

CONFRONTO TRA DUE SPETTROFOTOMETRI PER LA MISURAZIONE DELLA TRASMITTANZA DELLE LENTI

A cura di IRSOO: dal lavoro di tesi del corso di Optometria di Kanaris Bounas, relatori Gianni Boccaccini e Marica Vampo.

La trasmittanza in ottica si definisce come la frazione di luce trasmessa nella rifrazione, in relazione a quella incidente per una data lunghezza d'onda. Nella fig. 1 è rappresentata la sezione di materiale sul quale da sinistra arriva un fascio di luce incidente ed a destra troviamo un fascio di luce emergente.

Si definisce Trasmittanza o fattore di trasmissione spettrale, e si indica con la lettera T, il rapporto tra il flusso emergente ed il flusso incidente per ogni lunghezza d'onda (formula in fig. 1).

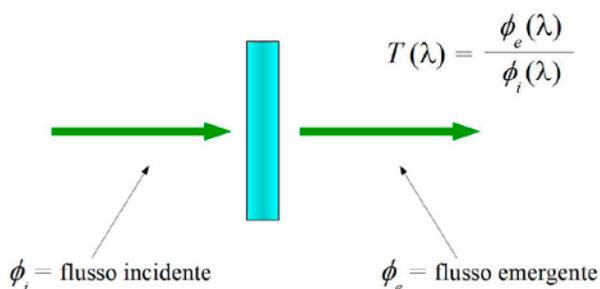


Figura 1. Grafico della Trasmittanza.

Il valore della trasmittanza è generalmente compreso tra 0 e 1 e, spesso, tale valore è espresso in percentuale. L'andamento della trasmittanza in funzione della lunghezza d'onda (λ), per una data sostanza, rappresenta lo spettro elettromagnetico della sostanza stessa.

La trasmittanza di un materiale dipende anche dalla lunghezza d'onda presa in considerazione, infatti le lunghezze d'onda dell'ultravioletto sono diverse da quelle del rosso, del verde, del blu o dell'infrarosso. Il fatto che T dipenda da λ ci indica che il comportamento di una lente può variare e talvolta in maniera anche decisiva, come vedremo per le lenti colorate, a seconda del tipo di radiazione utilizzata.

Una lente trattata potrà quindi lasciar passare alcune radiazioni, riflettendone o assorbendone altre, in base ad una determinata colorazione.

Particolarmente interessante ai fini della salute oculare è

il valore della trasmittanza del materiale considerato per quelle radiazioni potenzialmente nocive per l'occhio, come le radiazioni UV.

Un materiale trasparente può trasmettere in maniera molto diversa le varie componenti cromatiche (ovvero le varie radiazioni con diversa lunghezza d'onda) di una luce bianca che incide sulla sua superficie. Alcune componenti vengono assorbite o riflesse, venendo selezionate, in misura nettamente maggiore o minore rispetto ad altre. In questo caso la luce trasmessa dal materiale risulta colorata.

A seguito di queste definizioni si può affermare che lo spettro di trasmittanza di una lente è un grafico cartesiano (fig. 2) in cui si riporta in ascissa la lunghezza d'onda (in nanometri) ed in ordinata la trasmittanza della lente (in percentuale).

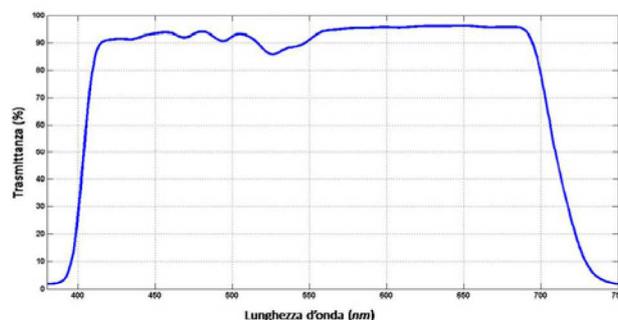


Figura 2. Spettro di Trasmittanza.

La curva della trasmittanza, rappresentata nella fig. 2, visualizza quindi in via grafica l'andamento di T al variare della lunghezza d'onda della radiazione che incide sul mezzo ottico. Come già accennato, si può notare che i valori di trasmittanza, riportati sull'asse delle ordinate, sono compresi tra 0% e 100%.

La radiazione che incide su un mezzo ottico, generalmente, oltre ad essere trasmessa viene in parte anche riflessa ed in parte assorbita dal materiale che costituisce il mezzo ottico. Pertanto, a fianco della trasmittanza $T(\lambda)$, si definiscono anche il fattore di riflessione spettrale $R(\lambda)$ ed il fattore di

assorbimento spettrale $A(\lambda)$; le tre grandezze sono poste in relazione tra loro secondo la seguente legge di bilancio energetico:

$$T(\lambda) + R(\lambda) + A(\lambda) = 1$$

Considerando il caso di incidenza normale della radiazione, ovvero quando la luce che arriva su un filtro vi arriva perpendicolarmente rispetto alla sua superficie, e considerata anche l'efficacia dei moderni trattamenti antiriflesso, tratteremo come prevalente il fenomeno dell'assorbimento rispetto a quello della riflessione, quindi la luce sarà solamente o trasmessa od assorbita, trascurando il secondo termine della relazione precedente.

La spettrofotometria è quella branca della Fisica che si occupa della misurazione delle grandezze precedenti; per quanto riguarda la trasmittanza, al di là delle varie relazioni teoriche che si possono utilizzare, il modo migliore e più diretto per calcolarne il valore è quello di utilizzare lo strumento: lo spettrofotometro.

In passato sono stati fatti vari studi per confrontare diversi spettrofotometri.

Nel lavoro "Evaluation of the performance of Spectacle Lens Transmittance Meters" (Stephens, Pitts, 1994) sono stati testati cinque spettrofotometri. Con ognuno di essi è stata misurata la curva di trasmittanza di alcune lenti e questa è stata confrontata con quella ottenuta con uno spettrofotometro di riferimento, preso come gold standard. I cinque spettrofotometri hanno sovrastimato la trasmittanza delle lenti per le lunghezze d'onda che interessano l'UV e sono stati abbastanza accurati per la radiazione visibile.

Uno studio nel quale è stato utilizzato proprio uno dei due spettrofotometri del presente lavoro è quello del 2006 (Moore, Ferreira, 2006). In questo caso viene usato lo spettrofotometro Perkin Elmer per misurare la trasmittanza, di varie lenti a contatto, per la radiazione UV e Visibile.

In un altro studio (Peterson, Pease, Stephens, 1994) sono stati confrontati due spettrofotometri con uno di riferimento. Dall'analisi dei dati è emerso che i due spettrofotometri non sono molto accurati per valutare la trasmittanza rispetto allo strumento di riferimento.

Anche nella tesi di diploma di Optometria di Kanaris Bounas, discussa presso l'IRSOO nella sessione del 7 dicembre 2018, sono stati messi in relazione due spettrofotometri: il Perkin Elmer-Lamba 1050, che si trova all'Istituto Nazionale di Ottica (INO) ad Arcetri (FI) ed il Konica Minolta, di proprietà dell'Istituto di Ricerca e di Studi in Ottica ed Optometria (IRSOO) di Vinci (FI).

Per le misure sono stati usati 12 filtri colorati, neutri: 4 con colorazione al 25% (arancione, giallo, rosa e viola), 4 con colorazione al 50% (blu, verde, grigio e marrone) e 4 con colorazione al 95% (blu, verde, grigio e marrone).

Lo spettrofotometro Perkin Elmer-Lamba 1050 (fig. 3) è uno spettrofotometro a doppio raggio, ovvero sdoppia il fascio emesso dalla sorgente interna: un fascio attraversa la lente da misurare, l'altro va direttamente all'analizzatore dello strumento. Il fascio che attraversa la lente costituisce il flusso emergente mentre l'altro, quello diretto, il flusso incidente; dal rapporto del primo con il secondo si ha direttamente la trasmittanza della lente, così come definita in precedenza.



Figura 3. Spettrofotometro Perkin Elmer-Lambda 1050.

La lente va inserita nell'apposito supporto (molla) ed anche se non è ben centrata non ne derivano particolari problemi perché lo strumento è dotato di sfera integratrice, la quale recupera i raggi che altrimenti andrebbero perduti per riflessioni anomale.

In questo lavoro lo spettrofotometro Perkin Elmer è stato preso come gold standard. Esso fornisce direttamente

il valore della trasmittanza per le lunghezze d'onda nell'intervallo, scelto dall'operatore, che in questo caso va da 360 nm fino a 780 nm con step di 1 nm. Lo spettrofotometro Perkin Elmer ha tre sorgenti interne, in modo da poter garantire un'emissione stabile in tutte le lunghezze d'onda, che vanno dall'UV al visibile ed all'infrarosso.

Lo spettrofotometro Konica Minolta (fig. 4) misura l'irradianza o illuminamento, la cui unità di misura è W/m^2 per ogni lunghezza d'onda. Esso analizza le lunghezze d'onda comprese tra 360 nm e 780 nm con step di 1 nm. Lo spettrofotometro Konica Minolta non possiede una sorgente di luce interna e quindi è stata presa una sorgente luminosa allo Xeno, la cui emissione è sufficientemente costante in tutte le lunghezze d'onda del visibile.



Figura 4. Spettrofotometro Konica Minolta.

La raccolta dei dati per gli spettrofotometri Perkin Elmer e Konica Minolta è stata effettuata all'interno dell'INO a Firenze. Le lenti usate sono state fornite, gentilmente, dall'azienda Galileo.

Le misure spettrofotometriche sono state eseguite dallo stesso operatore su 12 filtri colorati. Le rilevazioni con lo spettrofotometro Perkin Elmer sono state effettuate nel laboratorio di fotometria ed illuminotecnica dell'INO con la luce ambientale accesa perché la lente viene inserita nello strumento ed è isolata dal contesto esterno. Per questo

strumento è stata fatta una misura per ogni lente, in quanto esso fornisce direttamente il valore di trasmittanza, come spiegato in precedenza. Le misure con lo spettrofotometro Konica Minolta sono state prese in una stanza completamente al buio, dovendo usare una sorgente esterna allo strumento (sorgente allo Xeno). Lo spettrofotometro Konica Minolta non calcola direttamente i risultati della trasmittanza, non avendo lo sdoppiatore di fascio, e per questo sono state eseguite tre misure a vuoto cioè senza lente (delle quali è stata fatta la media), e tre misure con ogni lente (delle quali si è ottenuta la media). La trasmittanza è stata ricavata dal rapporto di queste medie, usando la formula della trasmittanza che è il rapporto tra flusso emergente e quello incidente per tutte le lunghezze d'onda (formula in fig. 1).

Di seguito si mostrano i risultati del lavoro con i grafici di trasmittanza prodotti con i due spettrofotometri. Sono stati utilizzati grafici a dispersione. In questi grafici vengono inseriti i punti misurati e quindi si ottiene la curva di trasmittanza, cioè ogni punto ha come ascissa un valore di lunghezza d'onda e come ordinata il valore della trasmittanza percentuale misurato. In tutti i grafici sono state inserite le barre di errore, con intervallo di 20 nm, per le tre misure dello strumento IRSOO. Le barre di errore sono verticali e la loro altezza è pari a due deviazioni standard (una superiore ed una inferiore al valore medio). La deviazione standard indica l'errore che lo spettrofotometro IRSOO ha commesso nelle tre misure fatte. Le barre servono per verificare se, nei punti in cui le due curve (degli strumenti INO e IRSOO) si discostano, la curva dello strumento INO passa dentro le barre stesse, e ciò sarebbe indice di una maggiore accuratezza delle misure effettuate con lo spettrofotometro IRSOO.

In alcuni grafici le barre di errore sono piccole (quasi impercettibili), questo vuol dire che nelle varie misure lo spettrofotometro IRSOO è preciso perché commette un errore minimo ma, dal momento che le barre di errore sono strette, la curva dello strumento INO non passa entro esse. Laddove le curve si differenziano, quella IRSOO indica sempre valori di trasmittanza superiori a quelli dell'INO, ciò significa che lo strumento IRSOO commette un errore sistematico in eccesso. Questo porta a dire che lo strumento IRSOO è preciso (perché gli errori sono minimi tra le varie misure e lo dimostrano le barre di errore piccole) ma non accurato, perché i valori non sono sempre vicini a quello vero cioè quello dell'INO (gold standard).



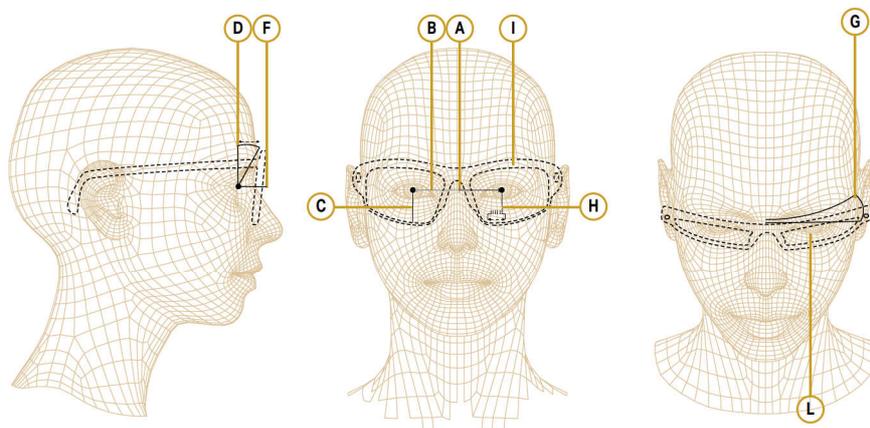
IMPERA

IMPERAPERFORMING

IMPERA Revolutionary lenses

Il processo **IMPERA PERFORMING®** genera il disegno della lente, nei vari materiali scelti, grazie ai **parametri** della ricetta, quelli **morfologici** del portatore incrociati con quelli della **montatura scelta**.

Una diligente indicazione dei valori sottoindicati permette a Filab di raggiungere risultati straordinariamente performanti.



IMPERA

IMPERAPERFORMING

#perunavitaaltop



Mani, Mente e Cuore Italiani

Made in Tuscany - www.filab.net

Seguici su  : Filab srl

Si mostrano alcuni dei 12 grafici ottenuti dalle varie misurazioni, perché gli altri presentano le stesse caratteristiche, in termini di andamento della trasmittanza, di quelli presi in considerazione e di seguito mostrati:

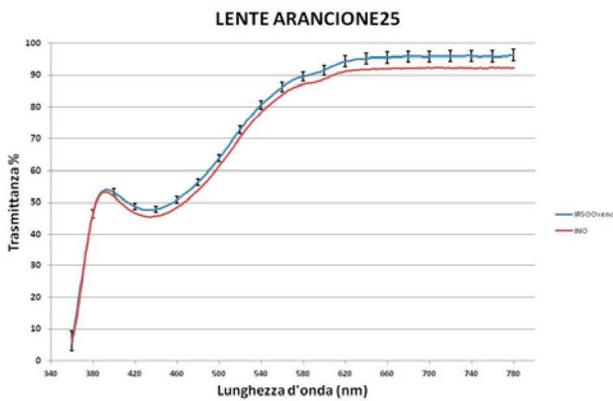


Figura 5. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente arancione 25%.

a tali valori. In entrambi i casi la curva INO non passa nelle barre di errore ed i valori dello strumento IRSOO sono superiori a quelli dell'altro.

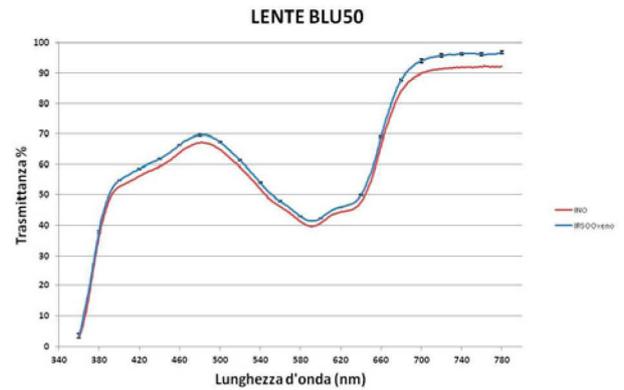


Figura 7. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente blu 50%.

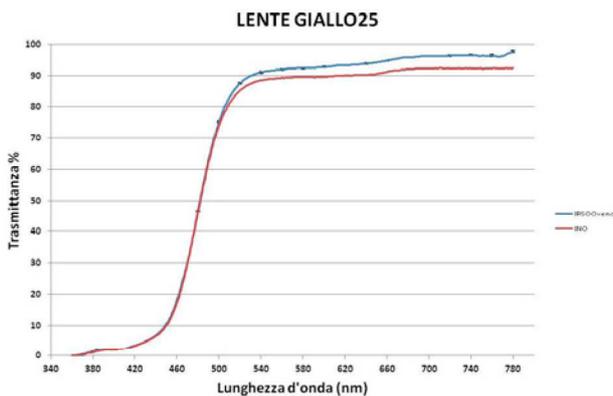


Figura 6. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente giallo 25%.

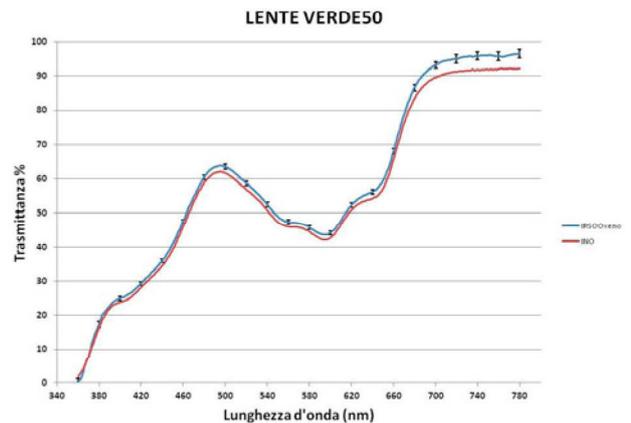


Figura 8. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente verde 50%.

Nelle figg. 5 e 6 si mostrano i grafici di trasmittanza rispettivamente della lente arancione (25%) e di quella di colore giallo (25%). Si nota che l'andamento delle curve dei due strumenti è identico. Le curve sono sovrapposte fino a 390 nm (per la lente arancione) e fino a 490 nm (per la lente gialla) per poi differenziarsi nelle lunghezze d'onda superiori

Nelle figg. 7 e 8 si illustrano le curve di trasmittanza rispettivamente della lente blu (50%) e di quella verde (50%). Si osserva che le due curve sono identiche fino a circa 380 nm per entrambe le lenti e poi si discostano per le successive lunghezze d'onda.

Per il range di lunghezze d'onda nel quale le curve si

discostano si può ripetere la considerazione delle figg. 5 e 6 e quindi si vede riconfermata la sovrastima dello strumento IRSOO.

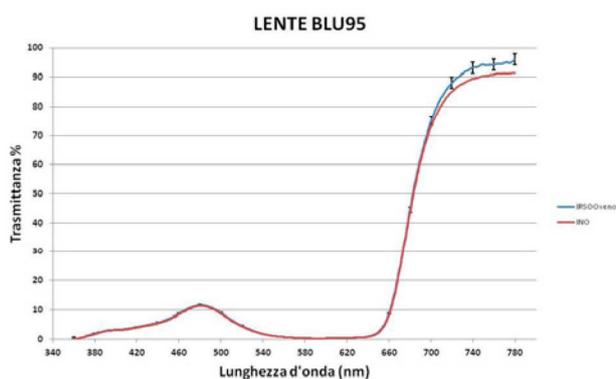


Figura 9. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente blu 95%.

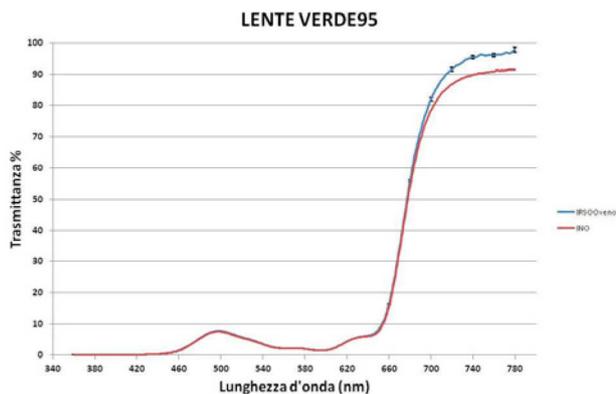


Figura 10. Grafico a dispersione della trasmittanza con la lente verde 95%.

Nelle figg. 9 e 10 si mostrano i grafici di due lenti al 95% di colorazione (lente blu e lente verde).

Le due curve di trasmittanza sono coincidenti per un più ampio intervallo di lunghezze d'onda (fino a circa 680 nm) per discostarsi solo nelle restanti; infatti lo spettrofotometro

IRSOO presenta valori superiori a quelli dello strumento INO solo nelle alte lunghezze d'onda.

I grafici precedentemente mostrati evidenziano già, in maniera abbastanza chiara, i risultati del lavoro.

Per una maggiore chiarezza dei dati, oltre a mostrare i grafici di trasmittanza delle varie lenti, sono stati calcolati i valori di τ_v (%), ovvero del fattore di trasmissione luminosa. La formula per calcolare questo fattore è riportata nella Normativa UNI-EN 1836.

Il fattore di trasmissione luminosa è un valore ottenuto dalla trasmittanza del filtro ponderata con la sensibilità dell'occhio e con la sorgente illuminante presa in considerazione.

Si riportano, di seguito, i valori del fattore di trasmissione luminosa calcolati per tutte le 12 lenti del presente studio.

Nella tab. A sono riportati i valori di τ_v per le lenti con colorazione al 25%, nella tab. B quelli delle lenti con colorazione al 50% e nella tab. C le lenti con colorazione al 95%.

I valori inseriti nelle tabelle sono stati anche disposti in un grafico ad istogrammi per avere un confronto più immediato (figg. 11, 12 e 13).

τ_v %	ARAN25	GIALLO25	ROSA25	VIOLA25
INO	79,65	84,98	75,93	71,07
IRSOO	82,21	87,58	78,66	74,05

Tabella A. Valore percentuale di τ_v , calcolato con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 25%.

Analizzando i dati delle tre tabelle si può dire che i due strumenti misurano un valore simile del fattore di trasmissione luminosa, con variazioni che vanno da 2,5% ÷ 3% circa per la tab. A, da 1,5% ÷ 2% circa per la tab. B e da 0,05% ÷ 2% per la tab. C.

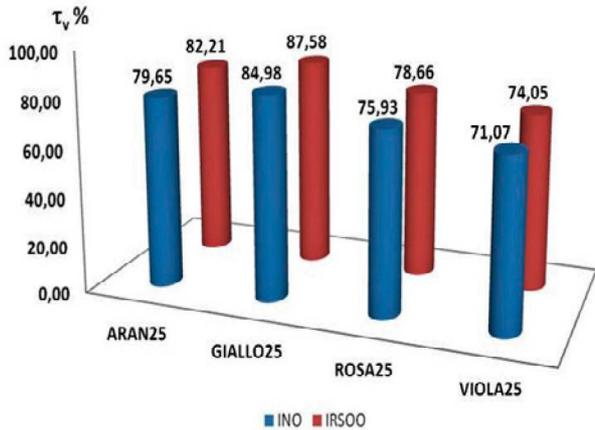


Figura 11. Istogramma dei valori di τ_v (%), calcolati con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 25%.

τ_v %	BLU50	GRIGIO50	MARR50	VERDE50
INO	50,19	51,99	50,59	50,09
IRSOO	52,17	53,48	52,52	51,66

Tabella B. Valore percentuale di τ_v calcolato con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 50%.



Figura 12. Istogramma dei valori di τ_v (%), calcolati con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 50%.

τ_v %	BLU95	GRIGIO95	MARR95	VERDE95
INO	2,51	3,11	3,03	3,83
IRSOO	2,62	3,34	2,96	3,95

Tabella C. Valore percentuale di τ_v calcolato con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 95%.

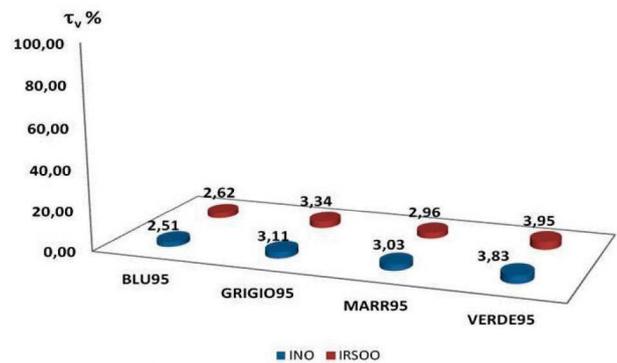


Figura 13. Istogramma dei valori di τ_v (%), calcolati con i due spettrofotometri, per le lenti con colorazione al 95%.

Lo scopo di questo lavoro di tesi era quello di verificare la comparabilità tra lo spettrofotometro Konica Minolta e lo spettrofotometro Perkin Elmer. In base ai risultati ottenuti si può affermare che lo spettrofotometro Konica Minolta, rispetto al gold standard (Perkin Elmer), non effettua misure accurate, a causa della sovrastima dei valori della trasmittanza in alcuni intervalli di lunghezze d'onda.

Come si può osservare dai grafici, le due curve (IRSOO e INO) di ciascuna lente assumono sempre una forma simile tra loro, anche se sono misurate con due strumenti diversi. In generale le curve sono sovrapposte in alcuni intervalli di lunghezze d'onda e si discostano in altri.

Per le lenti con colorazione al 25% gli spettri di trasmittanza sono sovrapposti solo nelle basse lunghezze d'onda per poi differenziarsi nelle restanti.

Per le lenti con colorazione al 50% si osserva che le curve sono tendenzialmente più vicine per le basse e medie lunghezze d'onda e si allontanano nelle alte lunghezze d'onda.

Infine, per quelle al 95% le due curve sono sovrapposte per tutte le lunghezze d'onda, tranne per le alte.

In quest'ultimo caso i valori sono simili, poiché si tratta di lenti molto scure che hanno un fattore di trasmittanza luminosa inferiore o uguale al 5% e quindi gli eventuali errori vengono ridotti a causa della bassa trasmittanza delle lenti.

Alla luce di questi dati possiamo concludere che lo spettrofotometro Konica Minolta non può essere usato come strumento utile per la certificazione delle lenti, ma può essere utile per avere una buona idea sull'andamento della trasmittanza di una lente nell'intervallo di lunghezze d'onda da 360 nm a 780 nm e per calcolare, in maniera quasi precisa, il valore di trasmissione luminosa, ovvero τ_v .

BIBLIOGRAFIA

- *American National Standard for Ophthalmics – Nonprescription Sunglasses and Fashion Eyewear, Requirements. ANSI Z80.3-1986, American National Standards Institute, New York.*
- *Moore L, Ferreira JT. Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses. Contact Lens & Anterior Eye 2006;29:115-122*
- *Normativa UNI-EN 1836. Protezione personale degli occhi. Occhiali da sole e filtri per la protezione contro le radiazioni solari per uso generale.*
- *Peterson RD, Pease PL, Stephens GL. A note on the accuracy of inexpensive Light Meters for Measuring Luminous Transmittance. Optometry and Vision Science 1994;71:638-639.*
- *Stephens GL, Pitts DG. Evaluation of the performance of Spectacle Lens "Transmittance Meters". Optometry and Vision Science 1994;71:220-225.*

LENTI PROGRESSIVE

In autunno due edizioni itineranti a Roma e a Milano



Le lenti oftalmiche progressive sono spesso un oggetto sconosciuto e molte domande rimangono senza una risposta certa. Quanto è largo il canale? Dove si trova esattamente

la zona per vicino? Quanto sono diverse le zone funzionali della lente X da quelle della lente Y?

Oltre a rispondere a queste domande, il percorso formativo

conduce a prendere in esame i più comuni problemi di adattamento, discutendone ed individuandone le cause. Progetto indispensabile a comprendere le norme essenziali per la selezione della lente appropriata in relazione alle necessità visive del paziente, ed a chiarire quali siano i punti strategici che possono aiutare a migliorare la tollerabilità e il comfort con gli occhiali multifocali.

Largo alla pratica! Come d'uso nei corsi IRSOO, grande spazio alla pratica, con esercitazioni su casi problematici e attività di rilevamento dei parametri soggettivi ed oggettivi.

Roma, 15-16 Settembre 2019. Milano, 6-7 Ottobre 2019.

Per info: www.irsoo.it – irsoo@irsoo.it