

---

**ESPOSIZIONE ALLA LUCE BLU E DANNO OCULARE**  
**UN RISCHIO DA VALUTARE**  
**O DA RIVALUTARE**

---

**ENRICA ZINZINI**

**MEDICO OCULISTA - BRESCIA**

≈≈≈

**PIER UGO CARLETTI**

**MEDICO LEGALE - MEDICO COMPETENTE - BRESCIA**

## PERCEZIONE DELLA LUCE BLU COME PERICOLO/RISCHIO

**WHAT IS BLUE LIGHT?**

BLUE-VIOLET LIGHT CAN COME FROM THE SUN & MAN-MADE SOURCES

IT'S EVERYWHERE

**NATURAL LIGHT**

**ARTIFICIAL LIGHT**

**DIGITAL DEVICES**

**BLUE LIGHT**

How much is too much?

**The Nobel Prize @NobelPrize · 1 h**

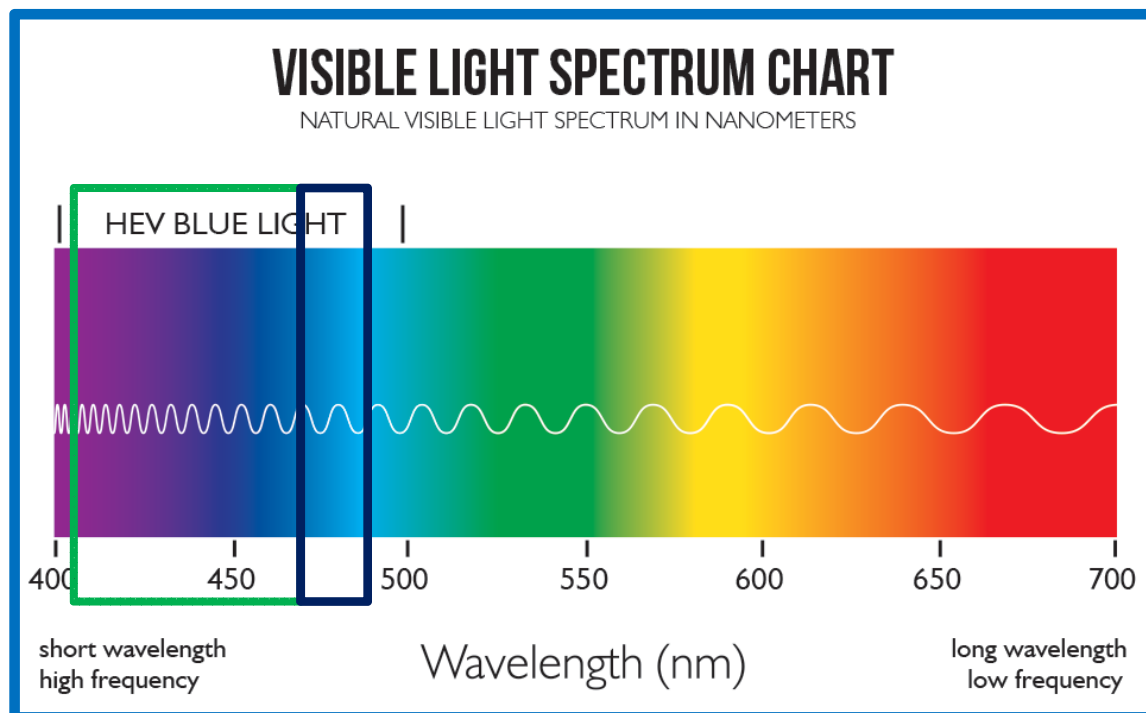
Akasaki, Amano, Nakamura rewarded for inventing blue light-emitting diode, LED - a new energy-efficient light source.

**4 HRS AMERICANS' SCREEN TIME**

DIGITAL SCREENS AT WORK, HOME AND SCHOOL THERE ARE MORE SOURCES OF BLUE LIGHT THAN EVER.

**HEALTH EFFECTS**

- Boosts alertness
- Helps memory and cognitive function
- Elevates moods
- Disrupts circadian rhythm, the body's natural sleep and wake cycles
- Digital Eyestrain Syndrome: blurry vision, difficulty focusing, dry and irritated eyes, headaches, neck and back pain
- Greater risk of certain types of cancers
- Greater risk of diabetes, heart disease, and obesity
- Increased risk of depression
- May cause permanent eye damage; may contribute to age-related macular degeneration which can lead to vision loss



☀ **LUCE BLU 380 – 500 nm**

☀ **SPETTRO POTENZIALMENTE DANNOSO  
PER I TESSUTI BIOLOGICI 415 – 455 nm luce blu – viola**

☀ **SPETTRO POTENZIALMENTE BENEFICO  
PER I VIVENTI 455 – 485 nm luce blu - turchese**

## **FONTI DI EMISSIONE DI LUCE BLU**

- ☀ **LUCE SOLARE: picco diurno di luce**
- ☀ **ILLUMINAZIONE AMBIENTALE: lampade a LED vari impieghi (uffici, negozi, supermercati, teatro, abitazioni, ecc.)**
- ☀ **FARI DI AUTOMOBILI E ALTRI MEZZI DI TRASPORTO**
- ☀ **ILLUMINAZIONE STRADALE ED AUTOSTRADALE**
- ☀ **LAVAGNA INTERATTIVA**
- ☀ **FOTOCOPIATRICI**
- ☀ **SCHERMI DI COMPUTER, SMARTPHONE, TABLET, ECC.**

**BLU-LIGHT POLLUTION**

## EFFETTI BENEFICI DELLA LUCE BLU - TURCHESE

☀ **REGOLAZIONE DEI RITMI CIRCADIANI**

☀ **DURANTE LE ORE DIURNE:**

☀ **INCREMENTO ATTENZIONE E PRONTEZZA DEI RIFLESSI**

☀ **IMPLEMENTAZIONE DI PROCESSI MNEMONICI E  
COGNITIVI**

☀ **MIGLIORAMENTO DELL'UMORE**

☀ **MIGLIORAMENTO QUALI – QUANTITATIVO DELLA VISIONE**

☀ **RIPARAZIONE DELLE FERITE CUTANEE E MUCOSE**

☀ **EFFETTO BATTERICIDA VS PROPIONIBACTERIUM ACNES  
STAFILOCOCCUS AUREUS (ANCHE IL CEPP0 MRSA)**

## EFFETTI NOCIVI DELLA LUCE BLU - VIOLA

### ☀ **PER ESPOSIZIONE NOTTURNA (CRONICA)**

- ☀ **DEREGOLAZIONE DEI RITMI CIRCADIANI**
- ☀ **ALTERAZIONE DEL RITMO SONNO – VEGLIA**
- ☀ **PATOLOGIE PSICHIATRICHE**
- ☀ **PATOLOGIE NEURODEGENERATIVE**

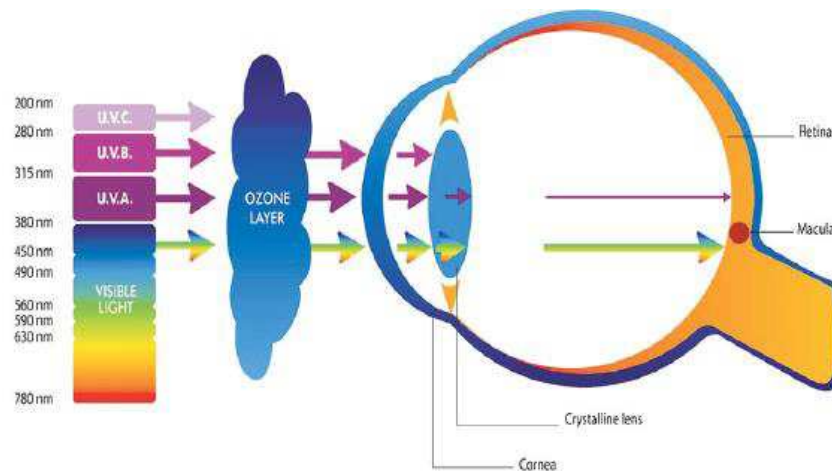
### ☀ **DIGITAL EYESTRAIN SYNDROME (VISIONE OFFUSCATA, OCCHIO SECCO, CEFALEA, DOLORE CERVICALE)**

### ☀ **DANNO DELL'EPITELIO PIGMENTATO RETINICO E DEI FOTORECETTORI (IN VITRO)**

### ☀ **ALTERAZIONI DEL FILM LACRIMALE**

### ☀ **INTERFERENZA SULLA CRESCITA DEI VEGETALI**

## LUCE BLU E RISCHIO OCULARE



- ☀ La luce blu attraversa le strutture oculari e raggiunge la retina rimanendo imm modificata in presenza di mezzi diottrici trasparenti (bambini, giovani adulti)
- ☀ La perdita di trasparenza ed il viraggio cromatico del cristallino verso il giallo, fisiologico per l'età, interferisce con la trasmissione della luce blu (dai 30-35 anni)
- ☀ La rimozione del cristallino (cataratta senile, traumatica, iatrogena, ecc.) ricostituisce la trasparenza alla luce blu dei diottri oculari
- ☀ I risultati finora disponibili in merito alla protezione della retina con impianto di IOL (lenti intraoculari) blue light filtering rimangono controversi

## LUCE BLU E LIVELLO DI RISCHIO

Per questo tipo di radiazione non ionizzante le Linee Guida 2013 ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) indicano che per una visione a lungo termine (es.: fissando il cielo) il limite di esposizione ICNIRP2 al di sotto del quale sono improbabili effetti negativi sulla salute è pari a

$$100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

### **Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard**

**J B O'Hagan, M Khazanova, LL A Price Eye (Lond) 2016 Feb; 30(2): 230–233**

☀ Confronto tra le entità di emissione di luce blu da lampade a incandescenza e LED, schermi di vario genere (laptop, tablet, smartphone) con quelle del cielo sereno e nuvoloso, standardizzando sia le modalità di esposizione che di rilevazione strumentale delle emissioni

☀ Esposizione al cielo sereno      10,4% ICNIRP2      Hazard ratio  $1,09 \times 10^{-3} \text{ W lm}^{-1}$

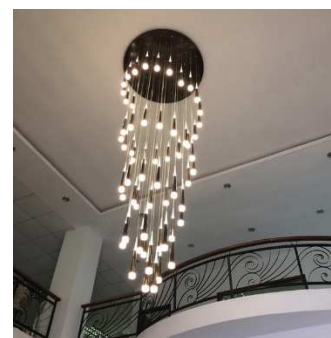
☀ Esposizione al cielo nuvoloso      3,4% ICNIRP2      Hazard ratio  $1,46 \times 10^{-3} \text{ W lm}^{-1}$



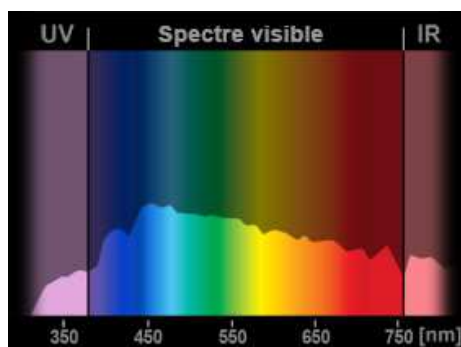
LUMINANZA cd m <sup>2</sup>		RADIANZA PESATA W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>		ICNIRP 2	HAZARD RATIO W lm <sup>-1</sup>	
<b>MONITOR COMPUTER</b>						
MEDIA	± DS	MEDIA	± DS	%	MEDIA	± DS
98,50	38,89	0,082	0,040	0,08	8,17x10 <sup>-4</sup>	7,92x10 <sup>-5</sup>
<b>SCHERMO LAPTOP</b>						
MEDIA	± DS	MEDIA	± DS	%	MEDIA	± DS
1340,44	44,76	0,107	0,039	0,10	8,16x10 <sup>-4</sup>	3,16x10 <sup>-5</sup>
<b>SCHERMO PC PORTATILE</b>						
MEDIA	± DS	MEDIA	± DS	%	MEDIA	± DS
143,22	65,92	0,127	0,061	0,12	8,74x10 <sup>-4</sup>	4,24x10 <sup>-5</sup>
<b>SCHERMO SMARTPHONE</b>						
MEDIA	± DS	MEDIA	± DS	%	MEDIA	± DS
292,60	97,77	0,262	0,093	0,26	8,91x10 <sup>-4</sup>	4,91x10 <sup>-5</sup>

## APPARECCHI ILLUMINANTI A LED

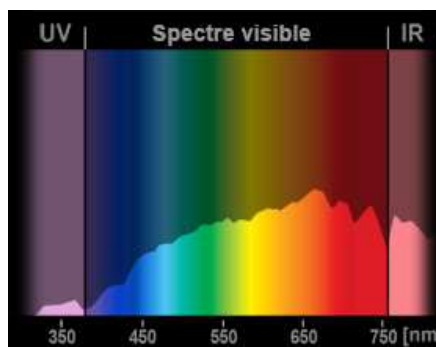
- ☀ Sugli schermi sottoposti furono applicati 3 LED a luce blu
- ☀ La luce blu emessa dai LED possedeva una luminanza doppia rispetto alla media empirica di 104 cd m<sup>2</sup>
- ☀ Il limite massimo di radianza ponderata con luce blu fissata per circa 60 min è stato superato per un fattore PARI 3 VOLTE



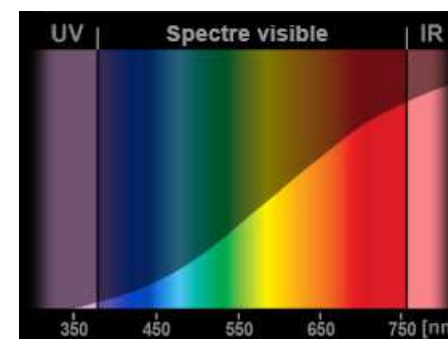
## Luce blu naturale e artificiale



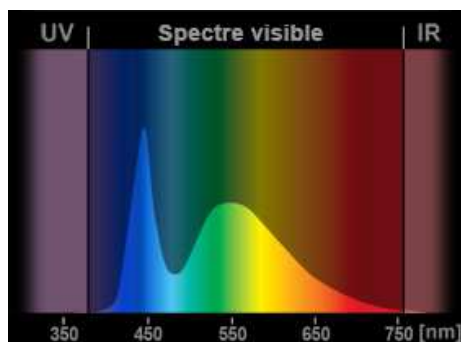
EMISSIONE ORE 12



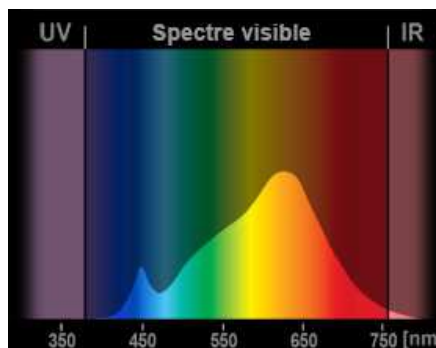
EMISSIONE ORE 18:00



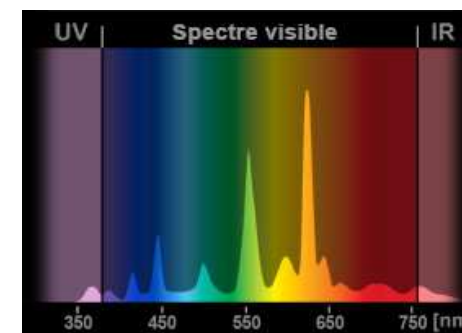
LUCE ALOGENA



LED 6000K  
BIANCA FREDDA  
DAYLIGHT LAMP



LED 2700 K  
BIANCA CALDA



LUCE A FLUORESCENZA

EMERGE QUINDI CHE LE LAMPADE A LED BIANCO FREDDO (6000 K) ABBIANO UN'EMISSIONE DI LUCE BLU ELEVATA E NELL'AMBITO SPETTRALE POTENZIALMENTE PIU' PERICOLOSO (415-455 nm)



TEMPO DI ESPOSIZIONE  
BREVE

DISTANZA DALLA FONTE  
ELEVATA



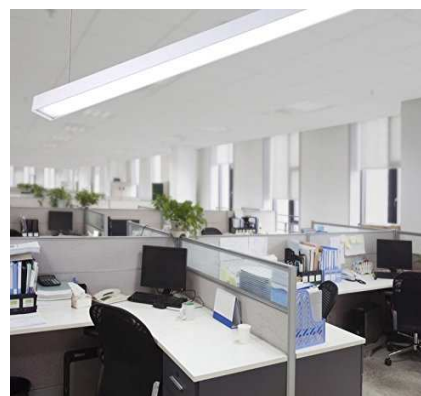
1 - 2 ore



4 - 8 ore



4 - 8 ore



6 - 8 ore



## LUCE BLU E LAVORO

Light Exposure during Days with Night, Outdoor, and Indoor Work.

Daugaard S, Markvart J, Bonde JP, et alii

Ann Work Expo Health 2019 Jul 24;63(6):651-665

I lavoratori notturni di questo studio sono stati esposti per un tempo limitato alle intensità luminose che si prevede possano sopprimere la melatonina.

I lavoratori indoor diurni sono stati esposti a livelli di luce durante che possono ridurre il benessere generale e l'umore, soprattutto in inverno.

Durante le ore diurne, estive, i lavoratori outdoor erano esposti a livelli di luce paragonabili a quelli utilizzati per il trattamento della depressione.



## DIGITAL EYESTRAIN SYNDROME

- ☀ Sindrome da affaticamento oculare digitale
- ☀ Disturbi visivi
  - ☀ Abbagliamento, disturbi accomodativi, disturbi oculomotori, astenopia
- ☀ Disturbi oculari
  - ☀ Secchezza oculare, dolore bulbare, iperemia, lacrimazione
- ☀ Sintomi generali
  - ☀ Cefalea/emicrania, nausea, affaticamento, disagio, disturbi posturali
- ☀ Non è attualmente correlabile all'esposizione a luce blu emessa dai device
- ☀ La fissazione prolungata implica
  - ☀ elevato impegno accomodativo → defocus, cefalea, astenopia
  - ☀ riduzione dell'ammicciamento → secchezza oculare, iperemia congiuntivale
- ☀ Possibile slatentizzazione/emersione di difetti refrattivi e/o anomalie oculomotorie latenti
- ☀ Prevenzione: ergonomia dell'ambiente e della postazione di lavoro, formazione dei lavoratori, valutazione specialistica in ambito SS per identificazione soggetti ipersuscetibili.

Management of digital eye strain.

Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. - Clin Exp Optom. 2019 Jan;102(1):18-29

## DANNO OCULARE DA LUCE BLU

### Evaluating the blue-light hazard from solid state lighting.

Bullough JD, Bierman A, Rea MS. - Int J Occup Saf Ergon 2019 Jun;25(2):311-320

I LED non paiono rappresentare un problema di salute pubblica in relazione alla luce blu emessa dalle fonti comuni e in caso di normale utilizzo perché risposte alla fotofobia consentono di limitare la durata dell'esposizione a queste fonti luminose. Gli AA indicano comunque cautela nel considerare alcuni esposti nei quali la reazione fotofobica potrebbe essere limitata o impedita (ad esempio, nella chirurgia oculare o neonati prematuri) oppure soppressa volontariamente come ad esempio, gli attori di teatro.

Per quanto riguarda il rischio di danno alla retina umana da esposizioni prolungate alla luce blu le prove disponibili sono insufficienti, e in caso di esposizione acuta non sono mai raggiunte soglie compatibili con un danno retinico.

Retinal Neuron Is More Sensitive to Blue Light-Induced Damage than Glia Cell Due to DNA Double-Strand Breaks.

Chen P,Lai Z,Wu Y,Xu L, Cai X et alii: Cells. 2019 Jan 18;8(1).

Gli AA dimostrano che la luce blu (900 lux) compromette la vitalità cellulare e induce l'apoptosi cellulare nei neurociti retinici in vitro. Un test di elettroforesi del DNA mostra gravi danni al DNA nei neurociti retinici a 2 ore dopo esposizioni delle colture cellulari alla luce blu. In vivo sono state evidenziate fratture del DNA di cellule ganglionari ed un assottigliamento retinico significativo.



No, blue light by your smartphone s not blinding you.

Dan T. Gudgel, S. Garg, Janet R. Sparrow:

Letter to the American Accademy of Ophthalmologist. 20 August, 2018

Gli AA a fronte di numerose pubblicazioni sottoposte all'AAO esprimo le seguenti osservazioni

- ☀ i modelli sperimentali non sono in grado di riprodurre ciò che effettivamente avviene in vivo nell'occhio umano
- ☀ Le cellule impiegate nelle colture non derivano direttamente dalla retina o non sono completamente differenziate, potendo quindi manifestare processi degenerativi che non si osserverebbero nelle cellule 'mature'.
- ☀ Le modalità di esposizione alla luce blu delle cellule studiate è molto differente da quanto avviene nel bulbo oculare nella real life.
- ☀ In generale le condizioni sperimentali anche degli studi in vivo su animali non consentono di trarre conclusioni definitive in merito alla pericolosità dell'esposizione dell'occhio umano ai LED e alla luce blu.

- ☀ Da quanto esposto pare emergere che l'emissione di luce blu proveniente da device non debba rappresentare un'emergenza sanitaria per la salute retinica né per la popolazione generale né per i lavoratori (Hazard ratio < a quello della luce naturale)
- ☀ Tuttavia mentre è abbastanza consolidata la protezione con occhiali filtranti all'aperto, non può dirsi altrettanto in merito all'uso di filtri specifici durante le attività lavorative indoor
- ☀ Un potenziale rischio più significativo per la salute retinica, pare invece essere l'esposizione a lampade a LED con temperatura di 6000K (luce bianca fredda) che presentano un elevato picco di emissione di luce blu nella frazione potenzialmente più dannosa (415-455nm, luce blu-viola).
- ☀ E' importante sottolineare che allo stato dell'arte, le ricerche e gli studi effettuati hanno delucidato i meccanismi patogenetici del danno retinico acuto, indotto da un'esposizione alla radiazione blu-violetta 'preternaturale', ottenuta in laboratorio.

- ☀ Non si può escludere a priori che un'esposizione diffusa, cronica, ubiquitaria e sempre crescente alle lampade a LED o ad altre fonti di emissione presenti e future, possa nel tempo condurre ad evidenze cliniche che sostengano la relazione causale tra malattia retinica ed esposizione alla luce blu.
  
- ☀ Le evidenze emerse nel presente lavoro in merito al rischio da esposizione alla luce blu, devono quindi sollevare un alert nei confronti di un potenziale rischio stocastico che interesserebbe trasversalmente tutta la popolazione, i cui effetti si renderebbero evidenti solo tra molti anni.
  
- ☀ Una particolare attenzione va riservata ai lavoratori esposti sui quali graverebbe, vista l'ubiquitaria diffusione delle fonti, sia l'esposizione lavorativa che quella ambientale.
  
- ☀ Quindi gli impiegati nelle industrie auto motive con mansioni di controllo qualità delle verniciature, i lavoratori del comparto ricerca, personale sanitario addetto a specifici trattamenti, addetti alla produzione di corpi illuminanti.  
E l'elenco proposto non è certamente esaustivo.

## STUDIO IN PROGRESS...

Nel corso del 2019 è in corso di realizzazione uno studio randomizzato giapponese per il follow-up di pazienti sottoposti ad intervento per cataratta con impianto di IOL blue-blocking per un periodo di 20 anni dopo la chirurgia; il confronto dei dati con un gruppo di controllo con IOL non filtranti consentirà importanti deduzioni sull'effetto stocastico della radiazione blu-viola.

*Grazie per l'attenzione !!*