



Scheda informativa - Schermi e proiettori

Data: 01.08.2021

Gli schermi dei dispositivi multimediali e i proiettori generano immagini composte da un'ampia gamma di colori ottenuti elettronicamente mischiando radiazioni blu, verdi e rosse in diverse proporzioni. Per ottenere questi tre colori primari viene fatta passare luce bianca prodotta artificialmente attraverso filtri di colore blu, rosso e verde. Gli schermi moderni producono i tre colori direttamente con LED blu, verdi e rossi, mentre i proiettori usano anche il laser.

Effetti sulla salute

Una luce blu troppo forte può danneggiare la retina degli occhi. L'esposizione alla luce blu di sera può modificare il ritmo circadiano (giorno/notte), la produzione di ormoni e altri processi dell'organismo. La luce prodotta artificialmente può avere un effetto disturbante sulle persone se non è costante e sfarfalla. L'UFSP ha quindi commissionato uno studio per misurare le radiazioni degli schermi di vari dispositivi e dei proiettori allo scopo di valutare tali effetti dannosi.

Danni della luce blu alla retina degli occhi

Per evitare che la luce blu dei dispositivi danneggi gli occhi non si deve superare il valore limite di esposizione fissato. Questo valore limite dipende dall'intensità della luce blu e dalla durata di esposizione della retina alla luce blu. Si distinguono i seguenti gruppi di rischio:

- i dispositivi del cosiddetto «gruppo esente» rispettano il valore limite anche in caso di utilizzo prolungato (diverse ore) e non comportano rischi per le persone, compresi i bambini;
- i dispositivi dei gruppi di rischio 1 e 2 rispettano il valore limite, e dunque non comportano rischi, per un breve periodo di irradiazione dell'occhio;
- i dispositivi del gruppo di rischio 3 danneggiano la retina già dopo un tempo di irradiazione molto breve, nell'ordine di decimi di secondo.

Lo studio commissionato dall'UFSP giunge alla conclusione che tutti i dispositivi esaminati dotati di schermi appartengono al gruppo «esente». I proiettori analizzati appartengono ai gruppi di rischio 1 e 2 se la persona guarda direttamente nel fascio di luce. Nessuno dei dispositivi esaminati nel quadro del citato studio è risultato appartenere al gruppo di rischio 3.

Il valore limite fissato previene i danni per la salute che insorgerebbero con una durata di esposizione di secondi e ore. Non è quindi possibile valutare se l'esposizione cronica e per più anni alle radiazioni visibili al di sotto del valore limite fissato per la luce blu possa causare a lungo termine rischi per la salute.



Effetti sul ritmo circadiano (giorno/notte) e sulla produzione di ormoni dell'esposizione alla luce blu nelle ore serali

Esistono indizi sufficienti comprovanti il fatto che l'esposizione serale alla luce bianca fredda e blu-stra degli schermi può influenzare il ritmo circadiano giorno/notte, soprattutto nelle persone che di giorno hanno trascorso poco tempo alla luce naturale, o non ne hanno trascorso affatto. Un ritmo giorno/notte perturbato ha un impatto sul sonno, sulla produzione di alcuni ormoni e su altre funzioni dell'organismo. Attualmente sono in corso ricerche per capire se questi effetti protratti nel tempo causino rischi per la salute. Lo studio commissionato dall'UFSP mostra che la luce blu emessa dagli schermi può essere ridotta per mezzo di filtri elettronici o diminuendone la luminosità.

Sfarfallio

Lo studio commissionato dall'UFSP mostra che gli schermi sfarfallano se non sono impostati alla massima luminosità. Per quanto riguarda i possibili effetti sulla salute, ci sono indizi comprovanti il fatto che la luce tremolante può causare mal di testa, emicrania e, in casi molto rari, epilessia nei soggetti sensibili.

Per un utilizzo sicuro dei dispositivi dotati di schermi come computer, tablet, smartphone e televisori si raccomanda di seguire alcuni utili consigli.

La luce blu degli schermi di computer, tablet, smartphone e televisori non comporta rischi per gli occhi: non sono quindi necessarie misure di protezione in caso di esposizione alla luce blu.

La luce blu degli schermi di computer, tablet, smartphone e televisori può influenzare il ritmo circadiano giorno/notte, la produzione di ormoni e altri processi dell'organismo. Pertanto:

- la sera è bene ridurre la luminosità degli schermi in maniera tale che gli occhi non debbano sforzarsi; la luminosità è regolabile tramite il sistema operativo;
- la sera è bene ridurre anche la percentuale di luce blu degli schermi, usando i filtri elettronici per la luce blu dei dispositivi; per diminuire la componente blu della radiazione luminosa che colpisce l'occhio si possono usare anche pellicole o occhiali filtranti per la luce blu.

Quando si usano schermi è importante far riposare gli occhi di tanto in tanto, se possibile fissando punti in lontananza o uscendo brevemente all'aria aperta, accorgimento che aiuta inoltre a stimolare il ritmo giorno/notte.

In caso di reazione sensibile allo sfarfallio della luce:

- utilizzare dispositivi con schermi dotati di regolazione anti-sfarfallio tramite DC dimming o dimming a corrente costante oppure dispositivi che alla massima luminosità non abbagliano e non devono quindi essere regolati;
- soprattutto se si usano schermi molto grandi, mantenere una distanza sufficiente dallo schermo in modo da vederne almeno i bordi e un po' dell'ambiente circostante.



Corretto uso dei proiettori per evitare rischi per la salute

- Evitare di guardare direttamente nel fascio di luce di un proiettore. Posizionare il proiettore in modo tale che le persone (specialmente i bambini) non possano guardare nel fascio di luce. La radiazione riflessa dalla tela di un proiettore non è pericolosa.
- Osservare le prescrizioni di sicurezza contenute nelle istruzioni d'uso.

Informazioni dettagliate

1 Struttura e proprietà delle radiazioni

Gli schermi di smartphone, tablet, laptop, computer e televisori, come anche i proiettori, impiegano tecnologie che producono diversi tipi di radiazioni visibili, descritte qui di seguito.

1.1 Schermi con retroilluminazione

Le componenti colorate delle radiazioni delle tecnologie odierne degli schermi si basano sulla luce dei colori primari rosso, verde e blu, generati dalla luce bianca della cosiddetta retroilluminazione incorporata negli schermi. La loro radiazione è guidata attraverso filtri di colore rosso, verde o blu. Ogni gruppo di tre di questi filtri di colore rappresenta uno dei tanti pixel di uno schermo. I pixel brillano nei colori composti desiderati in base alle proporzioni dei colori primari. Se la radiazione dei tre colori primari di un pixel è al massimo, il risultato è un pixel bianco radiante, se invece la radiazione è al minimo, il pixel è nero.

Esistono diverse tecnologie per produrre la luce bianca della retroilluminazione. Quelle più vecchie impiegano tubi fluorescenti a catodo freddo (CCFL). Generano radiazioni ultraviolette che i rivestimenti fluorescenti sulla superficie interna dei tubi trasformano in diverse componenti di radiazione colorate visibili, che quando si mescolano producono il bianco (Figura 1).

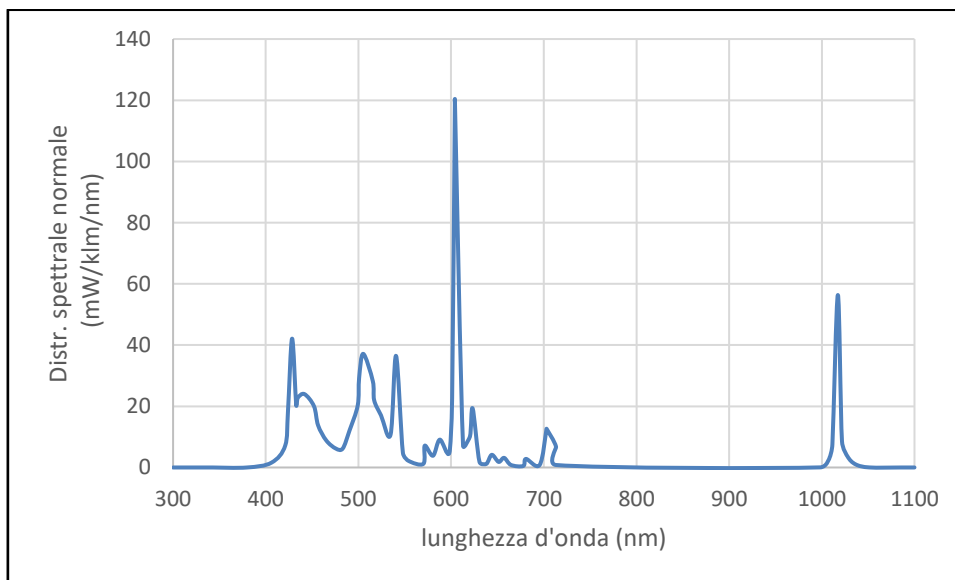


Figura 1 Spettro di uno schermo di computer con retroilluminazione CCFL

Le tecnologie più moderne utilizzano diodi inorganici a emissione luminosa (LED). I LED generano luce blu, parte della quale viene trasformata in luce giallo-rossastra dai rivestimenti fluorescenti sulla superficie interna del diodo, che insieme alla parte blu dà come colore composto il bianco (Figura 2).

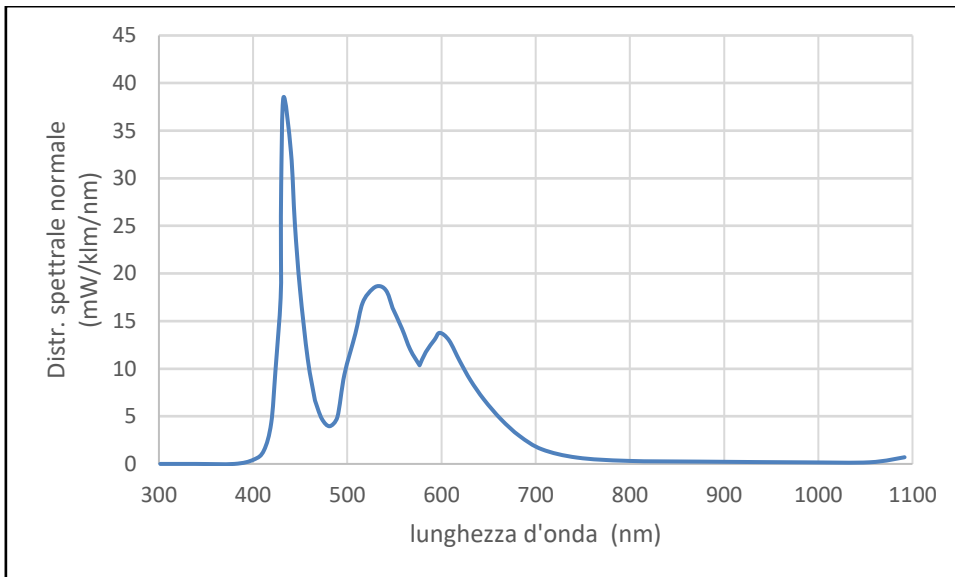


Figura 2 Spettro di uno schermo di computer con retroilluminazione LED

Gli schermi per il settore grafico, che devono riprodurre un'ampia gamma di colori, lavorano in alcuni casi con una combinazione di LED blu e LED verde per pixel, che a loro volta generano anche una radiazione rossa per mezzo di uno strato di fosforo.

Le retroilluminazioni degli schermi possono essere costruite anche con diodi organici a emissione di luce bianca (WOLED o WRGB), che si ottengono sovrapponendo LED organici rossi, verdi e blu che, mischiati, danno un colore bianco.

Negli schermi a LED, la retroilluminazione ha una componente blu più o meno pronunciata a seconda della temperatura di colore impostata.

1.2 Schermi senza retroilluminazione

Gli schermi senza retroilluminazione sono usati su tablet, smartphone, computer e televisori che impiegano diodi organici a emissione di luce (OLED). Tre diodi luminosi, uno rosso, uno verde e uno blu, formano un pixel. Regolando l'intensità delle componenti di radiazione dei diodi luminosi si può modificare il colore fino a ottenere quello desiderato. Se i tre diodi luminosi di un pixel sono al massimo dell'intensità, ne risulta una luce bianca. Questa tecnologia è chiamata anche OLED RGB (Figura 3).

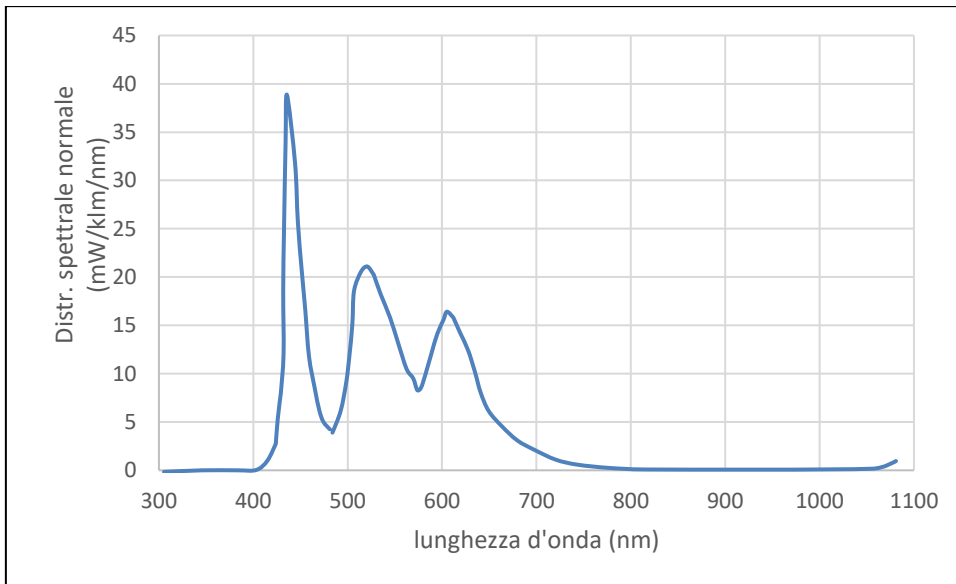


Figura 3 Spettro di uno schermo con tecnologia OLED RGB (senza retroilluminazione)

1.3 Controllo della luminosità degli schermi

L'alimentazione di corrente elettrica nei dispositivi è più o meno stabile a seconda del tipo di apparecchio e della modalità di funzionamento. Di conseguenza, anche l'intensità della luce emessa dai dispositivi fluttua o tremola, generando il cosiddetto sfarfallio.

1.4 Proiettori

1.4.1 Proiettori LCD

I proiettori LCD (Liquid Crystal Display) utilizzano come sorgenti di luce principalmente lampade ad alogenuri metallici e meno frequentemente LED o laser. Queste sorgenti di luce producono, mediante principi diversi, luce bianca, che gli specchi semitrasparenti dividono nei tre colori primari blu, verde e rosso. Questi tre colori illuminano poi tre componenti LCD identiche. Gli LCD sono composti da una serie di pixel che in base al bisogno possono lasciar passare quantità di luce diverse. Tre pixel disposti in modo identico dei tre componenti LCD formano insieme un gruppo di pixel che genera tre fasci di luce di colore blu, verde e rosso. Questi tre fasci di luce colpiscono un prisma che li mescola e produce un fascio luminoso nella tonalità desiderata. Il fascio così ottenuto viene proiettato attraverso un obiettivo di proiezione sulla tela, dove crea un pixel. Questo principio fa sì che il fascio di luce dei proiettori LCD possa contenere una forte componente di luce blu.

1.4.2 Proiettori DLP

I proiettori DLP hanno una sorgente di luce che produce luce bianca. La luce illumina una cosiddetta



ruota dei colori, che gira ed è composta da diversi segmenti colorati trasparenti. Ruotando produce, in sequenza, luce blu, verde e rossa, che cade su un cosiddetto chip DLP. Questo chip, che in un dato momento è illuminato di blu, verde o rosso, è composto da migliaia di microspecchi comandati elettronicamente che ruotano verso il fascio di luce o nella direzione opposta. In base a come sono posizionati, riflettono o meno la luce.

Ognuno di questi microspecchi rappresenta un punto di colore o un pixel dell'immagine proiettata. Il chip DLP genera i colori composti desiderati proiettando sulla tela i colori di base, uno dopo l'altro e nella quantità desiderata, attraverso l'obiettivo di proiezione. Gli specchi possono ruotare nel fascio di luce fino a diverse migliaia di volte al secondo: l'occhio umano ha quindi l'impressione di un colore composto costante, anche se in realtà esso consiste di singoli colori primari proiettati uno dopo l'altro sulla tela. Questo principio fa sì che il fascio di luce dei proiettori DLP possa contenere una forte componente di luce blu.

1.4.3 Proiettori LED

I proiettori LED funzionano secondo il principio dei proiettori LCD o DLP. Come sorgente luminosa si utilizzano LED nei colori blu, rosso e verde. La radiazione di questi LED viene mescolata, creando una luce bianca, o viene proiettata direttamente sui chip LCD o DLP.

1.4.4 Proiettori laser

I proiettori laser per uso domestico funzionano secondo il principio dei proiettori LCD o DLP. Per illuminare si usano non una sorgente di luce bianca, bensì laser di colore blu, rosso e verde. La radiazione di questi laser viene mescolata, creando una luce bianca, oppure viene proiettata direttamente sui chip LCD o DLP. Per motivi di sicurezza, in ambienti domestici non si usano singoli laser potenti, ma combinazioni di laser deboli.

2 Effetti degli schermi sulla salute

2.1 Luce visibile

2.1.1 Effetti sulla salute

Con l'avanzare dell'età la luce visibile colpisce la retina senza incontrare barriere. Se l'intensità della luce è molto forte, la retina, altri tessuti e le cellule fotorecetrici dell'occhio vengono illuminati eccessivamente. Questo innesca processi termici e fotochimici che causano danni gravi e irreversibili all'occhio e possono causare una perdita parziale della vista o addirittura la cecità. Una componente eccessiva di luce blu, il cosiddetto rischio da luce blu (in inglese «blue light hazard») può essere pericolosa per la popolazione in generale. Danni fotochimici possono insorgere anche in seguito alla reazione della luce blu con sostanze presenti nell'occhio, come la lipofuscina, che con l'età si accumulano nell'organo visivo (Behar-Cohen et al. 2011).



2.1.2 Rischio da luce blu: valori limite e normazione

Per prevenire rischi acuti da raggi visibili e infrarossi, la Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) ha raccomandato valori limite (ICNIRP 2013) che si applicano anche all'esposizione alla luce blu. Il valore limite per quest'ultima limita la luce blu che colpisce la retina allo scopo di prevenire rischi acuti per la salute. Questo valore è calcolato in base alla quantità di raggi che nel 50 per cento degli occhi esaminati aveva già provocato danni visibili alla retina. Il valore indicato ha le proprietà di una dose, quindi del prodotto dell'irradiazione moltiplicata per la durata dell'esposizione. Questo significa che se la retina è esposta per un tempo molto lungo, la radiazione che la colpisce deve essere debole, mentre se il tempo di esposizione è molto breve, la radiazione può essere più forte. Il valore limite per l'esposizione alla luce blu distingue due casi: 1) occhi normali con cristallino e 2) occhi sensibili alla luce blu, come quelli di bambini con cristallini molto chiari o di persone che non hanno il cristallino o ne hanno uno artificiale molto trasparente in seguito a un intervento di cataratta.

La norma europea sulle lampade (EN 62471), che può essere utilizzata anche per valutare sorgenti di luce come schermi e proiettori, fissa il valore limite per il rischio da luce blu in diversi gruppi di rischio (Tabella 1). I gruppi di rischio differiscono nella durata di esposizione della retina a una sorgente di luce senza raggiungere il valore limite. La norma distingue tra sorgenti di luce che per la bassa radiazione che emettono non comportano nessun rischio nemmeno se utilizzate per un periodo di tempo illimitato, e sorgenti di luce che a causa della radiazione più o molto forte sono innocue solo in caso di utilizzo limitato o molto breve. Questi gruppi sono definiti come segue.

Gruppo di rischio di una lampada	Durata di esposizione dell'occhio alla radiazione fino a raggiungere il valore limite fissato per evitare i danni da luce blu	Indicazione del gruppo di rischio sulla lampada	Precauzione/avvertenza
Gruppo «esente»	> 10 000 secondi	non necessaria	non necessaria
Gruppo di rischio 1	tra 100 e 10 000 secondi	non necessaria	non necessaria
Gruppo di rischio 2	tra 0,25 e 100 secondi	necessaria	Necessaria precauzione
Gruppo di rischio 3	< 0,25 secondi	necessaria	Necessaria avvertenza

Tabella 1 Gruppi di rischio

I gruppi di rischio definiscono solo in linea di massima il potenziale di danneggiamento, poiché le durate di esposizione ammesse all'interno di un gruppo coprono un intervallo ampio. Per la valutazione di una sorgente di luce è più significativa la durata di esposizione della retina alla quale non è più rispettato il valore limite.

Secondo le raccomandazioni della Commissione elettrotecnica internazionale (CEI), le sorgenti luminose appartenenti ai gruppi di rischio 2 e 3 vanno contrassegnate con il corrispondente gruppo di rischio e dovrebbero recare una nota precauzionale o un'avvertenza sulla confezione o nelle informazioni sul prodotto (foglietto illustrativo). Le sorgenti luminose che non appartengono al gruppo «esente» devono indicare chiaramente nelle informazioni per gli utenti che la classificazione va oltre il gruppo «esente» (IEC TR 62471-2).



2.1.3 Effetti a lungo termine

Il valore limite copre soprattutto rischi per la salute oggi ben studiati che insorgono dopo un'esposizione ai raggi di durata inferiore a un secondo fino a diverse ore. In base alle conoscenze scientifiche attuali non è possibile dire se questo valore limite per la luce visibile eviti anche eventuali effetti sulla salute come la degenerazione maculare (parte centrale della retina deputata alla messa a fuoco) di un'esposizione cronica alla luce blu per tutta la vita (Shang et al. 2014; Moon et al. 2017).

2.1.4 Rischio da luce blu di diversi gruppi di prodotti

Uno studio condotto da METAS per conto dell'UFSP ha esaminato il rischio da luce blu di smartphone, tablet, e-reader, schermi, laptop, televisori e proiettori.

Smartphone, tablet, e-reader, schermi di computer, laptop e televisori

I risultati mostrano che gli schermi di smartphone, tablet, e-reader, computer, laptop e televisori appartengono al gruppo «esente» (Tabella 2). Le persone che usano questi prodotti anche per periodi di tempo prolungati non rischiano di subire danni per le componenti di luce blu degli schermi.

Sorgenti di luce	Distanze	Durata di esposizione massima	Gruppo di rischio
Smartphone	20 cm; 30 cm	> 10 000 sec	Gruppo «esente»
Tablet, e-reader	20 cm; 30 cm	> 10 000 sec	Gruppo «esente»
Schermi di computer	30 cm; 60 cm	> 10 000 sec	Gruppo «esente»
Laptop	30 cm; 60 cm	> 10 000 sec	Gruppo «esente»
Televisori	30 cm; 60 cm	> 10 000 sec	Gruppo «esente»

Tabella 2 Durata di esposizione massima e gruppi di rischio di smartphone, tablet, e-reader, schermi di computer, laptop e televisori

Proiettori

I risultati mostrano che i proiettori fino ad almeno tre metri di distanza possono appartenere al gruppo di rischio 2, a seconda del modello (Tabella 3). Questo significa che anche un'occhiata molto breve nel fascio di un proiettore può danneggiare gli occhi, sia quelli normali che quelli sensibili. I proiettori andrebbero quindi usati in modo tale che le persone non possano guardare nel fascio di luce. Una soluzione efficace consiste nel fissarli alle pareti a un'altezza sicura oppure al soffitto. Nel caso di proiettori collocati temporaneamente su un tavolo occorre accertarsi che né gli utilizzatori né il pubblico possano guardare volutamente o accidentalmente nel fascio di luce.



Distanze	Margine di valore per 3 diversi modelli di proiettori			
	Durata di esposizione massima		Gruppo a rischio	
	Occhi normali	Occhi sensibili	Occhi normali	Occhi sensibili
30 cm	da 2 a 17 sec	da 2 a 16 sec	GR2	GR2
1 m	da 10 a 52 sec	da 9 a 51 sec	GR2	GR2
3 m	da 54 a 10000s sec	da 52 a > 10 000 sec	GR2, gruppo «esente»	GR2, GR1, gruppo «esente»
Raggio riflesso di un'immagine proiettata su una tela a una distanza di 3 m	> 10 000 sec	> 10 000 sec	Gruppo «esente»	Gruppo «esente»

Tabella 3 Durata di esposizione massima e gruppi di rischio di proiettori per occhi normali e occhi sensibili. misurazioni di tre proiettori

2.1.5 Valutazione delle conseguenze sulla salute

In base alle conoscenze scientifiche attuali, la componente blu degli schermi non comporta rischi per la salute degli occhi, nemmeno per i bambini e le persone senza cristallino o con un cristallino molto trasparente. La prudenza è comunque d'obbligo quando il proiettore è collocato a poca distanza e le persone possono guardare direttamente nel fascio di luce. Gli effetti a lungo termine della luce blu di tutti i prodotti elencati sopra non possono essere valutati.

2.2 Ritmi biologici

2.2.1 Effetti della luce blu sui ritmi circadiani e sulle funzioni dell'organismo

Molti processi fisiologici dell'essere umano si svolgono secondo un modello temporale prestabilito, per esempio la produzione di ormoni come melatonina o cortisolo, il funzionamento del sistema immunitario, la temperatura corporea, il ritmo sonno/veglia, l'efficienza mentale e numerosi altri processi (CIE 2009). Questi processi sono soggetti a ritmi di 24 ore (circadiani), comandati essenzialmente dal cosiddetto «orologio interno» localizzato nel cervello. Dato che questa funzione cerebrale non è impostata esattamente su 24 ore, viene risincronizzata ogni giorno con l'aiuto soprattutto della componente blu della luce diurna che, a partire dal mattino, colpisce la retina dell'occhio. La luce blu viene assorbita dalle cellule nervose della retina sensibili alla luce e dai fotorecettori e trasformata in impulsi nervosi che vengono trasmessi all'orologio interno nel cervello.

La luce blu, molto presente nella luce diurna, ha un effetto attivante sull'organismo al mattino e durante il giorno. La sera o di notte questo effetto attivante può avere invece conseguenze indesiderate, dato che trasmette all'organismo informazioni per la fase diurna, sebbene questo si trovi nella fase notturna, interferendo così con i processi che lo preparano al sonno o che si svolgono durante il sonno. La veglia e l'attenzione, per esempio, sono rafforzate e la sintesi della melatonina è ridotta, con conseguente difficoltà ad addormentarsi. Simili effetti si manifestano già a partire da basse intensità luminose. Oltre a questi effetti acuti, i risultati scientifici mostrano sempre più che i ritmi fisiologici



disturbati possono essere all'origine di gravi danni a lungo termine, come tumori o sovrappeso (IARC 2010).

2.2.2 Valori limite e norme

Attualmente non sono in vigore valori limite per gli effetti della luce visibile sui ritmi circadiani. La norma DIN SPEC 5031-100 definisce un fattore di effetto melanopico per caratterizzare le proprietà circadiane delle sorgenti di luce. Il fattore di effetto melanopico di una sorgente di luce descrive il rapporto tra la quota di radiazione con effetto sui ritmi circadiani e quella visibile a occhio nudo (Bellia et al. 2014; Bellia und Seraceni 2014). Un fattore di effetto melanopico pari a 1 equivale all'incirca alla luce diurna all'aperto con cielo nuvoloso. Le sorgenti luminose con fattore di effetto melanopico pari a 1 hanno quindi caratteristiche attivanti sull'organismo simili alla luce diurna, mentre un valore inferiore a 1 presenta meno caratteristiche attivanti rispetto alla luce diurna. Il fattore di effetto melanopico permette di confrontare diverse sorgenti di luce, ma non fornisce alcuna indicazione sull'effettiva radiazione con effetto sui ritmi circadiani.

2.2.3 Fattori di effetto melanopico di prodotti dotati di schermi o di proiettori

Lo studio condotto da METAS per conto dell'UFSP ha determinato i fattori di effetto melanopico dei prodotti dotati di schermo. La Figura 4 mostra i risultati relativi a laptop, computer e televisori in quattro diverse modalità di funzionamento: luminosità standard; luminosità standard luce calda (in modalità notturna); luminosità minima luce calda (in modalità notturna). La Figura 5 mostra i valori medi dei fattori di effetto melanopico di smartphone, e-reader e tablet nelle modalità di funzionamento luminosità standard e luminosità minima. I risultati mostrano che la modalità notturna riduce il fattore di effetto melanopico della radiazione luminosa soprattutto nei monitor dei laptop, meno invece in quelli di computer e televisori. Tuttavia, i fattori di effetto melanopico > 0,6-0,95 sono ancora piuttosto alti rispetto a un'illuminazione interna con lampade a risparmio energetico bianco caldo o LED (circa 0,4).

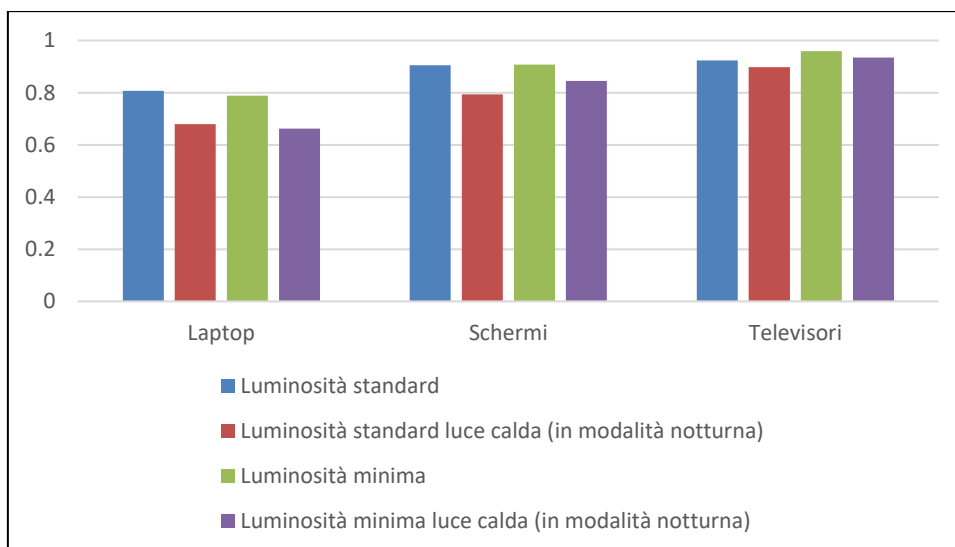


Figura 4 Effetti sui ritmi circadiani di prodotti dotati di schermi: valori medi dei fattori di effetto melanopico di laptop, computer e televisori nelle modalità di funzionamento luminosità standard, luminosità standard luce calda (in modalità notturna), luminosità minima, luminosità minima luce calda (in modalità

notturna)

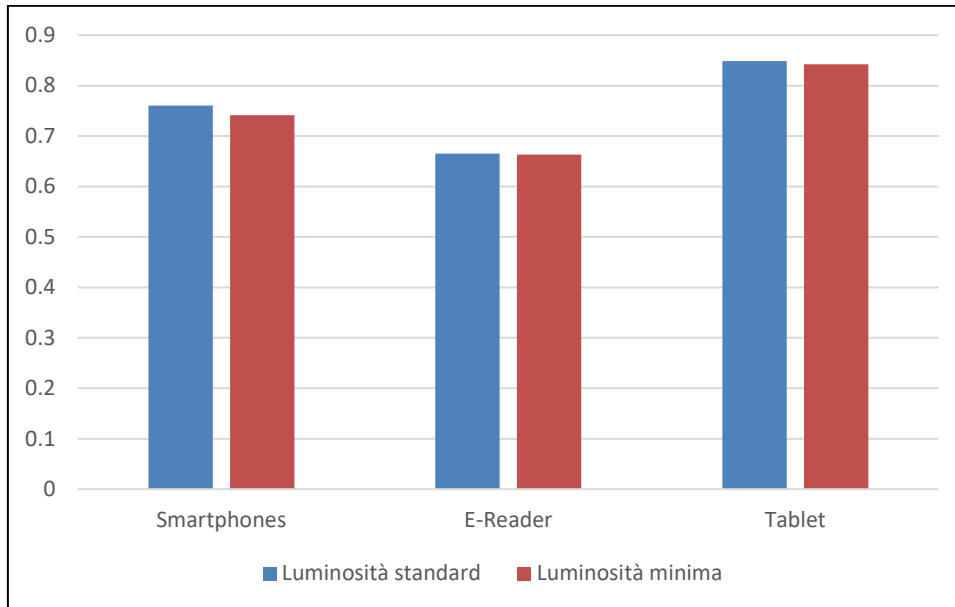


Figura 5 Effetti sui ritmi circadiani di prodotti dotati di schermi: valori medi dei fattori di effetto melano-pigico di smartphone, e-reader e tablet nelle modalità di funzionamento luminosità standard e luminosità minima.

2.2.4 Valutazione delle conseguenze sulla salute

La componente di luce blu degli schermi può, a seconda dell'intensità, influenzare gli effetti circadiani. Un metro di valutazione è la temperatura di colore degli schermi, che in molti dispositivi può essere calibrata mediante il sistema operativo. Gli schermi con temperature di colore di 3000 Kelvin emettono radiazioni che hanno proprietà simili a quelle delle lampadine a incandescenza o delle lampadine LED a basso consumo energetico a luce bianca calda per l'illuminazione di locali interni. Questa impostazione di temperatura del colore è adatta per l'utilizzo serale di dispositivi dotati di schermi. Gli schermi a luce bianca fredda o bluastra con temperature di colore di 4000-8000 Kelvin si prestano invece per l'uso durante il giorno.

2.3 Sfarfallio

In schermi e proiettori la luminosità del fascio può variare nel tempo in maniera più o meno marcata a seconda del prodotto. Quando le persone riconoscono che la luce non è costante e che vi sono oscillazioni della luminosità, si parla di sfarfallio. Le oscillazioni della luminosità e lo sfarfallio dipendono dalla tecnologia e dalla qualità dell'erogazione di corrente elettrica per la retroilluminazione degli apparecchi. Lo sfarfallio si ha soprattutto con gli alimentatori di corrente che lavorano con la modulazione della larghezza di impulso (PWM, *pulse-width modulation*). Allo stato dimmerato, a intervalli riducono o interrompono del tutto la corrente. Dato che i LED, a differenza dei tubi fluorescenti, non hanno proprietà post-luminescenti, le oscillazioni di corrente sono trasmesse direttamente alla luce emessa. Se la frequenza degli alimentatori PWM è troppo bassa, si verifica il fenomeno dello sfarfallio. Sugli schermi dotati di DC (direct current dimming) o dimmeraggio a corrente costante, che anche allo stato



dimmerato generano corrente costante senza impulsi o a bassi impulsi, non si verifica quindi lo sfarfallio, o si verifica in maniera ridotta.

2.3.1 Effetti dello sfarfallio sulla salute delle persone

La maggior parte delle persone può riconoscere a occhio nudo oscillazioni di luce fino a una frequenza di 30-60 Hertz. Gli sfarfallii con frequenze pari o superiori a 100 Hertz non sono più percepiti a livello conscio, ma la retina può rilevarli fino a 500 Hertz, senza che la persona ne sia consapevole.

Sulle possibili conseguenze dello sfarfallio sulla salute si hanno poche conoscenze, provenienti per lo più da studi condotti sui tubi fluorescenti con starter convenzionali. Lo sfarfallio può avere effetti sulla salute delle persone sia immediati sia a lungo termine. Quelli immediati interessano in particolare le persone affette da epilessia fotosensibile, che sono a rischio quando la frequenza dello sfarfallio si situa tra 3 e 70 Hertz. Le esposizioni allo sfarfallio a lungo termine possono provocare mal di testa, emicrania, dolore agli occhi, disturbi della prestazione visiva, distrazione o minore efficienza (Wilkins et al. 2010; Karanovic et al. 2011; Shepherd 2010). Gli sfarfallii di fonti luminose di grandi superficie, come i grandi schermi o i televisori widescreen che le persone guardano da vicino, sono percepiti maggiormente di quelli generati da piccole fonti puntiformi, poiché colpiscono le zone periferiche della retina, che sono più sensibili allo sfarfallio. Gli sfarfallii sono inoltre più visibili con sorgenti di luce ad alta luminosità (Becker 2019, Emoto 2012).

2.3.2 Valori limite

Attualmente non vengono applicati valori limite vincolanti per lo sfarfallio. Lo sfarfallio di una sorgente di luce è indicato come «percentuale di sfarfallio» o «indice di sfarfallio» (Poplawski und Miller 2013). Un valore percentuale di 0 significa che una sorgente di luce non sfarfalla ed emana luce costante, mentre un valore percentuale di 100 significa che l'intensità della luce passa periodicamente dal massimo all'oscurità e viceversa.

2.3.3 Intensità dello sfarfallio di categorie di dispositivi

Lo studio condotto da METAS per conto dell'UFSP ha mostrato che gli schermi di smartphone, e-reader, tablet, laptop e computer non sfarfallano alla massima intensità, o producono uno sfarfallio minimo. A intensità minima, lo sfarfallio varia da modello a modello. Alcuni non sfarfallano, altri invece generano uno sfarfallio di massimo livello. I televisori esaminati producevano uno sfarfallio marcato sia a luminosità minima che a quella massima. Anche i proiettori possono sfarfallare molto alla massima luminosità (Tabella 4).



Sorgente di luce di tipi di dispositivi	Luminosità	Percentuale di sfarfallio: dispositivo con il valore minimo	Percentuale di sfarfallio: dispositivo con il valore massimo
Smartphone	Luminosità massima	0	7
Smartphone	Luminosità minima	0	96
E-reader	Luminosità massima	0	0
E-reader	Luminosità minima	0	1
Tablet	Luminosità massima	0	7
Tablet	Luminosità minima	0	95
Laptop	Luminosità massima	0	0
Laptop	Luminosità minima	0	100
Schermi di computer	Luminosità massima	0	15
Schermi di computer	Luminosità minima	0	100
Televisori	Luminosità massima	83	99
Televisori	Luminosità minima	97	100
Proiettori	Luminosità massima	7	100
Proiettori	Luminosità minima	5	100

Tabella 4 Sfarfallio di schermi e proiettori

2.3.4 Valutazione delle conseguenze sulla salute

Lo sfarfallio di uno schermo può essere accertato con uno smartphone o una fotocamera digitale, mettendo a fuoco il monitor. Se sulla telecamera appaiono delle strisce, lo schermo sfarfalla. Al momento non è possibile valutare in maniera definitiva se lo sfarfallio degli schermi rappresenti un rischio per la salute (SCENIHR 2018). Per precauzione si raccomanda quindi di:

- utilizzare se possibile schermi privi di sfarfallio, commercializzati con l'indicazione «DC dimming»;
- rinunciare al dimmeraggio degli schermi se vengono usati da persone che soffrono di epilessia, emicrania o mal di testa.

3 Disciplinamento giuridico e normazione

Essendo prodotti a bassa tensione, schermi e proiettori devono essere conformi ai requisiti dell'ordinanza sui prodotti elettrici a bassa tensione (OPBT, RS 734.26). Questi prodotti non devono mettere in pericolo né le persone né le cose e possono essere immessi in commercio soltanto se sono conformi ai requisiti principali in materia di sicurezza e protezione della salute sanciti dalla direttiva 2014/35/UE. I requisiti principali sono specificati nelle norme europee. La radiazione ottica ammessa è definita nella norma europea EN 62471:2008 ed è basata sulle raccomandazioni relative ai valori limite di radiazioni visibili e infrarosse non coerenti della Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP 2013). I fabbricanti sono direttamente responsabili della conformità dei loro apparecchi ai criteri indicati.



4 Bibliografia

- Behar-Cohen, F.; Martinsons, C.; Vienot, F.; Zisis, G.; Barlier-Salsi, A.; Cesarini, J. P. et al. (2011): Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risks for the eye? In: *Prog.Retin.Eye Res.* 30 (4), S. 239-257
- Bellia, L.; Pedace, A.; Barbato, G. (2014): Indoor artificial lighting: Prediction of the circadian effects of different spectral power distributions. In: *Lighting Research and Technology* 46 (6), S. 650–660. DOI: 10.1177/1477153513495867.
- Bellia, L.; Seraceni, M. (2014): A proposal for a simplified model to evaluate the circadian effects of light sources. In: *Lighting Research and Technology* 46, S. 493–505.
- CIE (2009): Ocular lighting effects on human physiology and behaviour. Technical report. Vienna: CIE Central Bureau (CIE technical report, 158).
- SN EN 62471 2008: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen, Electrosuisse, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf
- IARC (2010): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans VOLUME 98 Painting, Firefighting, and Shiftwork.
- ICNIRP (2013): ICNIRP GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO INCOHERENT VISIBLE AND INFRARED RADIATION. In: *Health physics* 105 (1), S. 74–96.
- IEC TR 62778:2014 Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires. Online verfügbar unter <https://webstore.iec.ch/publication/7427>, zuletzt geprüft am 03.07.2015.
- Karanovic, Olivera; Thabet, Michel; Wilson, Hugh R.; Wilkinson, Frances (2011): Detection and discrimination of flicker contrast in migraine. In: *Cephalalgia : an international journal of headache* 31 (6), S. 723–736. DOI: 10.1177/0333102411398401.
- Moon, Jiyoung; Yun, Jieun; Yoon, Yeo Dae; Park, Sang-II; Seo, Young-Jun; Park, Won-Sang et al. (2017): Blue light effect on retinal pigment epithelial cells by display devices. In: *Integrative biology : quantitative biosciences from nano to macro* 9 (5), S. 436–443. DOI: 10.1039/c7ib00032d.
- Poplawski, M. E.; Miller, N. M. (2013): Flicker in Solid-State Lighting: Measurement Techniques, and Proposed Reporting and Application Criteria. CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light", Paris, France: April 15/16, 2013.
- SCENIHR (2018): Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_011.pdf
- Shang, Y. M.; Wang, G. S.; Sliney, D. H.; Yang, C. H.; Lee, L. L. (2014): White light-emitting diodes (LEDs) at domestic lighting levels and retinal injury in a rat model. In: *Environ.Health Perspect.* 122 (3), S. 269–276. DOI: 10.1289/ehp.1307294.
- Shepherd, Alex J. (2010): Visual Stimuli, Light and Lighting are Common Triggers of Migraine and Headache. In: *J. Light & Vis. Env.* 34 (2), S. 94–100. DOI: 10.2150/jlve.34.94.
- DIN SPEC 5031-100, 2015: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik — Teil 100: Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren.
- Wilkins, Arnold; Veitch, Jennifer; Lehman, Brad (2010): LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE.



- Direttiva 2014/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato a essere adoperato entro taluni limiti di tensione
- OPBT: Ordinanza sui prodotti elettrici a bassa tensione (RS 734.26)