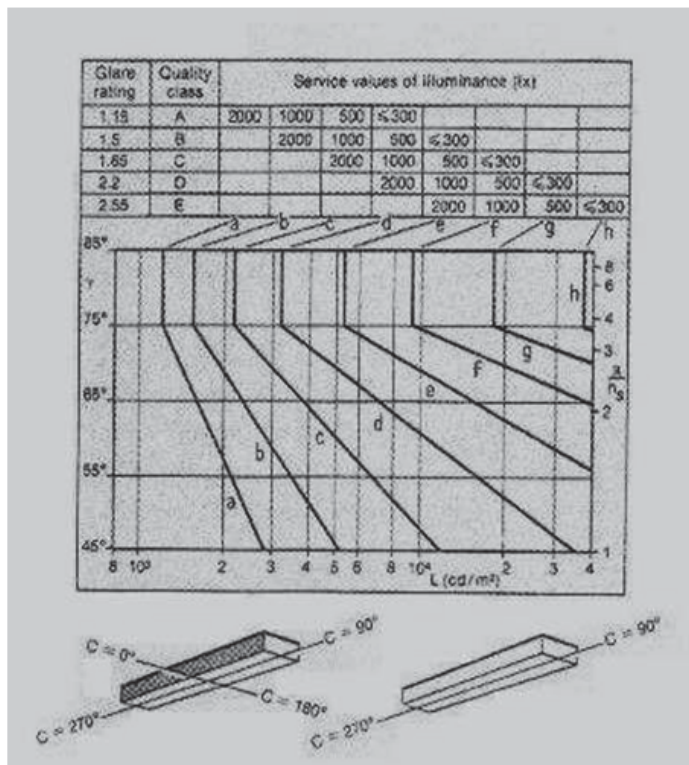
L'apparecchio A è idoneo rispetto all'abbagliamento. Il B non lo è.

La figura illustra la verifica per determinare l'idoneità della disposizione di un certo apparecchio in relazione alla direzione $\gamma > 45^\circ$ della congiungente il corpo luminoso con l'occhio dell'operatore.

VERIFICA DELL'ABBAGLIAMENTO CON UNA CURVA-LIMITE

In tabelle e grafici associati opportuni si individuano: 1) la classe di qualità per l'applicazione considerata, 2) l'illuminamento medio sul piano di lavoro e 3) la curva-limite corrispondente. In base alle curve fotometriche dell'apparecchio utilizzato, **si calcolano le luminanze dell'apparecchio** lungo le direzioni che congiungono l'apparecchio e gli occhi degli operatori (curve verdi in figura). Se questi valori sono minori di quelli indicati dalla curva-limite, la situazione è accettabile. In tale caso la curva di luminanza si pone a sinistra della curva-limite.

Curve-limite CIE - A



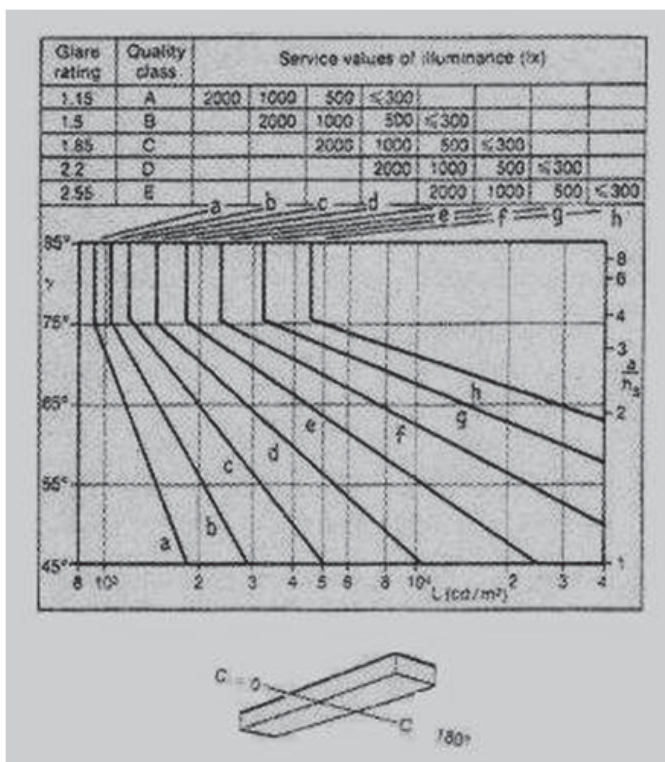
Le curve A sono valide per apparecchi di illuminazione di forma allungata osservati nel senso della loro longitudine e per apparecchi di forma qualsiasi il cui schermo traslucido laterale, rivolto verso l'osservatore, ha un'altezza minore di 3 cm.

La prima colonna della tabella riporta un indice di valutazione del grado di abbagliamento.

L'asse delle ordinate riporta, per ciascuna curva, il valore dell'angolo γ tra la direzione verticale e quella della direzione dell'intensità considerata.

L'asse delle ascisse riporta, per ciascuna curva, il valore della luminanza limite L in cd/m^2 .

Curve-limite CIE - B



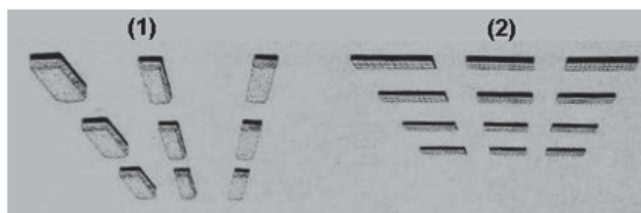
Le curve B sono valide per apparecchi di illuminazione di forma allungata con schermo traslucido laterale, di altezza maggiore di 3 cm, con i lati rivolti verso l'osservatore (osservati trasversalmente lungo C-C). Le curve B sono valide anche per apparecchi di forma qualsiasi il cui schermo traslucido laterale, ha un'altezza maggiore di 3 cm.

La prima colonna della tabella riporta un indice di valutazione del grado di abbagliamento.

L'asse delle ordinate riporta, per ciascuna curva, il valore dell'angolo γ tra la direzione verticale e quella della direzione dell'intensità considerata.

L'asse delle ascisse riporta, per ciascuna curva, il valore della luminanza limite L in cd/m^2 .

Esempi di disposizione degli apparecchi di illuminazione in riferimento alla verifica con le curve-limite CIE



Esempi di disposizioni per le quali valgono le curve-limite **CIE - A**.

- (1) Apparecchi di forma allungata osservati nella direzione longitudinale.
- (2) Apparecchi privi di schermo traslucido laterale, o con schermo traslucido laterale di altezza minore di 3 cm, osservati trasversalmente.



Esempi di disposizioni per le quali valgono le curve-limite **CIE - B**.

- (1) Apparecchi di forma allungata con schermo traslucido laterale, rivolto verso l'osservatore e di altezza maggiore di 3 cm, osservati trasversalmente.
- (2) Apparecchi di forma qualsiasi con schermo laterale traslucido di altezza maggiore di 3 cm.

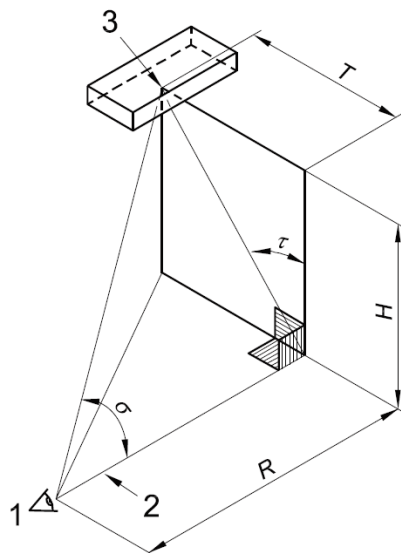
Metodo UGR (UNI 11165:2005; UNI 12464-1:2011)

Calcolo indice di Guth p

Posizione dell'apparecchio rispetto all'osservatore

Legenda

- 1 Osservatore
- 2 Asse della visione
- 3 Centro apparecchio



prospetto 1 Indici di posizione di Guth per rapporti H/R e T/R

H/R		T/R																		
T/R	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90
0,00	1,00	1,26	1,53	1,90	2,35	2,86	3,50	4,20	5,00	6,00	7,00	8,10	9,25	10,35	11,70	13,15	14,70	16,20	-	-
0,10	1,05	1,22	1,46	1,80	2,20	2,75	3,40	4,10	4,80	5,80	6,80	8,00	9,10	10,30	11,60	13,00	14,60	16,10	-	-
0,20	1,12	1,30	1,50	1,80	2,20	2,66	3,18	3,88	4,60	5,50	6,50	7,60	8,75	9,85	11,20	12,70	14,00	15,70	-	-
0,30	1,22	1,38	1,60	1,87	2,25	2,70	3,25	3,90	4,60	5,45	6,45	7,40	8,40	9,50	10,85	12,10	13,70	15,00	-	-
0,40	1,32	1,47	1,70	1,96	2,35	2,80	3,30	3,90	4,60	5,40	6,40	7,30	8,30	9,40	10,60	11,90	13,20	14,60	16,00	-
0,50	1,43	1,60	1,82	2,10	2,48	2,91	3,40	3,98	4,70	5,50	6,40	7,30	8,30	9,40	10,50	11,75	13,00	14,40	15,70	-
0,60	1,55	1,72	1,98	2,30	2,65	3,10	3,60	4,10	4,80	5,50	6,40	7,35	8,40	9,40	10,50	11,70	13,00	14,10	15,40	-
0,70	1,70	1,88	2,12	2,48	2,87	3,30	3,78	4,30	4,88	5,60	6,50	7,40	8,50	9,50	10,50	11,70	12,85	14,00	15,20	-
0,80	1,82	2,00	2,32	2,70	3,08	3,50	3,92	4,50	5,10	5,75	6,60	7,50	8,60	9,50	10,60	11,75	12,80	14,00	15,10	-
0,90	1,95	2,20	2,54	2,90	3,30	3,70	4,20	4,75	5,30	6,00	6,65	7,70	8,70	9,65	10,75	11,80	12,90	14,00	15,00	16,00
1,00	2,11	2,40	2,75	3,10	3,50	3,91	4,40	5,00	5,60	6,20	7,00	7,90	8,80	9,75	10,80	11,90	12,95	14,00	15,00	16,00
1,10	2,30	2,55	2,92	3,30	3,72	4,20	4,70	5,25	5,80	6,55	7,20	8,15	9,00	9,90	10,95	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00
1,20	2,40	2,75	3,12	3,50	3,90	4,35	4,85	5,50	6,05	6,70	7,50	8,30	9,20	10,00	11,02	12,10	13,10	14,00	15,00	16,00
1,30	2,55	2,90	3,30	3,70	4,20	4,65	5,20	5,70	6,30	7,00	7,70	8,55	9,35	10,20	11,20	12,25	13,20	14,00	15,00	16,00
1,40	2,70	3,10	3,50	3,90	4,35	4,85	5,35	5,85	6,50	7,25	8,00	8,70	9,50	10,40	11,40	12,40	13,25	14,05	15,00	16,00
1,50	2,85	3,15	3,65	4,10	4,55	5,00	5,50	6,20	6,80	7,50	8,20	8,85	9,70	10,55	11,50	12,50	13,30	14,05	15,02	16,00
1,60	2,95	3,40	3,80	4,25	4,75	5,20	5,75	6,30	7,00	7,65	8,40	9,00	9,80	10,80	11,75	12,60	13,40	14,20	15,10	16,00
1,70	3,10	3,55	4,00	4,50	4,90	5,40	5,95	6,50	7,20	7,80	8,50	9,20	10,00	10,85	11,85	12,75	13,45	14,20	15,10	16,00
1,80	3,25	3,70	4,20	4,65	5,10	5,60	6,10	6,75	7,40	8,00	8,65	9,35	10,10	11,00	11,90	12,80	13,50	14,20	15,10	16,00
1,90	3,43	3,86	4,30	4,75	5,20	5,70	6,30	6,90	7,50	8,17	8,80	9,50	10,20	11,00	12,00	12,82	13,55	14,20	15,10	16,00
2,00	3,50	4,00	4,50	4,90	5,35	5,80	6,40	7,10	7,70	8,30	8,90	9,60	10,40	11,10	12,00	12,85	13,60	14,30	15,10	16,00
2,10	3,60	4,17	4,65	5,05	5,50	6,00	6,60	7,20	7,82	8,45	9,00	9,75	10,50	11,20	12,10	12,90	13,70	14,35	15,10	16,00
2,20	3,75	4,25	4,72	5,20	5,60	6,10	6,70	7,35	8,00	8,55	9,15	9,85	10,60	11,30	12,10	12,90	13,70	14,40	15,15	16,00
2,30	3,85	4,35	4,80	5,25	5,70	6,22	6,80	7,40	8,10	8,65	9,30	9,90	10,70	11,40	12,20	12,95	13,70	14,40	15,20	16,00
2,40	3,95	4,40	4,90	5,35	5,80	6,30	6,90	7,50	8,20	8,80	9,40	10,00	10,80	11,50	12,25	13,00	13,75	14,45	15,20	16,00
2,50	4,00	4,50	4,95	5,40	5,85	6,40	6,95	7,55	8,25	8,85	9,50	10,05	10,85	11,55	12,30	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00
2,60	4,07	4,55	5,05	5,47	5,95	6,45	7,00	7,65	8,35	8,95	9,55	10,10	10,90	11,60	12,32	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00
2,70	4,10	4,60	5,10	5,53	6,00	6,50	7,05	7,70	8,40	9,00	9,60	10,16	10,92	11,63	12,35	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00
2,80	4,15	4,62	5,15	5,56	6,05	6,55	7,08	7,73	8,45	9,05	9,65	10,20	10,95	11,65	12,35	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00
2,90	4,20	4,65	5,17	5,60	6,07	6,57	7,12	7,75	8,50	9,10	9,70	10,23	10,95	11,65	12,35	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00
3,00	4,22	4,67	5,20	5,65	6,12	6,60	7,15	7,80	8,55	9,12	9,70	10,23	10,95	11,65	12,35	13,00	13,80	14,50	15,25	16,00

Calcolo di un valore UGR complessivo in funzione di tutti i corpi luminosi

$$UGR = 8 \text{Log} \left(\frac{0.25}{L_B} \sum_{i=1}^N \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

- L_B è la luminanza di sfondo (cd/m^2) calcolata come E_{ind}/π , dove E_{ind} è l'illuminamento verticale indiretto al livello dell'occhio dell'osservatore;
- $L = I/A_p$ è la luminanza (cd/m^2) delle parti luminose di ogni singolo apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore, A_p è l'area apparente
- $\omega = A_p/r^2$ è l'angolo solido (sr) delle parti luminose di ogni singolo apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore;
- p è l'indice di posizione di Guth di ogni singolo apparecchio;
- Σ indica la sommatoria di tutti gli N apparecchi di illuminazione;

Tabella 16.6 – Classificazione dei valori UGR in funzione delle applicazioni.

	UGR	< 13	Abbagliamento inesistente o irrilevante
13 <	UGR	< 16	Applicazioni anche molto impegnative
16 <	UGR	< 19	Uffici
19 <	UGR	< 22	Applicazioni industriali
22 <	UGR	< 25	Lavorazioni grossolane; magazzini
25 <	UGR	< 28	Ambienti di transito; applicazioni con scarse esigenze
28 <	UGR		Abbagliamento elevato

Metodo UGR tabulare

Tabelle del produttore per un certo corpo illuminante. I valori si riferiscono a:

- 1000 lm
- Dimensioni tipiche del locale
- Proprietà delle superfici
- Calcolate per interdistanza 0.25H

Si possono effettuare correzioni per:

- diversa interdistanza
- diverso flusso luminoso

Riflettanze:											
	soffitto	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
	pareti	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
	piano di lavoro	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dimensioni del locale:		Direzione di osservazione trasversale					Direzione di osservazione longitudinale				
x = 2H	y = 2H	14,4	15,4	14,6	15,6	16,0	13,5	14,5	13,7	14,7	15,1
	3H	14,3	15,3	14,6	15,5	15,8	13,3	14,3	13,5	14,5	14,8
	4H	14,2	15,1	14,5	18,3	15,6	13,2	14,1	13,5	14,3	14,6
	6H	14,0	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,5	13,4	14,1	14,4
	8H	14,5	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,6	13,4	14,1	14,4
	12H	14,0	14,8	14,3	15,0	15,4	13,0	13,8	13,3	14,0	14,4
4H	2H	14,4	15,3	14,7	15,5	15,8	13,6	14,8	13,9	14,7	15,0
	3H	14,3	15,1	14,6	15,3	15,7	13,4	14,2	13,7	14,4	14,8
	4H	14,1	15,8	14,5	15,2	15,7	13,2	14,1	13,6	14,3	14,8
	6H	14,1	14,7	14,6	15,1	15,6	13,2	13,8	13,7	14,2	14,7
	8H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	12H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
8H	4H	14,0	14,0	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	14,9	14,5	14,5	14,9	15,3	13,1	13,6	13,6	14,0	14,4
	6H	13,9	14,3	14,4	14,7	15,3	13,0	13,4	13,5	13,9	14,4
	12H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
12H	4H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	13,9	14,3	14,4	14,7	10,3	13,0	13,4	13,5	13,8	14,4
	8H	13,9	14,3	14,4	14,6	10,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
Variazioni rispetto all'osservatore al variare dell'interdistanza S:											
S = 1H		+0,9 / -2,1					+0,8 / -1,5				
1,5H		+2,2 / -7,9					+2,6 / -12,1				
2H		+4,0 / -16,0					+4,9 / -22,9				
Correzioni per altri apparecchi dello stesso tipo:											
1 x 18W: +2,4				1 x 36W: 0				1 x 58W: -0,8			

Abbagliamento da luce naturale

- luminanza della porzione di cielo inquadrata dalla sup. vetrata
- posizione e dimensione della superficie vetrata
- contrasto di luminanza tra le superfici interne
- presenza di superfici riflettenti

Si utilizza l'indice **DGI** (*daylight glare index*) definito dalla UNI 10840:2000.

Zona	Sensazione	DGI
Discomfort	intollerabile	>28
	appena intollerabile	28
	spiacevole	26
	appena spiacevole	24
Comfort	accettabile	22
	appena accettabile	20
	apprezzabile	18
	appena percepibile	16

21

Tonalità della luce e resa dei colori

E' importante precisare che la tonalità della luce e la resa dei colori attengono a due aspetti differenti della qualità di un impianto di illuminazione. La prima riguarda principalmente aspetti estetici e di gradimento dell'ambiente illuminato. La seconda è molto importante sia per la prestazione visiva sia per il "comfort" degli utenti.

Ambedue le caratteristiche dipendono dalla densità spettrale della luce emessa dalle lampade, tuttavia non sono strettamente correlate tra loro.

E' utile richiamare che la tonalità della luce è la sensazione di colore evocata dalla luce "bianca" ed è qualificata con aggettivazioni "termiche": calda, neutra e fredda. Come già anticipato, queste qualità sono legate alla temperatura correlata di colore.

E' altrettanto utile ricordare che la resa dei colori è l'attitudine di una sorgente luminosa a rendere la percezione dei colori degli oggetti illuminati simile a quella che si percepisce quando gli oggetti sono illuminati da una sorgente campione.

Sigla che caratterizza il gruppo	Tonalità di luce	Temperatura correlata di colore (K)
W	calda	minore di 3.300
I	neutra	fra 3.300 e 5.300
C	fredda	oltre 5.300

Per comodità, è riportata a lato la tabella relativa alla normazione della tonalità di luce delle lampade.

Gruppo di resa dei colori	Gamma di indici di resa cromatica
1A	$R_a > 90$
1B	$80 < R_a < 90$
2	$60 < R_a < 80$
3	$40 < R_a < 60$
4	$20 < R_a < 40$

La tabella a lato ripropone la classificazione delle lampade sulla base dell'indice di resa dei colori R_a .

Uniformità dell'illuminamento

Tra area oggetto del compito visivo e area immediatamente circostante (0,5 m), per evitare affaticamento visivo ed abbagliamento

$$U = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \quad \text{oppure} \quad U = \frac{L_{\min}}{L_{\text{med}}} \quad 0 \leq U \leq 1$$

$$U = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \quad \text{oppure} \quad U = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}} \quad 0 \leq U \leq 1$$

I rapporti tra illuminamento minimo e medio non devono essere comunque inferiori a:

- 0,7 nella zona del compito
- 0,5 nelle zone immediatamente circostanti il compito

<i>Illuminamento medio nella zona del compito $E_{\text{compito}} (lx)$</i>	<i>Illuminamento minimo nelle zone circostanti $E (lx)$</i>
>750	500
500	300
300	200
<200	E_{compito}

Requisiti complessivi per posti di lavoro in interno (UNI EN 12464-1:2011)

Table 5.26 — Offices

Ref. no.	Type of area, task or activity	\bar{E}_m lx	UGR_L —	U_o —	R_a —	Specific requirements
5.26.1	Filing, copying, etc.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Writing, typing, reading, data processing	500	19	0,60	80	DSE-work, see 4.9.
5.26.3	Technical drawing	750	16	0,70	80	
5.26.4	CAD work stations	500	19	0,60	80	DSE-work, see 4.9.
5.26.5	Conference and meeting rooms	500	19	0,60	80	Lighting should be controllable.
5.26.6	Reception desk	300	22	0,60	80	
5.26.7	Archives	200	25	0,40	80	

La temperatura di colore è un requisito aggiunto