

VALUTAZIONE DELL'ILLUMINAMENTO IN AMBIENTE SCOLASTICO

A cura di IRSOO: dal lavoro di tesi di Letizia Pagliai, del corso di Laurea in Ottica e Optometria, relatrice Laura Boccardo.

INTRODUZIONE

La luce ambientale negli edifici scolastici è stata oggetto di interesse per molti anni poiché l'esposizione alla luce del giorno ha dimostrato di essere strettamente associata al miglioramento delle prestazioni degli studenti e alla promozione di una salute migliore in concomitanza anche al corretto sviluppo del sistema visivo, e quindi tassi ridotti di miopia (Cohen et al, 2022).

Difatti minori quantità di illuminamento possono essere un fattore di rischio per lo sviluppo della miopia. Fortemente connessa al benessere psicologico e visivo è la corretta progettazione della luce intesa in maniera integrata tra luce naturale e luce artificiale. Il comfort visivo può essere definito come la condizione del sistema visivo in cui non sussiste nessuno sforzo accomodativo e quindi nessuna risposta di stress durante lo svolgimento di attività specifiche di apprendimento e svago, indipendentemente dall'ambiente in cui è svolta l'attività.

Nelle scuole questo fattore è fondamentale al fine di mantenere un comfort visivo costante. Una corretta illuminazione consente oltretutto di incrementare l'attività dei soggetti, dal punto di vista delle capacità di attenzione, del pensiero logico, cognitivo e della rapidità di calcolo/elaborazione nelle materie di apprendimento.

Tale impegno visivo però non deve trasformarsi in sforzo e compromettere la visione nel bambino o nel ragazzo: il progetto illuminotecnico deve quindi massimizzare lo sfruttamento di luce naturale, in abbinamento ad un'integrazione di luce artificiale, e valorizzare gli spazi a seconda della funzione per cui sono destinati, definendo quindi requisiti ed interventi specifici, per aumentare comfort e produttività del soggetto. L'illuminazione, intesa come impianto illuminotecnico di un'aula, al fine di garantire prestazioni visive adeguate, deve essere analizzata sotto diversi parametri: illuminamento interno e uniformità, abbagliamento e resa cromatica.

Queste grandezze riguardano i due aspetti fondamentali della progettazione illuminotecnica di ambienti ad uso scolastico dove, in primo luogo, è necessario massimizzare

lo sfruttamento di luce naturale, evitando abbagliamento e surriscaldamento termico e, in secondo luogo, come abbinamento ad un'integrazione di luce artificiale. L'obiettivo finale è quello, infatti, di poter distribuire in modo adeguato la luce interna in base alle esigenze di natura educativa nell'ambito scolastico. Sia luce naturale che luce artificiale possono essere valutate secondo due criteri di analisi: livello medio ambientale e livello puntuale. Siccome però la luce percepita internamente ad un ambiente è condizionata da molti fattori, risulta difficile se non impossibile dare delle indicazioni progettuali che possono essere generalizzate. I valori di illuminamento riscontrato nelle scuole prese a campione nel comune di Prato, sono stati confrontati con la normativa UNI 10840:2007 "Luce e illuminazione – Locali scolastici - criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale".

Livello medio ambientale

La valutazione del contributo di luce naturale, che risulta essere la miglior sorgente in termini di quantità di illuminamento, resa cromatica, e neutralità di temperatura di colore, è abbastanza complicata da esaminare perché dipende fortemente da condizioni climatiche, ore e stagione. Bisogna quindi avvalersi di diversi indici, da considerare nell'insieme e non separatamente, dato che ognuno di essi è essenziale e valutato al fine dello sviluppo di un buon quadro illuminotecnico in un qualsiasi ambiente interno. Questi indici dipendono principalmente dal tipo di attività svolte negli ambienti e la normativa UNI 10840:2007 ne definisce i valori medi e minimi da rispettare.

- **Fattore medio di luce diurna (FLDm)** è il rapporto tra illuminamento interno ed esterno dell'ambiente, misurato su una superficie di riferimento orizzontale (indice adimensionale), e può essere considerato come il principale valore di riferimento. Negli edifici scolastici, ad esempio, viene richiesto un FLDm pari al 3% per ambienti didattici e 1% per ambienti di distribuzione, servizi igienici. Questo indice tiene in considerazione la geometria dell'ambiente e le superfici vetrate, così come le loro proprietà ottiche (riflettanza e trasmittanza luminosa). Le misurazioni del fattore medio luce diurna devono essere fatte senza alcun contributo dell'illuminazione artificiale. In tab. 1 vengono riportati i valori di FLDm per due tipologie di edifici scolastici: scuola dell'infanzia e scuola primaria.

Tipo di interno per scuola dell'infanzia	Fattore medio luce diurna (%)
Aule giochi	≥ 5
Aule per lavoro manuale	≥ 3
Scale, corridoi, ingressi	≥ 1
Tipo di interno per scuola primaria	Fattore medio luce diurna (%)
Aule scolastiche	≥ 3
Sala lettura / biblioteca	≥ 3
Sale professori, sale comuni, aula magna	≥ 2
Scale, corridoi, ingressi, bagni	≥ 1

Tabella 1. Percentuale del fattore medio di luce diurna secondo vari ambienti scolastici.

- **Autonomia di luce diurna (DA)** quantifica, in funzione delle ore di occupazione, la percentuale di tempo in cui la luce naturale è sufficiente per svolgere il compito visivo richiesto, senza affaticamento. Si considera accettabile un valore compreso tra il 40% e il 60% di autonomia di luce diurna.
- **Autonomia di luce diurna spaziale (sDA)** indica la percentuale di spazio che, durante le ore di occupazione, riceve una quantità sufficiente di luce naturale ovvero circa 300 lux per almeno il 50% del tempo nell'arco di 1 anno. Si trascura però l'uniformità dell'illuminazione. Questo metodo è stato approvato dalla IES, acronimo di Illuminating Engineering Society.
- **Illuminamento utile di luce diurna (UDI)** considera le condizioni di variabilità del cielo e definisce secondo varie fasce orarie dei valori massimi di illuminamento. Lo scopo di questo parametro è di valutare quanto spesso nell'arco di un anno, l'illuminamento è compreso tra i 300 e i 2000 lux in ogni ambiente: sotto i 100 lux il contributo di luce naturale è da considerarsi nullo; invece, sopra i 2000 lux si può creare abbagliamento e conseguente discomfort visivo oltre che aumento termico.
- **Esposizione solare annuale (ASE)** definisce la percentuale di spazio che riceve una quantità eccessiva di luce diretta, assunta in genere pari a almeno 1000 lux per almeno 25 ore di esposizione. Anche questo metodo è stato approvato dalla IES.
- **Esposizione luce annuale (ALE)** quantifica la luce visibile diretta e indiretta che raggiunge in un punto

preso a campione durante l'anno [lux-h/anno] e tiene in considerazione eventuali schermature.

È importante che questi indici siano utilizzati in funzione del compito visivo richiesto dall'ambiente in esame. Quando la luce naturale non è sufficiente, entra in gioco la luce artificiale che viene dimensionata al fine di garantire uguali livelli di prestazione anche in totale assenza di luce naturale. In tab. 2 sono indicati rispettivamente i valori per:

- **Illuminamento medio mantenuto (\bar{E}_m)** indica il minimo valore di illuminamento medio consentito in una zona dove deve essere svolto un determinato compito visivo.
- **Indice di resa cromatica (R_a)** indica il rendimento dei colori forniti da una sorgente luminosa paragonata ad una sorgente luminosa "standard".

Si associa a tutti questi valori anche un eventuale contrasto e/o abbagliamento eccessivo per la cui valutazione esistono due indici:

- **Daylight Glare Index (DGI)** relativo all'illuminazione naturale ma con limiti riguardo la determinazione del valore.
- **Unified Glare Index (UGR)** indicato per la valutazione del discomfort creato dall'illuminazione artificiale.

Tipo di interno per scuola dell'infanzia	\bar{E}_m (lux)	UGR	R_a
Aule giochi	300	19	80
Aule per lavoro manuale	300	19	80
Scale, corridoi, ingressi	300	19	80
Tipo di interno per scuola primaria	\bar{E}_m (lux)	UGR	R_a
Aule scolastiche	300	19	80
Sala lettura / biblioteca	500	19	80
Sale professori	300	19	80
Sale comuni, aula magna	200	22	80
Scale	150	25	80

Tabella 2. Valori limite per diversi ambienti scolastici: illuminamento medio mantenuto \bar{E}_m (lux), Unified Glare Index UGR, indice di resa cromatica R_a (ottenuto da illuminazione artificiale).

Il metodo di riferimento che viene utilizzato per il calcolo dell'illuminamento artificiale in ambienti chiusi è il metodo di flusso totale che consente di calcolare il flusso luminoso richiesto per garantire un determinato livello di illuminamento medio, in funzione di diversi parametri quali:

dimensioni, caratteristiche del locale, tipologia di sorgente luminosa utilizzata, modalità di distribuzione della luce e solido fotometrico. Si considera inoltre la sua manutenzione, il colore delle pareti dell'ambiente, la pavimentazione e il soffitto.

Livello Puntuale

Per calcolare il livello di illuminamento puntuale naturale sono state utilizzate diverse metodologie che andremo a suddividere in due gruppi principali:

- **Fattore di luce diurna (DF)** definito come il rapporto tra l'illuminamento in un punto posto su un piano orizzontale all'interno del locale, e l'illuminamento in un punto posto su un piano orizzontale esterno sotto l'emisfero celeste in assenza di oscurazioni e irraggiamento solare diretto. Solitamente l'illuminamento esterno è assunto pari a 5000 lux. Il valore per le aule scolastiche deve essere considerato maggiore del 2% in ogni punto. Il flusso luminoso preso in esame è dato da tre contributi: la componente di luce entrante direttamente dalle superfici vetrate, quella entrante tramite riflessione su elementi esterni, e infine quella indiretta o riflessa internamente, che raggiunge il punto dopo diverse riflessioni sulle superfici interne. La valutazione di queste tre componenti può avvenire simultaneamente o in sede separata, attraverso diversi metodi grafici e tabellari.
- **Metodo Lumen** è un approccio semplificato per calcolare il livello di luce in un ambiente e utilizza una serie di calcoli che fanno riferimento a criteri di illuminamento orizzontale andando a rapportare il numero di lumen totali disponibili all'interno del locale e l'area del locale stesso.

Per la valutazione del livello puntuale di illuminamento artificiale, invece, è necessario e sufficiente soltanto conoscere la posizione reciproca tra punto e sorgente luminosa e le caratteristiche dell'apparecchio illuminante, ovvero il solido fotometrico. Dal solido fotometrico si ricava il valore dell'intensità luminosa lungo la normale tra sorgente e punto e si ricava tramite funzioni trigonometriche il valore dell'illuminamento puntuale.

Parallelamente al contesto scolastico dove il bambino/ragazzo trascorre la maggior parte della giornata, ha preso campo anche per motivi di necessità la cosiddetta DAD,

acronimo per didattica a distanza, che ha incrementato l'utilizzo sempre più assiduo di dispositivi multimediali, tra cui smartphone, tablet, LIM anche in funzione delle passate esigenze riguardo la pandemia da COVID-19, che comunque tutt'ora è latente. Questa situazione ha fatto in modo che le nuove generazioni sia di genitori che di figli prediligano al tempo all'aperto, il tempo trascorso in casa, per questioni anche legate alle esigenze degli adulti sul dover lavorare in smart working dove è necessario, e riuscire contemporaneamente a gestire i figli e la sfera lavorativa.

Infatti, non solo è aumentato il numero di utilizzatori giovani dei suddetti dispositivi, ma il loro utilizzo è stato esteso inadeguatamente anche a bambini molto piccoli, andando a interferire con lo sviluppo del soggetto in età infantile. Studi demografici affermano che l'incidenza della miopia aumenta di anno in anno, riportando che un 49,8% della popolazione sarà miope entro il 2050 (Holden et al, 2016). Parallelamente mostra una tendenza a colpire bambini sempre più piccoli con conseguente fattore di crescita nella popolazione.

In aggiunta quindi allo studio sull'illuminamento ambientale nelle scuole è stato proposto un questionario ai genitori con figli che avevano un'età compresa tra i 3 e gli 11 anni, basato sulla revisione della letteratura attuale e dei questionari esistenti riguardanti: possibile miopia parentale, abitudini vive nell'utilizzo di dispositivi multimediali (smartphone e tablet), tempo trascorso all'aperto e sport outdoor/indoor. In accordo con ciò, è stato infatti individuato tramite studi clinici controllati che l'attività all'aperto e lo sport outdoor possono ridurre efficacemente l'incidenza della miopia e ritardare la progressione miopica (Rose et al, 2016).

Lo scopo principale di questo lavoro è stato andare a misurare l'illuminamento degli ambienti interni a edifici scolastici di un campione di scuole del territorio e verificare se il livello di illuminamento è adeguato alle esigenze e al corretto sviluppo del sistema visivo nel bambino. Le misure poi sono state confrontate con la normativa italiana UNI, che definisce a livello nazionale i criteri per un illuminamento a norma nei vari ambienti di lavoro e di attività ricreative, e con letteratura scientifica attinente.

Come scopo secondario della tesi è stato deciso di testare la correlazione tra le misure eseguite con il luxmetro MT-912 e due applicazioni per dispositivi smartphones scaricabili tramite Google Apps.

METODI

Da febbraio a maggio 2022 sono state eseguite le misure di illuminamento all'interno di tre edifici scolastici nel comune di Prato. Il rilevamento veniva fatto un giorno al mese, per ogni scuola in due momenti della giornata: 9.00 di mattina e 3.00 di pomeriggio.

Veniva rilevato un totale di 12 misure per giorno, quando i bambini erano effettivamente in classe a svolgere la lezione, e non durante le ore di ricreazione o di pranzo in cui potevano trovarsi in altri tipi di ambiente scolastico. Per la raccolta dati all'interno delle scuole sono stati utilizzati tre strumenti: un luxmetro modello "MT-912 Shenzhen Flus Technology" e due applicazioni per smartphones, con nomi "Lux Light Meter Pro" e "Light Meter", denominate poi nel lavoro di tesi rispettivamente APP1 e APP2.

La prima settimana di ogni mese, da febbraio a maggio, venivano rilevate le misure per due volte al giorno (dalle 9.00 alle 9.30 e dalle 15.00 alle 15.30) dove il primo giorno venivano raccolti i valori nella scuola primaria "F. De André", il secondo giorno nella scuola dell'infanzia "Campino" e il terzo giorno nella scuola paritaria "M. Immacolata".

Nel dettaglio le tipologie di sorgenti luminose presenti nelle scuole erano le seguenti:

- Scuola dell'infanzia "Campino": sono state prese a campione due sezioni dove si utilizzano sorgenti fluorescenti tubolari di 60 W.
- Scuola paritaria "M. Immacolata": sono state prese a campione 3 sezioni dove si utilizzano sorgenti LED di 29 W.
- Scuola primaria "F. De André": sono state prese a campione 4 sezioni che utilizzano sorgenti tubolari fluorescenti di 38 W.

Sono state rilevate rispettivamente per ogni classe, nel momento in cui i bambini erano a svolgere la lezione, 6 misure con luxmetro Shenzhen MT-912, 6 con APP1 e 6 con APP2, sia per la mattina che per il pomeriggio. Il tutto è stato trascritto in un foglio di calcolo Excel per Windows ed è stato studiato tramite l'ANOVA comprendente il test di Tukey se ci fosse o meno significatività dei valori di illuminamento ricavati.

RISULTATI

All'interno delle scuole prese a campione, il valore medio di illuminamento si può vedere riassunto in tab. 3.

	LUXMETRO	APP 1	APP 2
Media [lux]	995	1271	634
Deviazione standard [lux]	418	614	335

Tabella 3. Media e deviazione standard dell'illuminamento ambientale interno alle scuole prese a campione.

L'ANOVA mostra che le differenze tra le medie sono statisticamente significative ($P < 0,001$). Andando nel dettaglio è emerso che il confronto tra le coppie di misure condotto con il test di Tukey mostra che la differenza è statisticamente significativa. Troviamo infatti una sovrastima dell'illuminamento di circa il 28% quando si utilizza l'APP1 e una sottostima del 36% utilizzando l'APP2 (fig. 1).

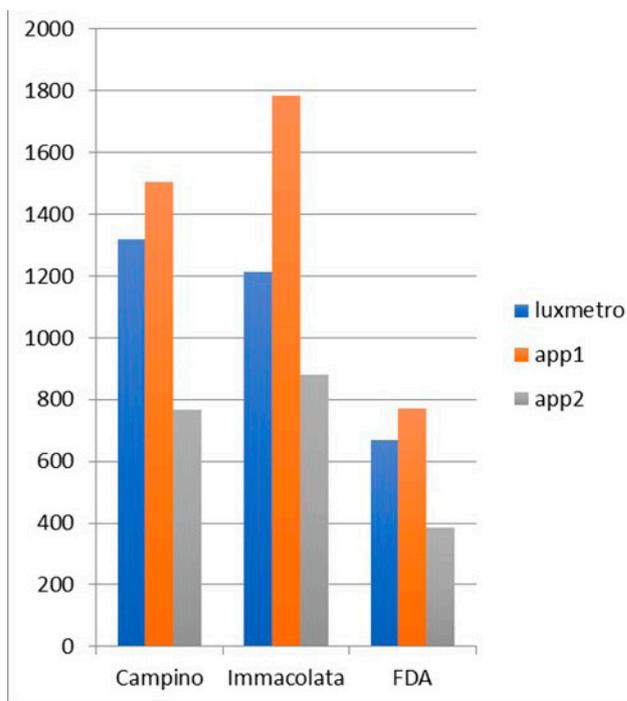


Figura 1. Rappresentazione grafica della media di illuminamento rilevato tramite i tre strumenti utilizzati nelle tre scuole.

Dato che i risultati delle misure ottenuti con le due applicazioni sono significativamente diversi da quelli del luxmetro, è stato deciso di utilizzare, durante il proseguo dell'analisi, solo ed esclusivamente i dati del luxmetro MT-912 ritenuto "gold standard".

In fig. 2 vengono rappresentate le medie dei livelli di illuminamento misurati di mattina in ogni scuola per 4 mesi. Valori analoghi sono stati misurati nel pomeriggio. Le differenze di illuminamento fra mattina e pomeriggio non sono statisticamente significative.

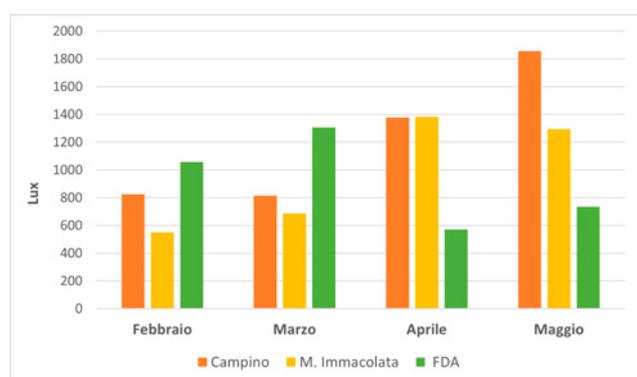


Figura 2. Illuminamento misurato la mattina con luxmetro Shenzhen nelle tre scuole da febbraio a maggio.

DISCUSSIONE

La normativa UNI 10840:2007 “Luce e illuminazione - Locali scolastici - criteri generali per l’illuminazione artificiale e naturale”, rappresenta la normativa italiana che regola le condizioni generali di benessere e sicurezza per studenti e per utenti scolastici che frequentano il complesso istituzionale.

La presente norma è una revisione della UNI 10840:2000 ed è stata elaborata sotto la Commissione Tecnica UNI e approvata nel marzo dell’anno 2007. Secondo la normativa UNI 10840:2007 nella categoria “aule scolastiche”, dove i bambini/ ragazzi trascorrono la maggior parte del tempo durante l’orario scolastico, l’illuminamento minimo consentito è di 300 lux. In questo lavoro sono state effettuate misure col luxmetro MT-912 nell’arco dei quattro mesi (da febbraio a maggio) e sono stati rilevati i seguenti valori minimi raggiunti:

- Scuola dell’infanzia “Campino”: 665 lux
- Scuola paritaria “M. Immacolata”: 851 lux
- Scuola primaria “F. De André”: 388 lux

Tutte le scuole rispecchiano quindi i valori minimi di 300 lux stabiliti dalla normativa italiana per quanto riguarda la dicitura “aule scolastiche”. Possiamo oltretutto constatare che il tipo di sorgente LED con potenza 29 W, utilizzato all’interno della

scuola paritaria “M. Immacolata”, ha un miglior rendimento in termini di illuminamento artificiale, se messo a confronto con le sorgenti fluorescenti tubolari utilizzate negli altri due istituti (fig. 3).



Figura 3. Fotografia di una delle tre classi della scuola paritaria “Maria Immacolata”. Si può osservare il tipo di sorgente LED che è andata a sostituire dal 2020 le lampade fluorescenti tubolari.

Se andiamo invece a confrontare il valore in lux che dovrebbe avere la postazione “lavagna” per le scuole primarie, la normativa UNI 10840:2007 dichiara un minimo valore di 500 lux effettivi. La scuola primaria “Fabrizio de André” non utilizza ulteriori sistemi di illuminamento su quello specifico strumento didattico al fine di raggiungere i valori minimi richiesti.

I dati rilevati infatti si eguagliano a quelli dell’aula scolastica e quindi non consentono di avere sempre il minimo illuminamento adeguato su quello specifico strumento di lavoro, dove insegnanti e bambini svolgono e apprendono la lezione.

Se invece facciamo riferimento alle LIM (lavagne interattive multimediali) che si trovano in ogni classe, in quel caso abbiamo una luminosità 500 cd/m² ovvero 500 lux, quindi in regola con la normativa. I bambini, quindi, utilizzano e apprendono su uno strumento che consente di avere un livello di illuminamento adeguato, sempre secondo le condizioni generali di sicurezza e benessere della normativa UNI 10840:2007.

Secondo la normativa italiana, le scuole che abbiamo analizzato riportano valori affini a quelli richiesti di 300 lux

minimi per classe. Per quanto riguarda lo sviluppo di miopia in età prescolare e scolare (3-11 anni), negli ultimi dieci anni sono stati pubblicati molti articoli scientifici basati su studi pilota, condotti in scuole, a livello mondiale.

In molti di essi oltre ad analizzare l'illuminamento delle zone dove i bambini trascorrevano la maggior parte delle ore di scuola, si andava a misurare e confrontare, tramite biometria oculare, i valori di lunghezza assiale del bulbo oculare, profondità della camera anteriore, e curvatura corneale, che influivano su una possibile progressione miopica se presente, o su una possibile insorgenza di miopia, se non presenti errori refrattivi. In linea di massima, negli articoli redatti da Hua et al (2015), Suh et al (2022), Dharani et al (2012) e Cohen et al (2022), nessuno di essi ha saputo dare indicazioni su valori minimi di lux affinché la miopia negli ambienti scolastici venga effettivamente bloccata o comunque diminuita drasticamente.

Hua et al nel 2015 hanno condotto il primo studio pilota dove si affermava che i bambini che studiavano in un ambiente scolastico altamente illuminato avevano minori possibilità di sviluppo di errori refrattivi, in particolar modo i bambini ancora emmetropi o con un lieve incremento di lunghezza assiale. Sono state esaminate due scuole a campione situate a Shenyang in Cina nel distretto di Sujiatun dove inizialmente le classi erano illuminate con non più di sei sorgenti fluorescenti tubolari, che rendevano un illuminamento inferiore ai valori richiesti di 300-500 lux.

Dopo un intervento illuminotecnico sono state apportate modifiche significative che hanno portato a 600 i valori di lux minimi garantiti dalle sorgenti. Grazie a questa modifica di illuminamento, è stato poi dimostrato, secondo i dati raccolti da Hua et al, che l'incidenza di miopia risultava significativamente ridotta quando i bambini studiavano e trascorrevano le ore di lezione in classi con illuminamenti elevati, riducendo l'impatto di stimoli miopici come, ad esempio, attività di lettura e scrittura ravvicinate.

Cohen et al (2022) nel loro articolo analizzano la correlazione tra effetto dell'illuminamento ed errore di refrazione. Gli autori ipotizzano che i livelli di lux regolamentati dagli enti che si occupano di costruzione di edifici scolastici (si va dai 250 ai 400 lux) a livello mondiale, siano insufficienti e quindi creino un ambiente favorevole allo sviluppo della miopia in

età infantile. Cohen afferma, oltretutto sempre per ipotesi, data la mancanza di risultati e di studi al riguardo, che un livello ottimale, affinché veramente si riesca a sradicare questa problematica, sia di avere un illuminamento pari o maggiore di 800 lux. Facendo riferimento alla nostra raccolta dati, la scuola paritaria "M. Immacolata" è l'unica che rientra in questi valori con un illuminamento minimo di 851 lux in linea quindi con le ipotesi di Cohen.

Citando poi una fonte più recente come Suh et al (2022) è stato studiato il defocus (DF) correlato alla crescita della lunghezza assiale del bulbo, nell'arco di 6 mesi, su bambini di scuole elementari della Corea del Sud. È emerso che la prevalenza della miopia era alta nelle scuole con un alto livello di illuminamento (HD) rispetto a quelle con basso illuminamento (LD), ma, nei 6 mesi a seguire, i risultati sono diventati equivalenti in entrambe le scuole. Facendo poi riferimento, sempre nel suddetto studio, al campionamento di valori della lunghezza assiale media nell'arco di 6 mesi, nei bambini emmetropi era sempre $22,7 \pm 0,63$ mm in entrambe le scuole con HD e LD.

Risultato significativo invece è stato ottenuto con bambini che avevano una lunghezza assiale $<22,7$ mm; infatti, i soggetti che frequentavano le scuole con LD avevano un incremento di lunghezza di 0,19 mm rispetto a quelli che frequentavano scuole con HD che era di 0,15 mm ($P = 0,49$). Nei risultati dello studio di Suh et al (2022), oltretutto, come in quelli di Wu et al (2013) e Dharani et al (2012), è stato riscontrato che l'effetto dell'attività all'aperto influisce positivamente sullo stato di refrazione iniziale dei bambini con un effetto protettivo.

CONCLUSIONI

L'illuminamento ambientale è una delle componenti fondamentali nello sviluppo di un corretto sistema visivo. I lux all'interno di un qualsiasi edificio possono essere misurati tramite luxmetro o applicazioni per smartphone/tablet. Lo sviluppo del presente lavoro ha consentito di verificare che le applicazioni per smartphone utilizzate non sono affidabili, poiché restituiscono valori significativamente diversi da quelli rilevati col luxmetro digitale. Qualora si decida quindi di rilevare i lux all'interno di un locale, sarebbe opportuno avvalersi di un luxmetro digitale ed evitare l'uso di dispositivi smartphone/tablet. Riguardo allo studio principale di questo lavoro possiamo innanzitutto affermare

che i lux rilevati all'interno di tre scuole prese a campione nel comune di Prato, rispecchiano i valori definiti dalla normativa UNI 10840:2007 "Luce e illuminazione – Locali scolastici – criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale", per quanto riguarda l'illuminamento interno alle classi, ma non supportano l'illuminamento che dovrebbe essere garantito per le lavagne (500 lux) nelle classi della scuola elementare.

C'è comunque una differenza netta di lux misurati tra le tre scuole. Infatti, solo un edificio su tre arriva a raggiungere 800 lux effettivi mentre le altre due scuole, anche se rientrano nei valori stabiliti dalla normativa, risultano insufficienti, se si volessero confrontare con i valori consigliati dalla letteratura scientifica, per prevenire un possibile sviluppo della miopia in età infantile. Si può quindi suggerire che sarebbe auspicabile utilizzare all'interno degli edifici scolastici sorgenti luminose di più recente generazione, come ad esempio i LED, al fine di aumentare l'illuminamento ambientale e arrivare a valori più vicini se non addirittura uguali o superiori a quelli riportati dalla letteratura scientifica.

Risulta estremamente importante che l'illuminamento ambientale in orario scolastico sia adeguato al compito visivo richiesto, al fine di prevenire lo sviluppo della miopia. Gli ottici e gli optometristi, in quanto professionisti nel settore della vista, dovrebbero cercare di sensibilizzare i genitori sulla problematica della miopia in età infantile e promuovere le attività all'aria aperta in funzione dell'esposizione a luce naturale, poiché tutori e accompagnatori nella crescita dei bambini.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Cohen, Y., Iribarren, R., Ben-Eli, H., Massarwa, A., Shama-Bakri, N., & Chassid, O. (2022). *Light Intensity in Nursery Schools: A Possible Factor in Refractive Development. The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 11(1), 66–71. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000474>
- Dharani, R., Lee, C.-F., Theng, Z. X., Drury, V. B., Ngo, C., Sandar, M., Wong, T.-Y., Finkelstein, E. A., & Saw, S.-M. (2012). *Comparison of measurements of time outdoors and light levels as risk factors for myopia in young Singapore children. Eye*, 26(7), 911–918. <https://doi.org/10.1038/eye.2012.49>
- Hua, W.-J., Jin, J.-X., Wu, X.-Y., Yang, J.-W., Jiang, X., Gao, G.-P., & Tao, F.-B. (2015). *Elevated light levels in schools have a protective effect on myopia. Ophthalmic and Physiological Optics*, 35(3), 252–262. <https://doi.org/10.1111/opo.12207>

Suh, Y.-W., Ha, S.-G., & Kim, S.-H. (2022). *Effect of Classroom Illuminance on the Development and Progression of Myopia in School Children. Korean Journal of Ophthalmology: KJO*, 36(3), 194–201. <https://doi.org/10.3341/kjo.2021.0170>