

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

FAREBNÉ OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY

Bakalárska práca

VYPRACOVALA:

Simona Ševčíková

odbor 5345R008 OPTOMETRIA

študijný rok: 2021/2022

Vedúci bakalárskej práce:

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

Čestné prehlásenie:

Prehlasujem, že som predloženú bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením RNDr. Jaroslava Wagnera, Ph.D. a za použitia literatúry uvedenej v závere.

V Olomouci dňa 2.5.2022

.....

podpis

Pod'akovanie:

Touto cestou by som sa chcela pod'akovať vedúcemu mojej bakalárskej práce RNDr. Jaroslavovi Wagnerovi, Ph.D. za profesionálny prístup, cenné rady a veľmi užitočné návrhy k vypracovaniu bakalárskej práce.

Tato práce byla podpořena projekty IGA PřF UP v Olomouci č. IGA_PrF_2021_012 a IGA_PrF_2022_010

Obsah

ÚVOD	5
1 SVETLO	6
1.1 Fotometrické veličiny.....	6
1.2 Spektrálna citlivosť ľudského oka	7
2 PROCES VIDENIA	8
2.1 Anatomická stavba sietnice.....	8
2.2 Fotochémia videnia	10
2.2.1 Adaptačné procesy.....	10
2.3 Zraková dráha.....	11
3 FAREBNÉ SPEKTRUM	12
3.1 Definícia farby	12
3.2 Farebné súradnice.....	13
3.3 Miešanie farieb.....	16
3.4 Teórie farebného videnia.....	17
4 FAREBNÉ OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY	19
4.1 Výrobný postup	19
4.2 Spektrálna priepustnosť farebných filtrov.....	20
4.3 Svetelná priepustnosť farebných filtrov	21
4.4 Popis vlastností vybraných farebných filtrov	24
4.5 Vplyv farebných filtrov na zrakové vnímanie	25
5 SLNEČNÉ OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY	27
5.1 Ochrana pred ultrafialovým žiarením	27
5.2 Oslnenie.....	28
5.2.1 Index oslnenia.....	29
5.2.2 Kategórie svetelnej priepustnosti farebných filtrov	29
6 VYUŽITIE FAREBNÝCH FILTROV	31
6.1 Farebné filtre pre šport	31
6.2 Hranové filtre	34
6.3 Farebné filtre a vizuálny stres	36
ZÁVER	37
POUŽITÉ ZDROJE	38
ZOZNAM PRÍLOH	41

ÚVOD

Ľudské oko po spracovaní dopadajúceho svetla získava potrebné informácie o prostredí, v ktorom sa človek pohybuje. Tieto informácie v nás vyvolávajú odlišné farebné odozvy. Pôsobenie svetla nie je v každom prípade vyhovujúce a to už vplyvom vnútorných alebo vonkajších faktorov. Je vhodné ho zmierňovať, tak aby bol výsledok, čo najviac užitočný pre každú oblasť, ktorá si to vyžaduje.

Farebné okuliarové šošovky predstavujú filtre, vďaka ktorým môžeme regulovať svetlo vstupujúce do oka. Ich výber sa uplatňuje v každodennom živote, či už sa jedná o voľnočasové aktivity alebo profesionálne športové aktivity, ktoré môžu byť v oboch prípadoch narušané nadmernou intenzitou slnečného žiarenia. Ich využitie nájdeme aj pri terapeutických činnostiach a to najmä u ľudí s nadmernou citlivosťou na svetlo alebo s poruchami čítania. V každom prípade sa výber farebných okuliarových šošoviek zakladá na subjektívnom pociť človeka.

Cieľom tejto bakalárskej práce je predstaviť základnú charakteristiku farieb a ich spracovanie zrakovým orgánom človeka s použitím farebných okuliarových šošoviek a bez použitia farebných okuliarových šošoviek. Zámerom práce je zhrnúť vlastnosti farebného filtra, ktoré sú podmienené procesom výroby. Charakterizovať pozitívne prínosy a ich následne možné použitie na konkrétne situácie, vzhľadom na individuálne potreby človeka.

1 SVETLO

„Pojem svetlo charakterizuje viditeľné žiarenie, ktoré je prehodnotené zrakovým orgánom pozorovateľa, podľa citlivosti oka k žiareniam rôznych vlnových dĺžok.“ [1] Rozmedzie viditeľného žiarenia sa pohybuje v intervale vlnových dĺžok od 400 nm do 760 nm a frekvenčných hodnôt od $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz do $7,7 \cdot 10^{14}$ Hz. [1, 2]

1.1 Fotometrické veličiny

Fotometria reprezentuje oblasť optiky, ktorá zahŕňa kvantitatívne veličiny elektromagnetického žiarenia prepočítané na citlivosť ľudského oka. Mieru pôsobenia na ľudské oko charakterizujú veličiny:

„**Svetelný tok (Φ)** vyjadruje prepočet žiarivého toku na ľudské zrkové vnímanie.“[3] V prípade vyjadrenia svetelného toku konkrétnej vlnovej dĺžky je označený ako spektrálny tok. Je základnou veličinou pre odvodenie ďalších fotometrických veličín. Fyzikálna merná jednotka je lumen [lm]. [3, 4]

„**Svietivosť (I)** popisuje veličinu, ktorá je pri konštantnom svetelnom toku vysvietená do jednotkového priestorového uhlu v danom smere.“ [3] Používa sa na popis bodových svetelných zdrojov. Fyzikálna merná jednotka je kandela [cd], patrí medzi základne jednotky sústavy SI. [3, 4]

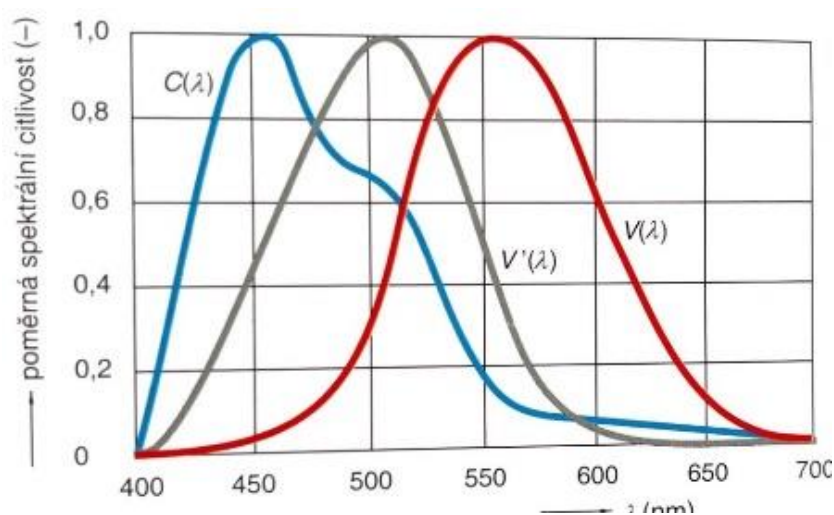
„**Svetlenie (M)** charakterizuje hustotu svetelného toku vychádzajúceho z jednotkovej plochy zdroja do celého polo priestoru bez určenia konkrétneho smeru.“ [3] Fyzikálna merná jednotka je $lm \cdot m^{-2}$. [4]

Jas (L) charakterizuje vplyv svietivosti kolmého prieniku plochy, plochy zdroja a uhlu dopadu svetla na plochu. Charakterizuje plošné svetelné zdroje. Fyzikálna merná jednotka je nit [nt], najčastejšie sa používa tvar $cd \cdot m^{-2}$. [3]

Osvetlenie (E) charakterizuje svetelný tok dopadajúci na jednotkovú plochu z daného smeru. Ak na plochu pôsobí osvetlenie z viacerých smerov výsledná hodnota je súčtom svetelných tokov. Fyzikálna merná jednotka je lux [lx]. [3]

1.2 Spektrálna citlivosť ľudského oka

Spektrálna citlivosť ľudského oka nie je u každého jedinca zhodná. Na základe tohto faktu bola v roku 1924 spektrálna citlivosť štandardizovaná medzinárodnou komisiou osvetľovania CIE (*International Commission on Illumination*) do dvoch kriviek. Krivky grafu popisujú pomernú svetelnú účinnosť žiarenia na ľudské oko za denných (V_λ) a nočných (V'_λ) podmienok, vid' obrázok č. 1. Jej priebeh je ovplyvnený adaptačným jasom, to znamená čím je hodnota jasu vyššia tým sa zvyšuje maximum vlnovej dĺžky. Maximum spektrálnej citlivosti oka je dosiahnuté počas dňa, a to pri vlnovej dĺžke 555 nm, hodnota jasu v tom prípade presahuje hodnotu $3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Subjektívne nameraná hodnota je daná pomerom k maximálnej štandardizovanej hodnote. Maximálna hodnota spektrálnej citlivosti oka v priebehu noci, kedy je aktívne čierno-biele videnie, dosahuje hodnotu vlnovej dĺžky 507 nm pri hodnote jasu $0,03 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Interval posunu spektrálnej citlivosti oka ku nižším vlnovým dĺžkam medzi dňom a nocou sa označuje ako Purkyňov jav. [1]



Obrázok č. 1: Pomerná spektrálna citlivosť oka. [1]

2 PROCES VIDENIA

Svetelné lúče prenikajú optickými prvkami oka, tie zabezpečujú ich lámanie a dopad na sietnicu oka, kde vzniká pozorovaný obraz. [5]

2.1 Anatomická stavba sietnice

Sietnica je priehl'adná, tenká vnútorná vrstva oka ružového sfarbenia. V dospelom veku je delená na 2 časti. Jedná sa o *pars caeca retinae* (slepá časť sietnice) a *pars optica retinae* (optická časť sietnice). Slepá časť sietnice je tvorená dvojvrstvovým epitelom a pokrýva vnútorný povrch riasnatého telieska a zadnú plochu dúhovky. V jej obsahu sa nenachádzajú nervové vlákna ani zmyslové bunky. Optická časť sietnice, je zodpovedná za zrakovú funkciu a pokrýva celý povrch cievnatky. Tvorí najdôležitejšiu časť oka. [6]

Na sietnici je situovaná *macula lutea* (žltá škvrna). V jej centre je umiestnená *fovea centralis* (centrálna jamka). Stred tvorí *foveola centralis* (centrálna jamôčka), ktorej obsahom sú čapíky. V tomto mieste leží vrchol optickej osy oka, kde je premietaný centrálny lúč, ktorý zodpovedá za najostrejšie videnie. *Papilla nervi optici* (slepá škvrna) je uložená mediálne na sietnici, je tvorená vystupujúcim zrakovým nervom. Taktiež je miestom, kde do sietnice vstupujú centrálné žily a tepny, ktorých funkcia je zásobná. V tomto mieste nenastáva zrakový vnem, kvôli absencii buniek citlivých na svetlo. Histologická stavba sietnice je tvorená z 10 vrstiev. Najhlbšiu vnútornú vrstvu sietnice tvoria fotoreceptory. Ich úlohou je premena svetla pomocou fotochemických procesov na nervový vzruch. Strednú vrstvu tvoria horizontálne, bipolárne a amakrinné nervové bunky. Tretia vnútorná vrstva je tvorená gangliovými bunkami, ktoré tvoria zrakový nerv. Ich vzájomné prepojenie je zabezpečené nervovými vláknami. [3, 6]

Sietnica obsahuje bunky, ktoré vykazujú citlivosť na svetlo, sú to fotoreceptory sietnice. Existujú 2 typy fotoreceptorov, tie sú tyčinky a čapíky. Štrukturálne sú zložené z vonkajšieho segmentu, ktorý obsahuje zrakový pigment a vnútorného segmentu, kde sa nachádzajú bunkové jadra a nervové vlákna. V tomto mieste sa uskutočňujú metabolické procesy. Vzájomne sa odlišujú charakteristickými vlastnosťami ako sú tvar, počet, rozmiestnenie a funkcia.

Čapíky sú aktívne za vyššej intenzity osvetlenia. Umožňujú zrakovú ostrosť a farebné videnie. Ich počet na sietnici sa pohybuje okolo 7 miliónov. Primárne sú

rozmiestnené v centrálnej jamke, v tejto časti sa nachádza asi 10% všetkých čapíkov. Ich hodnota smerom k žltej škvrne klesá. Celkový počet nie je podmienený zvyšujúcim sa vekom, to znamená, že je nemenný u zdravého jedinca. Čapíky obsahujú pigment jodopsín, ktorý sa delí na tri typy. Každý typ má rozličnú spektrálnu citlivosť. Dlhé vlnové dĺžky vnímajú čapíky typu L v rozsahu 500-700 nm. Čapíky typu M vnímajú stredné vlnové dĺžky v rozsahu 450-630 nm, obidva typy zodpovedajú za vnímanie svetlých a tmavých farieb. Krátke vlnové dĺžky prijímajú čapíky typu S v intervale 400-500 nm, ktoré zabezpečujú vnímanie farebného kontrastu. Dopadajúca intenzita a určitá vlnová dĺžka je čapíkom určená jedine v porovnaní s jedným ale viacerými čapíkmi iného typu. Hodnota vlnovej dĺžky, pri ktorej je dosiahnutá maximálna citlivosť 3 typov čapíkov, ktoré sú mozgom vnímané v prevedení červenej, zelenej a modrej farby:

R (maximálna citlivosť: 570 nm)

G (maximálna citlivosť: 535 nm)

B (maximálna citlivosť: 445 nm)

Tyčinky zabezpečujú zrkové vnímanie pri veľmi nízkej úrovni intenzity. Aktívne sa zapájajú pri nočnom videní, ktoré je v čiernobiely tón. Ich počet je približne 120 miliónov, vekom sa ich počet znižuje. Rozlišujeme jeden typ tyčinkového receptora, ktorého maximálna spektrálna odozva je pri 507 nm. Obsahom tyčiniek je pigment rodopsín, má červené sfarbenie, preto je nazývaný ako zrkový purpur. Ten je situovaný v periférnej štruktúre tyčiniek. Jeho zloženie tvoria zložky absorbujúce svetlo, aldehyd vitamínu A a bielkoviny opsínu. [3, 6, 7, 8]

2.2 Fotochémia videnia

Pri kontakte svetelnej energie s fotoreceptormi sietnice nastáva fotochemický dej, ktorý je iniciovaný absorpciou fotónov. Svetlo je premieňané fotochemickou reakciou na elektrický potenciál. Tento vzruch je ďalej prenášaný neurónmi až do kôry mozgu. Pigment rodopsín sa rozpadá po kontakte so žiarivou energiou na bezfarebnú bielkovinu opsín a karotenoid retinal. V tomto momente sa uvoľňuje elektrón, ktorý spustí elektrický potenciál. V tme nastáva resyntéza rodopsínu. [7]

2.2.1 Adaptačné procesy

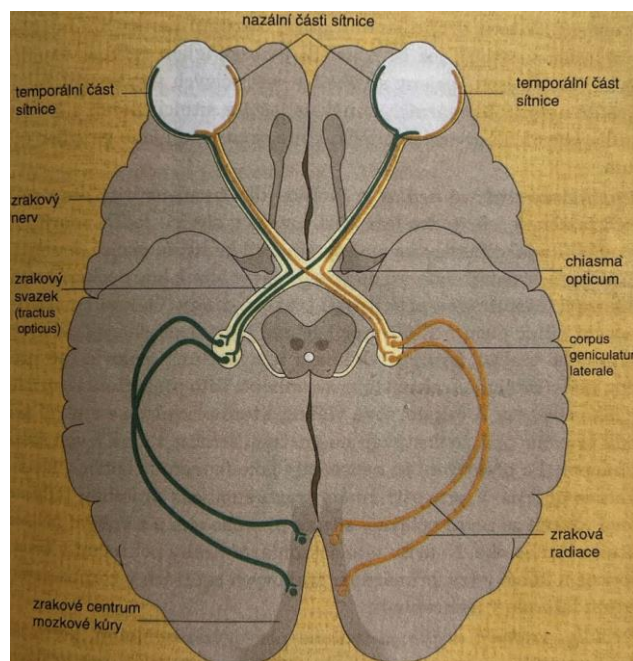
Popisujú schopnosť zrakového orgánu prispôbiť sa zmenám svetelných podmienok. Oko na zmeny reaguje zrenicovým reflexom, zmenou citlivosti fotoreceptorov, a tiež zmenou veľkosti vnemových poli sietnice. [5]

Adaptácia na tmu, v tomto prípade je potrebná adaptácia oka na nižšie úrovne jasu. Je nutná regenerácia fotopigmentov a zvýšená citlivosť oka na slabšie svetlo. V tme nastáva obnovenie rodopsínu. Tento proces môže trvať viac ako 25 minút. V tme oko nemôže rozoznať predmet, ktorého jas je menší ako absolútny prah jasu, ktorý dosahuje hodnotu $10^{-6} \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Skotopické videnie sa pokladá za videnie s nízkou ostrosťou asi 1/8 fotopického videnia. Adaptácia za tmy sa odvíja od rýchlosti zníženia intenzity osvetlenia, pri postupnom znižovaní intenzity oko stráca schopnosť vnímať detaily, farby, tvary a predmety. [3, 5, 7]

Adaptácia na svetlo nastáva zníženie citlivosti sietnice a dochádza k rozloženiu pigmentov fotoreceptorov, hlavne rodopsínu a z menšej časti jodopsínu. Jedná sa o rýchly proces, ktorý môže prebehnúť behom niekoľkých sekúnd. Adaptácia na svetlo je sprevádzaná stiahnutím zrenice oka a pri nadmernej intenzite privretím očných viečok. Počas adaptácie je zmenený kontrast farieb v zornom poli, ktorý je následne upravený. [3, 5, 7]

2.3 Zraková dráha

Podnet dopadajúci na sietnicu oka je sprostredkovaný prostredníctvom 4 vzájomne prepojených neurónov. Tri z neurónov sú situované na sietnici. Prvým neurónom sú fotoreceptory sietnice, tie obsahujú vodivé výbežky, ktoré zabezpečujú prepojenie s druhým typom neurónov. Bipolárne neuróny sú diferencované do dvoch skupín, jednotlivito sú určené pre prijímanie informácií tyčinkových a čapíkových fotoreceptorov. Ďalej vzruch prechádza do multipolárnych neurónov, tie predstavujú tretí typ. Tvoria vnútorný povrch sietnice. Spoločne vyúsťujú do vlastného zrakového nervu a tvoria papilu zrakového nervu. Ich funkcia je príjem vzruchu informácií z viacerých bipolárnych buniek. Zoskúpením vytvárajú *ganglion nervi optici*. Nastáva ich čiastočné kríženie v *chiasma opticum*, vid' obrázok č. 2. Pokračujú do *tractus opticus* pravej a ľavej strany. Ten sa po prechode delí na dve časti, silnejšia časť sa následne prepojuje so 4. typom neurónu. Ten vytvárajú neuróny v *nucleus corporis geniculati lateralis*. Ich nervové zakončenia prechádzajú *radiato optica* až do zrakového centra mozgovej kôry. [2]



Obrázok č. 2: Zraková dráha. [5]

3 FAREBNÉ SPEKTRUM

Farebné spektrum je zložené z monofrekvenčných svetiel, tieto svetla samostatne vzbudzujú určitý jednofarebný vnem, a tak sú označované ako monochromatické. Tvoria celok slnečného svetla, sú rovnakej intenzity a žiadne z nich nie je určené ako dominantné. Farebné vlastnosti svetiel popisuje chromaticnosť. Vztahuje sa na spektrálne zloženie zdroja svetla. Farebné vlastnosti predmetu sa označujú ako kolorita. Tá je zložená spektrálnym zložením zdroja, ktorý osvetľuje sledovaný predmet alebo prostredie, a tiež závisí od spektrálnej odrazivosti a priepustnosti materiálu predmetu. [1, 8]

3.1 Definícia farby

Farebný vnem je človekom pomenovaný prislúchajúcou farbou. Každá farba je vyjadrená pomocou farebných súradníc a charakterizovaná 3 kvalitatívnymi vlastnosťami, tie sú: farebný tón, sýtosť a jas.

Farebný tón označuje interval vlnových dĺžok svetla, ku ktorému prislúcha určitá farba, vid' tabuľka č. 1. Hovorí o farebnej odlišnosti spektrálnych tónov. Achromatické farby nemajú priradený farebný tón, sú to farby biela, šedá a čierna. [1]

Tabuľka č. 1: Znázornenie intervalov vlnových dĺžok k prislúchajúcim farbám. [1]

Farebný tón	Vlnová dĺžka (nm)
Červená	620-770
Oranžová	585-620
Žltá	575-585
Žltá - zelená	560-575
Zelená	500-560
Zelená - modrá	490-500
Modrá	465-490
Fialová	380-430

Sýtosť farby hovorí o čistote spektrálneho tónu. Spektrálnymi farbami sú označované farby, ktoré sú viditeľné po rozložení farebného spektra. Opakom sú nespektrálne alebo purpurové farby, ktoré vznikajú len v prípade spojenia krajných spektrálnych farieb, ktorými sú fialová a červená. Ďalej sa môžu farby rozdeliť na sýte, videná farba neobsahuje šedý tón a nenasýtené, takou sa farba stáva ak sa približuje bielej. Sýtosť spektrálnych farieb je rovná 1. Sýtosť čiernej, bielej a šedej farby je rovná 0. Radia sa medzi nepestré farby, ktoré sa rozlišujú len na základe intenzity svetelného toku alebo jas. [1]

Jas farby označuje intenzitu svetla dopadajúcu na sietnicu. Vyššia intenzita označuje jasnejšiu farbu a nižšia intenzita tmavšiu farbu. Jasnejšie farby sa približujú bielej a naopak menej jasné k čiernej farbe. [1]

3.2 Farebné súradnice

Trichromatická sústava sa radí k najpoužívanejším merným sústavám. Zakladá sa na kombinácii množstva trichromatických zložiek, označených x, y, z. Pomerom zložiek je možné vyvolať farebný vnem, ktorý bude zrovnateľný s farebným podnetom. Trichromatická sústava CIE pochádza z roku 1931, jej značnou výhodou je umožnenie matematického, fyzikálneho, ale aj psychofyzikálneho vyjadrenia. Uvedené označenia trichromatických zložiek sú obdobné 3 druhom čapíkov oka, viď obrázok č. 3. Zložky zodpovedajú základným farbám červenej, zelenej a modrej. Trichromatické členiteľa X a Y neobsahujú hodnotu jas, zodpovedajú teda za farebný tón a sýtosť farby. Členiteľ Z zodpovedá za obsiahnutý jas. Výpočet jednotlivých trichromatických zložiek je prevedený pomocou kolorimetrických koeficientov, tie predstavujú pomerné množstvo monochromatických svetiel. [1, 9]

Vzorec pre výpočet:

$$X = \int_0^{\infty} \varphi_{e\lambda}(\lambda) * \bar{x}(\lambda) * d\lambda$$

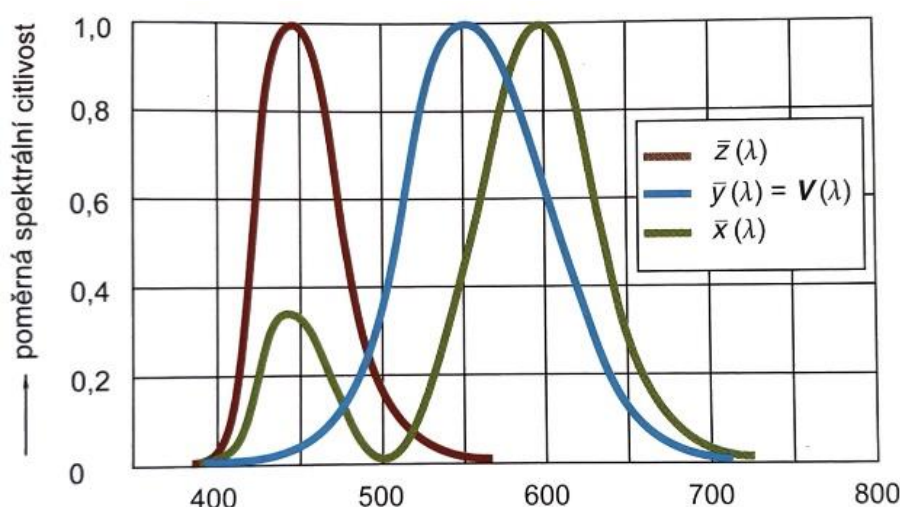
$$Y = \int_0^{\infty} \varphi_{e\lambda}(\lambda) * \bar{y}(\lambda) * d\lambda$$

$$Z = \int_0^{\infty} \varphi_{e\lambda}(\lambda) * \bar{z}(\lambda) * d\lambda$$

Je dané, že hodnota súčtu trichromatických súradníc x, y, z je rovná 1, preto pri zistení dvoch parametrov je tretí dopočítaný. Pomocou súradníc je možné vyjadriť jednotlivé spektrálne farby. [1, 9]

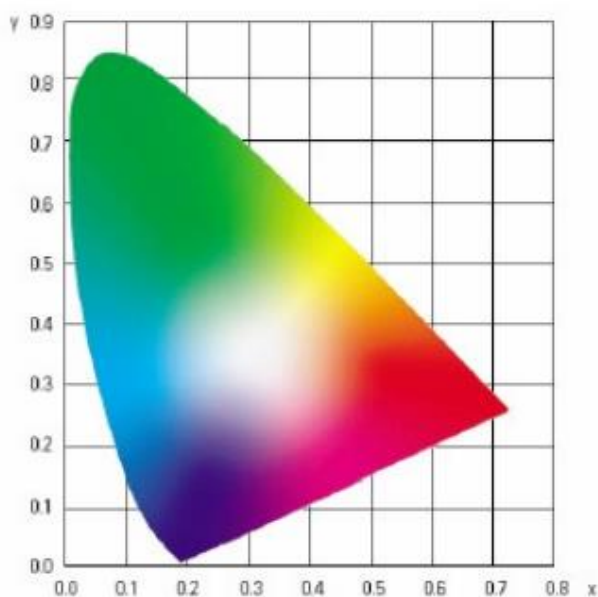
Vzorec pre výpočet:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, y = \frac{Y}{X + Y + Z}, z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$



Obrázok č. 3: Spektrálny priebeh kolorimetrických koeficientov trichromatickej sústavy XYZ. [1]

Po použití vyššie uvedených trichromatických súradníc vzniknú všetky spektrálne farby, ktoré vytvárajú farebný priestor. Tento priestor je nazývaný trichromatický trojuholník, vid' obrázok č. 4. Na jeho obode sú uložené farby vlnových dĺžok viditeľného spektra. Spojnicou vlnovej dĺžky modrej a červenej oblasti sa vytvára ucelený trojuholník. Na spojnici sú uložené nespektrálne purpurové farby. Obsah trichromatického trojuholníka tvoria všetky reálne farby viditeľného spektra. Každá farba s určenou vlnovou dĺžkou odpovedá súradniciam x, y . Rozloženie farieb v trojuholníku podľa rozličných súradníc je jasne rozlíšiteľné v oblasti zelenej, modrozelennej a žltוזelenej. Spektrálne súradnice v modrom okraji trichromatického trojuholníka sú veľmi podobné, takže aj menej rozlíšiteľné. [9]



Obrázok č. 4: Trichromatický trojuholník. [9]

Helmholtzové súradnice, ich princíp tvorí popis náhradnej vlnovej dĺžky, sýtosti farby a jas. Náhradná vlnová dĺžka je charakterizovaná kombináciou vlnovej dĺžky monochromatického svetla s určitým pomerom nepestrého bieleho svetla. Výsledkom je svetlo o rovnakej chromatičnosti ako hľadané svetlo. [10]

Určenie farby farebného podnetu je umožnené pomocou prístrojov, prostredníctvom nasledujúcich spôsobov:

Spektrofotometrický spôsob sa radí k základným najpresnejším metódam určenia farieb. Uskutočňuje sa pomocou spektrometru a monochromatov. Dochádza k vyhodnocovaniu spektrálnych vlastností farebného podnetu primárnych a sekundárnych zdrojov a ďalej sú dosadené do trichromatických súradníc. [1]

Porovnávacie kolorimetre ich princípom je zhoda farby 3 merných podnetov kolorimetra s farebným podnetom umiestneným v zornom poli. Meranie je sprevádzané odchýlkami, ktoré sú ale pre prax povolené. Existuje aj porovnávací spôsob kedy je farba porovnávaná s predurčenou vzorovou farbou. [1]

Fotometrujúce kolorimetre, sú zložené z 3 receptorov, ktoré sú schopné odmerať veličiny prislúchajúce trichromatickým súradniciam. Je to najrýchlejšia metóda. Presnosť ale závisí na postupe a kvalite receptorov a vyhodnocovacieho prvku. [1]

3.3 Miešanie farieb

Aditívne miešanie jeho podstatou je sčítanie jednotlivých svetelných tokov. Výsledkom je novo vzniknuté svetlo s väčšou intenzitou. Výsledne zložené spektrum je spracovateľné okom, kde sa opäť uplatňuje rozdelenie 3 typov fotoreceptorov čapíkov oka s rozličnou spektrálnou citlivosťou. Farby sa delia na primárne a sekundárne. Využíva sa systém RGB (Red-červená, Green-zelená, Blue-modrá), ktorého primárnymi farbami sú červená, zelená a modrá. Každá sekundárna farba je tvorená pomerom RGB. Aditívne miešanie môže prebiehať mimo ľudského oka, vtedy sa jedná o objektívne miešanie. Druhým typom je subjektívne miešanie, ktoré nastáva priamo na sietnici ľudského oka.

Aditívne miešanie farieb využíva farebný trojuholník RGB. Jeho prostredie je tvorené farebnou priestorovou sústavou XYZ. Jeho vrcholy sú tvorené základnými monochromatickými svetlami červenej, modrej a zelenej farby. Biela farba môže byť vytvorená rovnakým pomerom troch základných farieb s maximálnou intenzitou alebo určitým pomerom dvoch doplnkových farieb. Existencia negatívnych súčtov svetelných tokov dokazuje, že určité farebné vnemy existujú len teoreticky. [3, 9]

Obvod trojuholníka tvoria spektrálne farby, to neplatí pri purpurovej farbe. Približný stred trojuholníka tvorí biela farba. Ak chceme získať doplnkové farby, tie ležia na protiľahlých stranách trojuholníka ich spojnice musí prechádzať stredom trojuholníka, to znamená bielou farbou. Obvod trojuholníka tvoria sýte farby, ich spojnica s bielou farbou získame nesýte farby. [3, 8, 9]

Subtraktívne miešanie popisuje odčítanie monochromatických zložiek zo svetla. Farby individuálne absorbujú rozličné množstvo dopadajúceho spektra. Zvyšná časť, ktorá nie je absorbovaná sa odrazí a prienikom odrazených častí vzniká nová farba. Nastáva filtrovanie svetelných tokov vytvárajúcich biele svetlo. Využíva sa miešanie farieb podľa modelu CMY (C-cyan, M-magenta, Y-yellow). [3, 8, 9]

Za základné filtre sa pokladajú purpurová, azúrová a žltá. Ich kombináciu je možné vytvoriť všetky sekundárne farby. Dôsledkom nedokonalosti vytvoreného odtieňa čiernej farby sa do modelu pridáva samostatná čierna farba K, táto skutočnosť je využívaná predovšetkým v tlačiarňach. [3, 8, 9]



Obrázok č. 5: Aditívne a subtraktívne miešanie. [9]

3.4 Teórie farebného videnia

Ľudské oko dokáže identifikovať vlnové dĺžky viditeľného spektra, ktoré následne vyhodnotí v podobe farebných vnemov. Zdravý človek vníma okolo 150 farieb a 2000 farebných odtieňov viditeľného spektra. Farebné vnemy sú vytvorené stimuláciou spektrálnej odozvy čapíkov. V prípade odozvy všetkých 3 čapíkov vznikajú nové odtiene, ktoré sú pomerom základných farieb. V určitých prípadoch nastáva, že dve rozlične zložené spektrá môžu vyvolať rovnakou spektrálnou odozvou zhodný farebný vnem. Ako prebieha vnímanie farieb na úrovni fotoreceptorov sietnice popisujú nasledujúce teórie. [5, 11]

Trichromatická teória farebného videnia

Na teórii sa primárne podieľali dvaja vedci Thomas Young a Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz. Svoje tvrdenia vyhodnotili každý samostatne a v iných časových intervaloch. Významná interpretácia pochádza z roku 1802. Teória označuje tri typy fotoreceptívnych buniek oka, ku každému typu je priradený interval, na ktorý vykazuje rovnomernú citlivosť. Pokiaľ sa podráždil jeden z nich oko vnímalo jednu farbu. V prípade podráždenia všetkých typov vznikla biela až šedá farba. Ak na fotoreceptory sietnice nepôsobil žiadny stimul farebný vnem bol čierny. Vedec H. Helmholtz sa s touto skutočnosťou nestotožňoval. On predpokladal, že spektrálne citlivosť fotoreceptorov je nerovnomerná na intervaly vlnových dĺžok s rozličným maximom odozvy pre každý typ. [3, 12]

Teória proti farieb

Podľa Ewalda Heringa farby vyššie uvedenej teórie vytvárajú len prechodové stupne medzi základnými farbami. Teória proti farieb popisuje vznik farieb novej kvality. Farebné páry, ktoré pôsobia na horizontálne bunky sietnice sa delia na aktivačné a utlmujúce. Dvojice farieb tvoria červená a zelená, žltá a modrá, čierna a biela. Dvojicu farieb nie je možné vidieť naraz. Primárne dochádza k aktivácii receptora príslušnou farbou, na ktorú je receptor citlivý a v opačnom prípade k jeho utlmeniu protikladnou farbou. Vnem bielej a čiernej farby je vytvorený tyčinkami sietnice. [3, 12, 13]

Teória zón

Teória sa delí na viacero zón postupne prepojených. Prvá z nich sa riadi Helmholtzovou teóriou, poukazuje na prítomnosť 3 fotoreceptorov na sietnici oka. Táto zóna ďalej prechádza do zóny číslo 2, tá sa zakladá na Heringovej teórii. Nastáva prechod signálu a jeho spracovanie gangliovými bunkami sietnice oka. V tomto prípade sú informácie z fotoreceptorov delené na dva farebné signály a jeden signál jas. Po prechode zónou 2 je signál ďalej spracovaný a vyhodnotený v zrakovom centre mozgu. [3, 13]

4 FAREBNÉ OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY

Aktuálna ponuka farebných okuliarových šošoviek umožňuje výrobu akéhokoľvek farebného odtieňu. Vybraný odtieň vzniká subtraktívnym miešaním primárnych pigmentov farieb modrej, žltej a červenej. Tie sa radia k pigmentom s najväčším absorpčným pásmom. Odtieň zodpovedá za regulovanie vstupujúceho svetla do oka. [14, 15]

4.1 Výrobný postup

Farbenie optických skiel je možné uskutočniť dvoma spôsobmi. Prvý spôsob je vytvorenie pevného farbiva. Toto farbivo je zložené zmiešaním farby a monoméru a následne je zahájený začiatok polymerácie materiálu. Postup je používaný predovšetkým pri minerálnom materiáli šošovky. V tomto prípade je aj znížený výber z odtieňov, konkrétne sú používané odtiene hnedej a šedej farby.

Druhý postup je založený na nanášaní farebnej vrstvy na leštený alebo lakovaný povrch šošovky. Tento typ postupu pracuje s chemickou farebnou tekutinou. Dochádza k difúzii farebného pigmentu do molekulárnej štruktúry materiálu. Farebná tekutina je nahriatá na stálu teplotu od 90 °C do 95°C. Šošovka určená na tónovanie je pred začatím procesu predhriatá a následne ponorená do farebnej tekutiny. Doba, počas ktorej je šošovka ponorená, určuje stupeň zafarbenia. Odvíja sa aj od materiálu šošovky, indexu lomu a namiešaného odtieňu farby. Štandardne je doba pôsobenia od 1 minúty do 2 hodín. Po vytiahnutí musí byť tónovaná šošovka zneutralizovaná, väčšinou vo vode so saponátom nahriatej na teplotu 95 °C. Výsledný produkt je pre kontrolu porovnaný so vzorovým produktom. Tento spôsob je určený pre materiály šošoviek CR 39, trivex, polykarbonát a vysokoindexové šošovky. V prípade polykarbonatových šošoviek s vysokým indexom sa farba nanáša na vytvrdenú vrstvu zadnej plochy šošovky, ktorej chemické zloženie zodpovedá za vzniknutý odtieň.

Rozličným zafarbením plochy šošovky vznikajú gradálne farebné šošovky. V tomto prípade sa vyskytuje viacero intenzít zafarbenia na jednej ploche. Odtieň určuje svetelnú priepustnosť v daných bodoch. Tá môže byť lineárne prechodná od 0 % do 100 % s postupnými prechodmi, ale aj nelineárne prechodná so skokovými prechodmi medzi percentuálnymi hodnotami. Postup farbenia sa vykonáva pomocou stroja, ktorý po určitej dobe postupne vyťahuje šošovku z farbiva. [15, 16]

4.2 Spektrálna priepustnosť farebných filtrov

Predstavuje hlavnú funkciu farebných okuliarových šošoviek. Po dopade svetla na povrch filtra nastáva odraz, absorpcia a následná priepustnosť svetelných lúčov. Odraz svetla závisí od uhlu dopadu, vlnovej dĺžky a indexu lomu prostredia. Nastáva pri každom prechode cez médium a v prípade filtračných skiel na prednej aj zadnej ploche hrany. Absorpcia sa odvíja od vlnovej dĺžky vo filtračnom skle. Dôležitým faktorom absorpcie je materiál filtračného skla. Vzájomným účinkom vzniká spektrálna priepustnosť ($\tau(\lambda)$). Tá označuje aké časti viditeľného spektra, ale aj okom neviditeľného spektra je farebná okuliarová šošovka schopná prepustiť. [17]

Meranie spektrálnej priepustnosti je prevádzané pomocou spektrometra, vid' obrázok č. 6. Ten sa zakladá na meraní vlastnosti optického materiálu absorbujúceho elektromagnetické žiarenie. Prostredníctvom svetelnej výbojky, svetlo o rôznych vlnových dĺžkach prechádza cez meranú šošovku. Svetlo ďalej prechádza disperzným hranolom a rozkladá sa do jednotlivých zložiek spektra. Tieto zložky dopadajú na detektory, ktoré následne graficky vyhodnocujú prijaté hodnoty. [18]



Obrázok č. 6: Spektrometer, prístroj na meranie spektrálnej priepustnosti optických prvkov.

4.3 Svetelná priepustnosť farebných filtrov

Charakterizuje aké percento pôvodne pôsobiaceho svetla prejde do oka za použitia filtra. Tento výpočet sa používa hlavne pre zistenie vhodnosti používania na riadenie automobilu. Výpočet sa prevádza pomocou matematického vzorca, ktorý sa skladá z nasledovných veličín. Hodnota svetla vstupujúceho do oka bez použitia filtra. Štandardom je denné osvetlenie o teplote chromatičnosti 6 500 K (D 65), s označením S_{D65} . Ďalej je potrebná hodnota relatívnej citlivosti oka $V(\lambda)$, tá zahŕňa priepustnosťou elementov oka a citlivosť fotoreceptorov. Táto hodnota je tabuľkovo daná. Uvedené hodnoty sú vynásobené spektrálnou priepustnosťou filtra $\tau(\lambda)$. Tvorí čitateľa matematického vzorca, označenie τ_{SF} . V menovateli sú dosadené rovnaké hodnoty s výnimkou vynásobenia spektrálnej priepustnosti filtra, označenie τ_{BF} . Vzniknutá hodnota uvádza svetelnú priepustnosť v %. [17]

Vzorec pre výpočet:

Spektrálna priepustnosť s použitým filtrom:

$$\tau_{SF} = \int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda$$

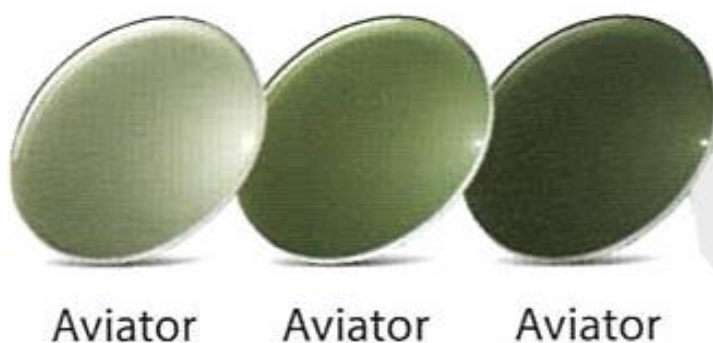
Spektrálna priepustnosť bez použitia filtra:

$$\tau_{BF} = \int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda$$

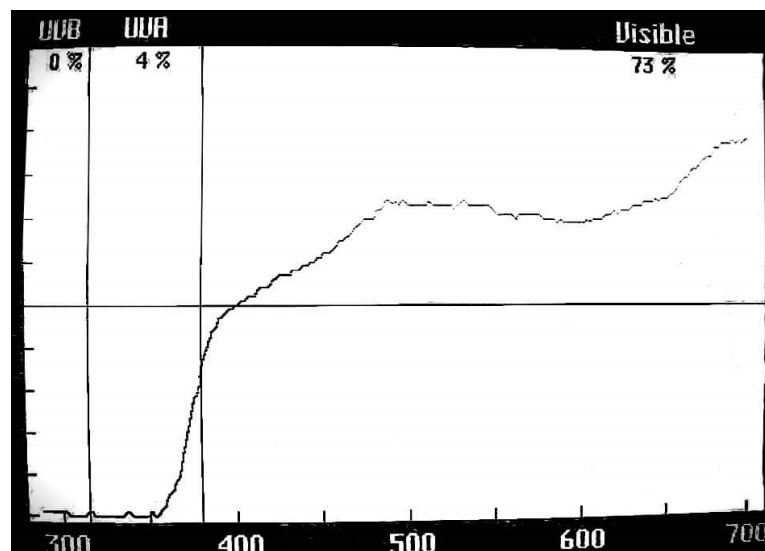
Svetelná priepustnosť :

$$\tau_v = \frac{\tau_{SF}}{\tau_{BF}}$$

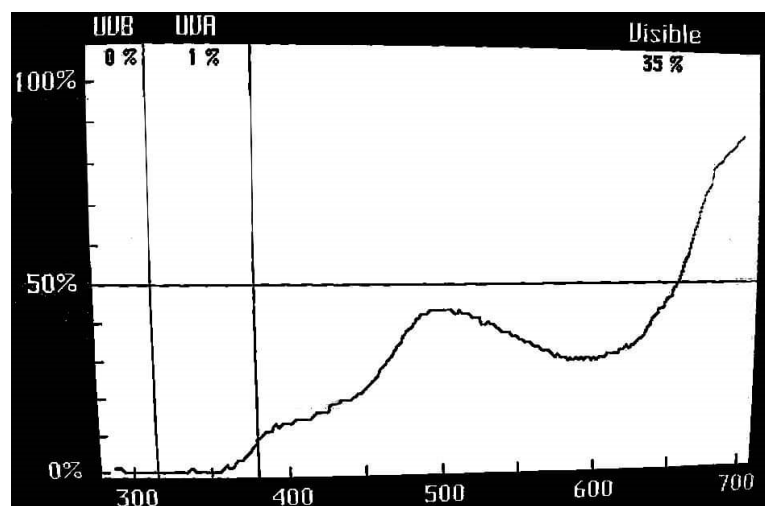
Na obrázkoch je znázornený grafický priebeh spektrálnej priepustnosti farebných filtrov od firmy Optika Čivice. Vzájomne sa líšia v stupni tónovania, konkrétne hodnoty sú 25 %, 60 % a 75 %. Graf popisuje na osy X rozsah vlnových dĺžok ultrafialového žiarenia a viditeľného žiarenia. Hodnoty na osy Y znázorňujú percenta priepustnosti. Z grafov je zrejme, že percentuálna priepustnosť vlnových dĺžok s vyšším percentom tónovania farebného filtra sa znižuje. [19]



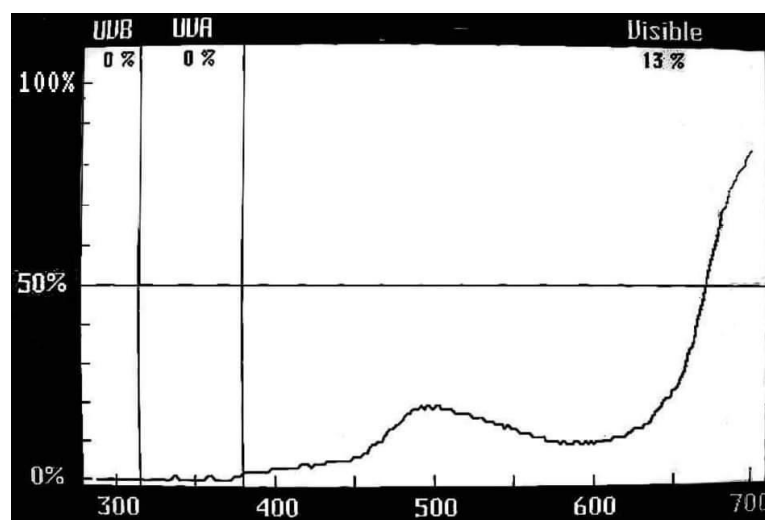
Obrázok č. 7: Farebné filtre Optika Čivice. [19]



Graf č. 1: Spektrálna priepustnosť farbeného filtra s tónovaním 25 %



Graf č. 2: Spektrálna priepustnosť farebného filtra s tónovaním 60 %.



Graf č. 3: Spektrálna priepustnosť farebného filtra s tónovaním 75 %.

4.4 Popis vlastností vybraných farebných filtrov

Šedý filter sa vyznačuje rovnomerne zníženou priepustnosťou v celom viditeľnom spektre vlnových dĺžok. Zaraďuje sa do skupiny neutrálnych filtrov. Je zložený z pomer troch základných farieb, preto nedochádza ku skresleniu farieb. Jeho pôsobením je absorpcia vlnových dĺžok rovnomerná, tým je ale znížená celková zrková ostrosť. Redukuje nadmerné hodnoty oslnenia, a tak je vhodný aj pre ľudí citlivých na svetlo.

Žltý filter do procesu jeho výroby sa pridávajú oxidy síry alebo chrómu. Zabezpečuje filtráciu ultrafialového žiarenia a modrej oblasti viditeľného spektra. Po predložení je zvýšený kontrast zorného poľa, ten je zvýšený elimináciou modrej zložky svetla. Modrá zložka údajne spôsobuje rozptyl svetla v očnom prostredí a následne oslnenie oka, filtráciou je zvýšená zrková ostrosť. Používa sa u ľudí so zníženou citlivosťou na svetlo. Nevýhodou je skreslenie farieb.

Modrý filter pri výrobe je použité nízke percento kobaltu. Je charakteristický priepustnosťou ultrafialového žiarenia a modrej oblasti, preto nie je odporúčaný na vonkajšie použitie. Jeho absorpcia nastáva v oblasti žltej a oranžovej vlnovej dĺžky, čo predstavuje výhodu pre ľudí citlivých na svetlo.

Zelený filter k výrobnému procesu sú pridané oxidy železa. Filter prepúšťa vlnové dĺžky zelenej, žltej, oranžovej a červenej oblasti. Z časti absorbuje modrofialovú oblasť. Má dostatočnú ochranu proti ultrafialovému žiareniu a infračervenému žiareniu. Vytvára zvýšený kontrast a nespôsobuje skresľovanie farieb. Pri nosení zeleného filtra je znížená očná únava spôsobená jasným oslňujúcim zdrojom.

Červený filter jeho farebné prevedenie je získané pridaním selénu. Absorbuje modrú a modrozelenú oblasť. Vzniká veľmi vysoký kontrast, tým je zvýšená hĺbka ostrosti a zlepšuje sa odhad vzdialenosti. Nevýhodou je výrazné skreslenie farieb. Nenasýtenú podobu červenej tvorí ružový filter. Ten absorbuje obsah ultrafialovej a modrej oblasti. Využíva sa pri neurologických ochoreniach.

Hnedý filter poskytuje ochranu do 400 nm. Jeho spektrálny priebeh má zvýšenú priepustnosť v oblasti modrej, zelenej a červenej, čo má za následok zvýraznenie kontrastu uvedených farieb.

Jantárový filter pri výrobe je použitý prvok síry a železa. Má fluorescenčné vlastnosti, ktoré zvyrazňujú kontrast aj malých podnetov v zornom poli. Používaný je u vodičov, hlavne v noci má zosvetľujúce účinky, čo znižuje únavu oka.

Oranžový filter zabezpečuje priepustnosť svetla rovnakého zafarbenia ako má filter. Znížená je oblasť modrej a zelenej oblasti, tým je zvýšený kontrast. [20]

4.5 Vplyv farebných filtrov na zrakové vnímanie

Farebné filtre zapríčiňujú zmenu pôvodne pôsobiaceho spektrálneho zloženia svetla na zrakové vnímanie. Tento účinok vzhľadom k sietnici ľudského oka predstavuje 4 pozorovateľné zmeny. [21]

V prvom prípade je zmena svetelnej priepustnosti, tá je zapríčinená už spomenutou zmenou spektrálnych vlastností svetla. Mení sa celková intenzita vstupujúceho svetla do oka. [21]

V druhom prípade sa farebné filtre vyznačujú nerovnomernou priepustnosťou vlnových dĺžok. Absorbovaním vybraných vlnových dĺžok prostredníctvom filtra dochádza k posunu farebnej škály videnia. Pri sledovaní rovnakého podnetu je spektrálna odozva fotoreceptorov bez použitia filtra štandardná, v porovnaní so spektrálnou odozvou za použitia filtra nastáva vplyvom vlastností filtra jej obmedzenie. V určitých prípadoch môže nastať, že fotoreceptory nebudú vôbec exponované vlnovým dĺžkam. Napríklad odfiltrovaním modrej zložky spektra sa videná farba posúva k vyšším vlnovým dĺžkam k žltej, oranžovej oblasti, takže nastáva stimulácia fotoreceptorov čapíkov typu M a L. [21, 22]

V treťom prípade nastáva redukcia gamutu. *Gamut* je označenie pre súbor všetkých farieb vo farebnom priestore, ktorý je možné vytvoriť prostredníctvom určitého výstupného zariadenia. Za použitia filtra nastáva jeho redukcia, ktorá sa rovná len určitej percentuálnej časti pôvodného obsahu farebného priestoru. Použitím filtra nastáva zmena polohy farebných súradníc predmetov v gamute. Čím väčšia je vzdialenosť medzi bodom pozorovaným s filtrom a bez filtra vo farebnom priestore, tým je väčšia miera farebného posunu. [8, 21, 23]

V poslednom prípade je známy vplyv farebných filtrov na aktiváciu melanopsínu a to pri odfiltrovaní nižších vlnových dĺžok. Najvyššia spektrálna citlivosť

melanopsínu ($C_{(\lambda)}$) sa nachádza v modrej oblasti viditeľného spektra, vid' obrázok č. 1, str. 7. Použitím filtra vhodnej spektrálnej priepustnosti sa redukuje priepustnosť stimulačných vlnových dĺžok, a tým sa znižujú nežiadúce účinky nadmerného pôsobenia.

[21]

5 SLNEČNÉ OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY

Farebné okuliarové šošovky sú predovšetkým vyhľadávané v podaní slnečných okuliarov. Prvé ustanovené normy o slnečných okuliarov na všeobecné použitie boli prijaté v Austrálii v roku 1971, dovtedy boli priradované k ochranným pracovným okuliárom. V Európe sú slnečné okuliare pokladané za osobné ochranné prostriedky a musia vyhovovať najnovšej norme. Hlavným kritériom pre výber je dostatočná ochrana pred ultrafialovým žiarením a ochrana pred oslnením. [23, 24]

5.1 Ochrana pred ultrafialovým žiarením

Podľa vplyvu na ľudský faktor je ultrafialové žiarenie delené na 3 typy s rozmedzím vlnových dĺžok typu A 315- 400 nm, typu B 280 nm-315 nm a typu C 200-280 nm. Ultrafialové žiarenie typu B a C je absorbované atmosférou. Ultrafialové žiarenie typu A predstavuje slnečné žiarenie do hodnoty 400 nm. Množstvo pôsobenia v priebehu jednotlivých činností je ťažké odhadnúť. Intenzita žiarenia sa zvyšuje odrazom od vodných, zasnežených alebo pieskových plôch. [25]

Rohovka ľudského oka je schopná odfiltrovať ultrafialové žiarenie do 300 nm. Šošovka oka absorbuje vlnové dĺžky do 400 nm. Celková dlhodobá expozícia ultrafialovému žiareniu je pre človeka ohrozujúca, najmä pre kožu a oči. V prípade očí dochádza k dráždeniu epitelu rohovky, čo má za následok bolestivé stavy, ktoré sú v správny čas liečiteľné. Žiarenie môže spôsobiť napríklad patologické zmeny oka v podobe zápalových ochorení spojivky a rohovky, až poškodenie sietnice. Akú ochranu poskytujú slnečné okuliare je možné zistiť prostredníctvom grafu spektrálnej priepustnosti farebných filtrov. [2, 5, 25]

5.2 Oslnenie

„Ak sa v zornom poli oka vyskytujú príliš veľké jasy alebo ich rozdiely alebo ak vzniknú veľké priestorové a časové kontrasty jasov, ktoré výrazne prekračujú medze adaptability zraku, vzniká oslnenie.“ [1] Proces videnia sa mení na zrakovú nepohodu. Svetelná informácia nemôže byť správne spracovaná v jednotlivých štruktúrach oka. Podľa polohy v zornom poli je známe delenie oslnenia:

Absolútne oslnenie je spôsobené nadmerným až kritickým množstvom jasov svetelných zdrojov, či už sa jedná o primárne alebo sekundárne zdroje. Hodnota absolútneho oslnenia prevyšuje jas prirodzeného osvetlenia počas dňa.

Odrazové oslnenie je spôsobené odrazom svetelných zdrojov na lesklých povrchoch pozorovaných predmetov alebo okolia.

Prechodové oslnenie je spôsobené neschopnosťou oka dostatočne rýchlo zareagovať na prechod medzi rozdielom podmienok jasov v zornom poli. Postupnou adaptáciou oka sa oslnenie znižuje.

Závojové oslnenie je spôsobené prostredím, ktoré sa nachádza medzi pozorovateľom a zorným poľom. Príčinou môže byť menej priehľadné prostredie s vyšším jasom alebo prostredie jemnej štruktúry, napríklad hmla, záclona.

Kontrastné oslnenie je spôsobené veľkým rozdielom jasov v zornom poli. Tento typ je možné rozdeliť do dvoch skupín na psychologické a fyziologické oslnenie. V prípade psychologického oslnenia, nie je možné zmerať mieru oslnenia zrakových funkcií. Zakladá sa na psychologických pocitoch, tie sú spôsobené nadmerne osľňujúcim zdrojom v zornom poli.

Delí sa do dvoch typov. Slabší stupeň je oslnenie pozorovateľné a vyšší stupeň je oslnenie rušivé. V prípade fyziologického oslnenia, je možné odmerať mieru pôsobenia na zrakové funkcie. Pokiaľ nastáva obmedzujúce oslnenie dochádza k zníženiu zrakovej ostrosti a kontrastnej citlivosti. To zapríčiňuje, že osvetľovaná časť alebo okolitá časť sietnice dosiahne zníženú citlivosť. Miera oslnenia môže dosiahnuť až oslepujúci efekt. Tento efekt je zapríčinený vybielením nadmerného množstva fotoreceptorov sietnice, môže pretrvávať niekoľko sekúnd, kým sa pigment neobnoví. [1, 3, 26]

5.2.1 Index oslnenia

Mieru oslnenia je možné vypočítať pomocou vzorca indexu oslnenia (G), nižšie uvedený vzorec sa vzťahuje k výpočtu oslnenia spôsobujúceho jedným zdrojom. Index lomu je stanovený označením UGR, to predstavuje jednotné tabuľkové hodnotenie podľa CIE. Ten závisí na najvyššej hodnote jasu osľňujúceho zdroja (L_z) a priestorového uhla (Ω), tento uhol je určený polohou, z ktorej je vidieť zdroj oslnenia. Ďalej jasom pozadia za osľňujúcim zdrojom (L_p) a činiteľom, ktorý predstavuje charakteristiku vplyvu polohy osľňujúceho zdroja (P). [1]

Vzorec pre výpočet:

$$G = \frac{L_z^a * \Omega^b}{L_p^c * P^d}$$

V prípade skúmania účinku farebných filtrov na zníženie oslnenia bol uskutočnený výskum. Vo výskume boli použité neutrálne zafarbené okuliarové filtre, nižšej kategórie svetelnej priepustnosti. Pracovníci pozorovali zmeny v redukcii oslnenia a tak sa skúmala súvislosť redukcie oslnenia objektov a pozadia spolu s prípadnou zmenou ich vzájomného kontrastu. Bol prevedený matematický výpočet pomocou kontrastu podľa Webera. Do rovnice bola ku každému kontrastu doplnená svetelná priepustnosť, ktorá bola v každom prípade rovnaká. Po výpočte bolo zrejmé, že kontrast je totožný s použitím filtra aj bez neho. Tento výskum sa vzťahuje len na neutrálne filtre, ktoré výrazne nemenia spektrálne zloženie. [26]

5.2.2 Kategórie svetelnej priepustnosti farebných filtrov

Charakteristickou vlastnosťou farebných okuliarových filtrov je zníženie pôsobenia svetelnej intenzity. Podľa európskej normy sú farebné okuliarové filtre rozdelené do 5 kategórií, vid' tabuľka č. 2. Farebné skla v závislosti od kategórie majú rozličný stupeň tónovania, a tým aj mieru ochrany. Kategórie filtrov číslo 0 a 1 nie sú vhodné pri vysokej intenzite svetla, majú skôr estetický účinok. Kategórie číslo 2 a 3 sú vhodné pre ochranu pred priamym slnkom. Kategória číslo 4 je vhodná do vysokohorských oblastí pri veľmi veľkej intenzite osvetlenia, táto kategória je zakázaná pri riadení automobilov. [27]

Používanie slnečných filtrov nie je odporúčané pri šoférovaní za šera a v noci u kategórií s priepustnosťou nižšou ako 75 %. Je vhodné zložiť slnečné okuliare z očí. Vodiči majú následne oči lepšie adaptované na nižšie úrovne jasů. [27]

Tabuľka č. 2: Svetelná priepustnosť farebných okuliarových filtrov. [15]

Kategórie filtrov	Popis stupňa zafarbenia filtru	Rozsah svetelnej priepustnosti	
		nad %	do %
0	Číry alebo veľmi svetlý	80	100
1	Svetlý	43	80
2	Stredne farebný	18	43
3	Tmavý	8	18
4	Silné zatmavenie	3	8

6 VYUŽITIE FAREBNÝCH FILTROV

Rozličné situácie si vyžadujú rozličné zafarbenie. Farebné prevedenia pôsobia, primárne na naše zrkové vnímanie a tiež vytvárajú ochrannú bariéru pre oči.

6.1 Farebné filtre pre šport

Využitie farebných filtrov má svoje uplatnenie pri športových aktivitách. Väčšina profesionálnych, ale aj neprofesionálnych športovcov vyžaduje detailné vnímanie významných predmetov športu, napríklad zvýraznenie vzdialeného cieľa, hracích loptičiek alebo kontúr hracích plôch. Na základe toho je potrebné zvýšiť kontrast dôležitých cieľov oproti pozadiu. To je možné zabezpečiť farebnými filterami. [28]

Výber filteru závisí na svetelných podmienkach interiéru alebo exteriéru, preto je potrebné akceptovať percentuálnu hodnotu svetelnej priepustnosti tónovaných skiel. Na základe odporúčaní firmy Essilor, je pri zníženej vonkajšej viditeľnosti alebo v interiéri vhodný žltý filter. Pri zväčšenej oblačnosti oranžový filter. Pri slnečnom počasí hnedý, zelený alebo šedý filter. Funkčné vlastnosti filtrov sú zhodné s už uvedeným popisom filtrov. Katalógy firiem v rámci svojho obsahu zahŕňajú odporúčania farebných filtrov k aktivitám, vid' tabuľka č. 3. [29]

Tabuľka č.3: Športové aktivity. [28]

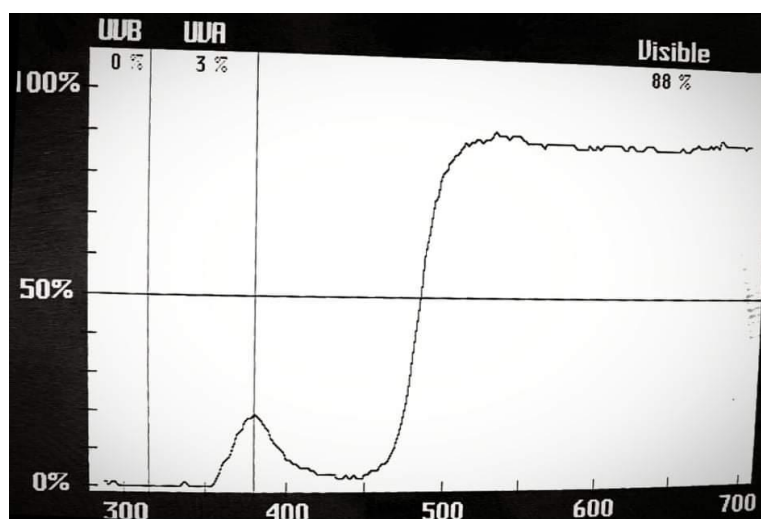
Farba filtra	Aktivita
Fialová	golf
Oranžová	zimné športy, cyklistika
Zelená	vodné športy, chôdza, všeobecné použitie
Žltá	beh, tenis, golf, horolezectvo
Červená	beh, zimné športy, cyklistika, športová streľba
Hnedá	beh, zimné športy, cyklistika, golf, horolezectvo, všeobecné použitie
Šedá	všeobecné použitie

Na grafoch je znázornený spektrálny priebeh farebných filtrov určených pre šport. Filtre sú produktovou ponukou firmy Optika Čivice. [19]



Tenis

Obrázok č. 8: Farebný filter určený na tenis s tónovaním 50 %. [19]

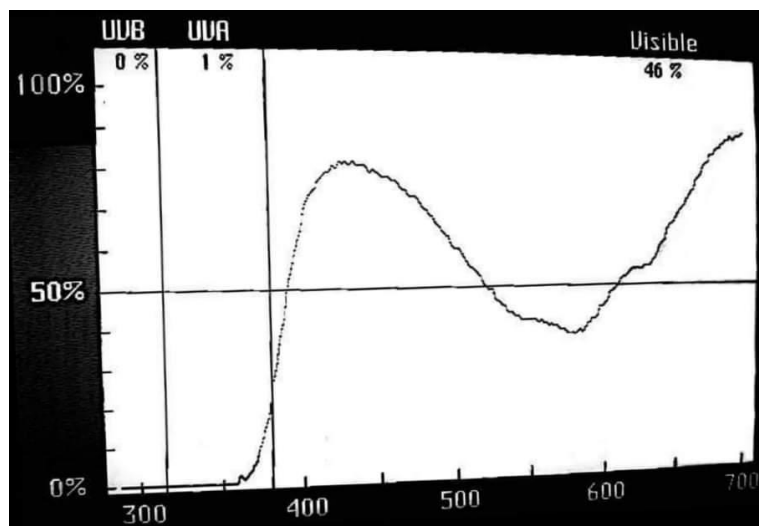


Graf č. 4: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti žltého filtra.



Golf

Obrázok č. 9: Farebný filter určený na golf s tónovaním 50 %. [19]

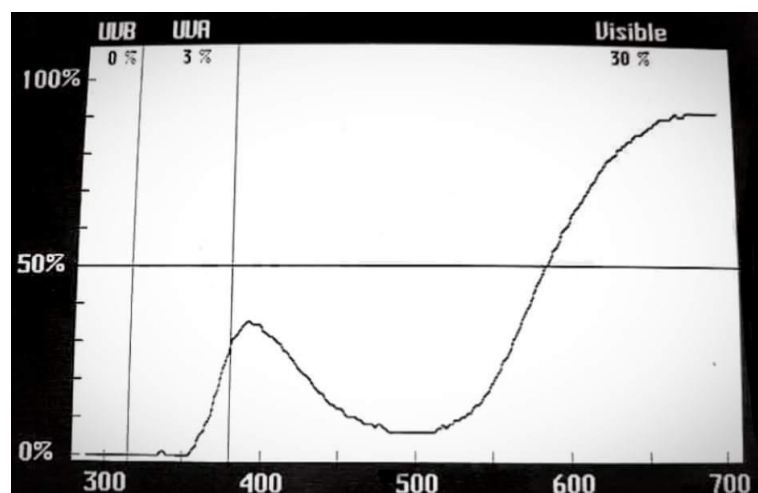


Graf č. 5: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti fialového filtra.



Skeet

Obrázok č. 10: Farebný filter určený na športovú streľbu s tónovaním 50 %. [19]



Graf č. 6: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti filtra určeného na športovú streľbu.

6.2 Hranové filtre

Hranové filtre sa označujú vlnovou dĺžkou, ktorá popisuje spodnú hranicu spektrálnej priepustnosti, čiže najnižšiu vlnovú dĺžku spektra, od ktorej filter prepúšťa vlnové dĺžky. Toto označenie sa v závislosti od výrobcu líši, príkladom je firma Zeiss, ktorá používa vlnovú dĺžku pri priepustnosti 50 %. Tento parameter je dôležitý pre presnú výrobu a následne správnu funkciu farebného filtra. Názov hranové filtre je odvodený od krivky grafu spektrálnej priepustnosti. Priebeh, ktorý vytvára má podobu skokovej hrany medzi 0 % priepustnosťou kratších vlnových dĺžok až 80 % priepustnosťou dlhších vlnových dĺžok. Hranové filtre tvoria jeden zo šiestich typov spektrálnych filtrov používaných v optike. Podľa polohy, ktorú skoková krivka v grafe obsadzuje je možné delenie hranových filtrov:

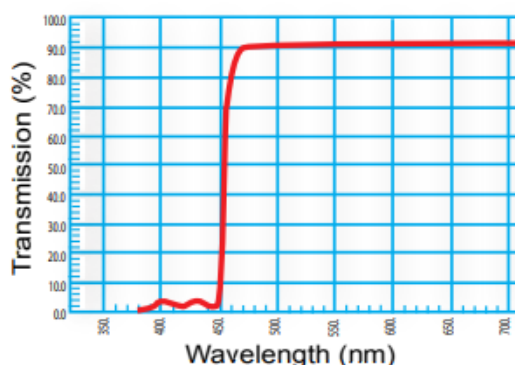
- Hranové filtre prepúšťajúce ultrafialové žiarenie, kedy umiestnenie krivky spadá do rozmedzia ultrafialového žiarenia.
- Ultrafialové hranové filtre, kde umiestnenie krivky je v rozmedzí vlnových dĺžok do 400 nm. Tieto filtre nezasahujú do viditeľného spektra, takže miera skreslenia farebného videnia je minimálna.
- Farebné hranové filtre sú charakterizované na základe umiestnenia krivky v intervale viditeľného spektra od 400 nm do 780 nm. Zasahujú do oblasti viditeľného spektra, nastáva skreslenie farebného videnia.
- Infračervené hranové filtre, pri ktorých je hrana situovaná v oblasti infračerveného žiarenia. [30, 31, 32, 33]

Zo zdravotníckeho hľadiska sa hranové filtre zaraďujú do skupiny liečebných neoptických pomôcok určených pre ľudí s ťažkým zrakovým postihnutím. Využitie hranových filtrov je prospešné pri očných ochoreniach, predovšetkým pri postihnutí štruktúr oka, ktoré boli prirodzene predurčené pre filtráciu ultrafialového žiarenia, príklady sú znázornené v tabuľke č. 4. [22, 32]

Tabuľka č. 4: Využitie hranových filtrov pri očných ochoreniach. [28]

Hranový filter [nm]	Príklady použitia
450	nočná slepota, makulárna degenerácia, pigmentová degenerácia sietnice, pred operáciou katarakty
480	makulárna degenerácia, pigmentová degenerácia sietnice, pred operáciou katarakty
500	makulárna degenerácia, pigmentová degenerácia sietnice, po operácii katarakty, neprítomnosť vnútroočnej šošovky
540	makulárna degenerácia, po operácii katarakty, po PRK (Photorefractive Keratotomy)
550	úplná farbosleposť, pigmentová degenerácia sietnice, albinizmus, po operácii katarakty
600	úplná farbosleposť, poruchy farbocitu, adaptácia na tmu

Blue-blocker filtre, názov je medzinárodne používaný a je odvodený na základe polohy spektrálnej krivky v grafe. Tá neprepúšťa vlnové dĺžky nižších hodnôt ako 450 nm, vid' graf č. 7. Využívajú sa pri liečbe svetloplachosti, kedy absorbujú krátkovlnnú časť viditeľného spektra. „To zapríčiňuje, že časť farebného kontrastu je premenená na jas, zvýši sa kontrast medzi receptormi s minimálnou a maximálnou expozíciou a skráti sa doba adaptácie.“ [22]



Graf č. 7: Spektrálny priebeh blue-blocker hranový filter. [25]

Vybrané hranové filtre môžu predstavovať riziko pri šoférovaní automobilu. Dochádza k absorpcii farebného spektra, ktorým sú vyznačené napríklad dôležité signalizačné znamenia. Vodič ich následne nemusí správne rozoznať, čo spôsobuje riziko.

Ďalej môžu vplývať na polohu ohniska na sietnici oka, konkrétne u žltého, oranžového a červeného filtra sa ohnisko posúva za sietnicu a oko sa stáva ďalekozraké. [32]

6.3 Farebné filtre a vizuálny stres

Vizuálny stres predstavuje u pacientov ťažkosti s čítaním, ktoré sú sprevádzané bolesťou hlavy, námahou očí alebo skreslením textu. Dochádza k perцепčnému skresleniu textu, ktoré nie je možné korigovať dioptrickými hodnotami. Čítaný text nie je spracovateľný a doba čítania sa predlžuje. Pri tomto type skreslenia bolo zaznamenané rozmazanie textu, rozdvojenie textu a pohyb písmen alebo tvarov textu. Konečnú diagnostiku predchádza celkové očné vyšetrenie a vylúčenie iných zmien, ktoré môže byť spojené napríklad s akomodáciou oka. Výskyt bol zaznamenaný u zdravých pacientov, pacientov trpiacich dyslexiou, a u pacientov s neurologickými ochoreniami ako fotosenzitívna epilepsia, migréna a skleróza multiplex. [34, 35]

Obsah testovacích textov tvorí pruhované prostredie, založené na striedaní riadkov textu alebo vzorov. Spracovanie prostredia je pre oko problémové. Pre zmiernenie alebo úplne odstránenie problémov sú použité farebné filtre, ktorých výsledné farebné prevedenie je detailne špecifikované. Testovanie je sprostredkované pomocou intuitívneho kolorimetra, ten zobrazuje farebné možnosti úzkeho rozsahu alebo predkladaním farebných fólií na čítaný text. Vybraná kombinácie je presne sprostredkovaná vyrobenými farebnými filtrami. [34, 35]

ZÁVER

Farebné okuliarové šošovky môžu zlepšovať, ale aj ochraňovať zrakové vnímanie. Do akej miery sú toho schopné vždy záleží od typu filtra. Pôsobením zasahujú do farebného vnímania napríklad tým, že menia polohu farebných súradníc. Tie sú špecifické pre každý farebný odtieň, ako bolo v práci popísané. Tieto fakty, ale závisia od zvoleného filtra, konkrétne od jeho spektrálnej priepustnosti. Tá sa nevzťahuje len na žiadaný farebný odtieň, v niektorých prípadoch musí byť presne určená, aby boli požadujúce funkcie správne prevedené. Filter ovplyvňuje jeho samotná výroba a následné fyzikálne parametre. Po predložení pred oko sa reguluje vstup viditeľného žiarenia, predovšetkým jeho spektrálnych vlastností. Obmedzenie prostredníctvom farebného filtra nastáva na úrovni fotoreceptorov sietnice, ktoré by bez použitia filtra uskutočnili inú spektrálnu odozvu. V práci bolo písané, že nastávajú prípady, kedy je tento vzruch prerušený nadmerným pôsobením žiarenia. Tento prípad tiež poskytuje možnosť využitia farebných okuliarových šošoviek. V závislosti od kategórií priepustnosti nemusí byť zrková pohoda narušená. Poskytujúce benefity sú využívané vo viacerých smeroch, od športu až k medicíne.

POUŽITÉ ZDROJE

1. Habel J, Dvořáček K, Dvořáček V, a kol. Světlo a osvětlování. Praha, Česká republika: FCC Public; 2013.
2. Synek S, Skorkovská Š. Fyziologie oka a vidění. 2. dopl. a přeprac. vyd. Praha, Česká republika: Grada; 2014.
3. Pluháček F. Fyziologická optika. Výukové materiály k předmětu fyziologická optika. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2019.
4. Tarábek P, Červinková P, a kol. Fotometrie. In: Odmaturuj z fyziky. 2. vyd. Brno, Česká republika: Didaktis; 2006:149-150.
5. Autrata R, Černá A. Nauka o zraku. Brno, Česká republika: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2002.
6. Kvapilíková K. Oční koule. In: Anatomie a embryologie oka. Brno, Česká republika: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000:51-63.
7. Oláh Z. Princípy kliniky fyziológie a patofyziológie videnia: Fotochémia videnia. In: Očné lekárstvo. Martin, Slovenská republika: Vydavateľstvo Osveta; 1998: 19-21.
8. Takac M, Malinovská K. Vnímanie a pomenovanie farieb a farebných kategórií. In: Umelá inteligencia a kognitívna veda. 2. vyd. Bratislava, Slovenská republika: Vydavateľstvo STU; 2010:411-436.
9. Lošťák Z. Fotometrie. Učebné texty. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc; 2011.
10. Habel J. Základy svetelnej techniky. Světlo. 2009;6:52.
11. Milan A. Co je barva?. Česká oční optika. 2006;47:28-30.
12. Vacková A. Teórie barevného videní [bakalárska práca]. Brno: MUNI; 2013.
13. Grzybowski A, Kupidura-Majewski K. What is color and how it is perceived?. Clin. Dermatol. 2019;37:e 392-401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.008>.
14. Filtering properties of spectacle lenses. From the absorption of electromagnetic radiation by molecules to ocular protection. Points de vue. <https://www.pointsdevue.com/article/filtering-properties-spectacle-lenses-absorption-electromagnetic-radiation-molecules-ocular>. Online [8.4.2022].

15. Barvení brýlových čoček. Konvenční a free form technologie výroby brýlových čoček. https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js12/vyroba_cocek/web/pages/03-2-01_barveni.html. Online [8.4.2022].
16. Lens tinting methods. World optics. <https://www.worldoptic.com/sunglasses-eyeglasses-lens-tints-coatings/tints-coatings.php>. Online [8.4.2022].
17. Bach M, Rohrschneider K. Kantenfilter. Der Ophthalmologe. 2018; 115:e 922–927. doi: 10.1007/s00347-018-0703-3.
18. Osobná konzultácia s RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D, katedra optiky (27.4.2022).
19. Produktový katalóg spoločnosti Optika Čivice s.r.o.; 2018.
20. Bhootra AK. Tinted lens. In: Ophthalmic lenses. New Dehli, India: Jaypee; 2009: 64-84.
21. Spitschan M, Lazar R, Cajochen Ch. Visual and non-visual properties of filters manipulating short-wavelength light. Ophthalmic Physiol Opt. 2019;39(6):e 459-468. doi:10.1111/opo.12648.
22. Hranové filtry a jejich užití v oftalmologii. Medikus. <https://www.anna-zobanova.medikus.cz/specialni-barevne-filtry>. Online [8.4.2022].
23. Dain S. Sunglasses and sunglass standart. Clin Exp Optom. 2003; 86:e 77-90. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2003.tb03066>.
24. Ochrana očí a tváře: Slnečné okuliare. ISO 12312-1. 2013. Európsky štandard. Švajčiarsko.
25. Rudolf V. Sluneční záření. Česká oční optika. 2012;2, e 40-42.
26. Tunnaclif, A. Ocular aspect of vision. In: Optics. 4 th ed. London, UK: ABDO; 1993: 358-361.
27. Produktový katalóg spoločnosti Rodenstock s.r.o; 2020.
28. BPI therapeutic tints. Perfect BPI vision. http://callbpi.com/pdf_misc/thera.pdf. Online [10.3.2022].
29. Produktový katalóg spoločnosti Essilor s.r.o.; 2019 .
30. Produktový katalóg spoločnosti Carl Zeiss s.r.o.; 2019.
31. Burdová, P. Filtry v optice a optometrii [bakalárska práca]. Brno: MUNI; 2012.
32. Russnáková L. Sportovní brýlové čočky a barevné filtre [bakalárska práca]. Brno: MUNI; 2013.
33. Rohrschneider K, Bach M. Kantenfilter. Der Ophthalmologe. 2018; 115: 916–921. doi: 10.1007/s00347-018-0691-3.

34. Wilkins A. Visual stress, its treatment with spectral filters and its relationship to visually induced motion sickness. *Applied ergonomics*. 2010; 41:e 509-515. doi: 10.1016/j.apergo.2009.01.011.
35. Evans BJW. The need for optometric investigation in suspected Meares–Irlen syndrome or visual stress. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2005; 25:e 363-370. doi:10.1111/j.1475-1313.2005.00289.x.

ZOZNAM PRÍLOH

Graf č. 1: Spektrálna priepustnosť farbeného filtra s tónovaním 25 %	23
Graf č. 2: Spektrálna priepustnosť farebného filtra s tónovaním 60 %.	23
Graf č. 3: Spektrálna priepustnosť farebného filtra s tónovaním 75 %.	23
Graf č. 4: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti žltého filtra.	32
Graf č. 5: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti fialového filtra.	33
Graf č. 6: Grafické znázornenie spektrálnej priepustnosti filtra určeného na športovú streľbu.	33
Graf č. 7: Spektrálny priebeh blue-blocker hranový filter. [25]	35
Obrázok č. 1: Pomerná spektrálna citlivosť oka. [1]	7
Obrázok č. 2: Zraková dráha. [5]	11
Obrázok č. 3: Spektrálny priebeh kolorimetrických koeficientov trichromatickej sústavy XYZ. [1].....	14
Obrázok č. 4: Trichromatický trojuholník. [9]	15
Obrázok č. 5: Aditívne a subtraktívne miešanie. [9]	17
Obrázok č. 6: Spektrometer, prístroj na meranie spektrálnej priepustnosti optických prvkov.	20
Obrázok č. 7: Farebné filtre Optika Čivice. [34]	22
Obrázok č. 8: Farebný filter určený na tenis s tónovaním 50 %. [19]	32
Obrázok č. 9: Farebný filter určený na golf s tónovaním 50 %. [19]	32
Obrázok č. 10: Farebný filter určený na športovú streľbu s tónovaním 50 %. [19]	33
Tabuľka č. 1: Znázornenie intervalov vlnových dĺžok k prislúchajúcim farbám. [1]	12
Tabuľka č. 2: Svetelná priepustnosť farebných okuliarových filtrov. [15]	30
Tabuľka č.3: Športové aktivity. [28].....	31
Tabuľka č. 4: Využitie hranových filtrov pri očných ochoreniach. [29]	35