

UNIVERZA V LJUBLJANI  
NARAVOSLOVNOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA TEKSTILSTVO

# ZAZNAVANJE BARV PRI ČLOVEKU

Seminarska naloga pri predmetu Barvna metrika

Ljubljana, december 2005

Andrej Mihelič  
Anja Kvaternik

## KAZALO

1 UVOD .....	2
2 BARVE .....	3
2.1 DEFINICIJA BARVE .....	3
2.2 SVETLOBA IN BARVE .....	4
3 ČLOVEK IN BARVE .....	5
3.1 ZGRADBA OČESA .....	5
3.2 OPTIČNI ŽIVEC .....	8
3.3 PROCES ZAZNAVANJA BARVE.....	8
3.3.1 BARVNE TEORIJE.....	9
4 NAPAKE VIDA.....	10
4.1 KRATKOVIDNOST ALI MYOPIJA .....	10
4.2 DALJNOVIDNOST ALI HYPEROPIJA .....	10
4.3 ASTIGMATIZEM .....	11
4.4 ŠKILJENJE ALI STRABIZEM .....	11
4.5 KATARKTA .....	12
4.6 GLAVKOM .....	12
4.7 BARVNA SLEPOTA ALI DALTONIZEM .....	13
5 ZAKLJUČEK.....	14
VIRI IN LITERATURA.....	15

## 1 UVOD

Barve spremljajo človeka že skozi vso zgodovino. V različnih zgodovinskih obdobjih so barve pomenile statusni simbol socialnih slojev ali mitoloških prepričanj. Naši predniki so barve ustvarjali z maloštevilnimi naravnimi barvili in pigmenti, ki so jih pridobivali iz rastlin, živali in zemlje. Že stari Grki so raziskovali zapletena dogajanja pri zaznavi barve, vendar začetek znanosti o barvi pripisujemo Isaacu Newtonu, ki je s pomočjo steklene prizme leta 1666 razklonil sončno svetlobo na spektralne barve. Od takrat je znano, da so barve prisotne v svetlobi, torej v elektromagnetnem valovanju določenih valovnih dolžin in energije, čeprav zaznavamo svetlobo kot brezbarvno.

Interakcija svetlobe z okolico in z vidnim sistemom nam omogoča optično oz. vizualno zaznavanje zunanjega sveta v barvah. Množica barvnih odtenkov, ki nas povsod obdaja, pa ne pomeni, da živimo v svetu barvastih predmetov, ampak da ti predmeti nanje vpadlo svetlobo odbijajo, absorbirajo in prepuščajo. Odbiti in transmitirani del svetlobe nosi informacijo o barvi predmeta, ki se realizira le v vidnem sistemu opazovalca. Barva torej ni fizikalna lastnost objekta, ampak je subjektivna čutna zaznava, odvisna od vrste svetlobe, od fizikalno-kemijske sestave objekta, ki ga opazujemo, in od fiziološke in psihološke sposobnosti opazovalca.

## 2 BARVE

### 2.1 DEFINICIJA BARVE

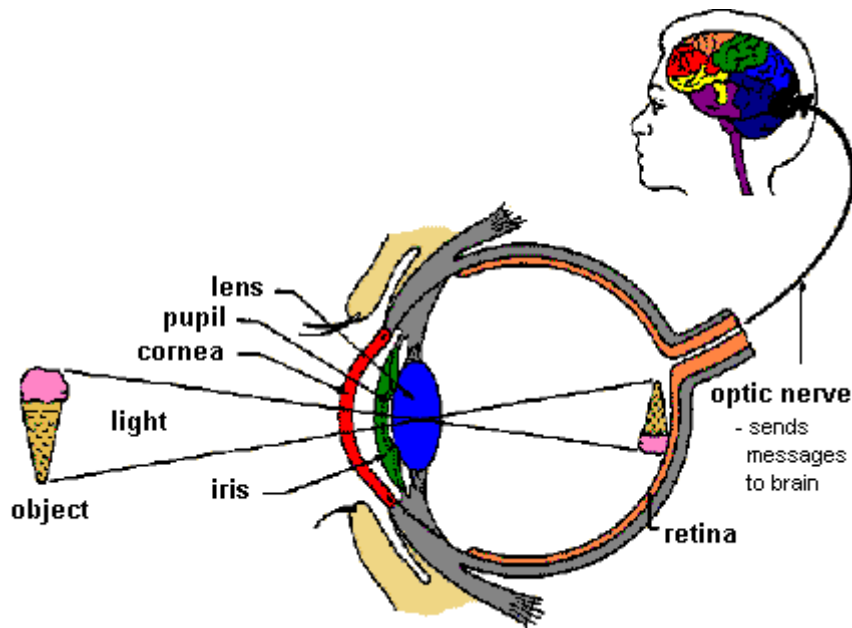
V vsakdanjem življenju ima izraz »barva« različen pomen, saj ga uporabljamo za:

- barvno zaznavo
- barvilo oz. pigment
- sisteme »materija-barvilo« oz. »materija-pigment«.

Strokovno je izraz »barva« povezan s procesom zaznave barve, ki je rezultat spektralne sestave v oko vpadle svetlobe, spektralne občutljivosti očesa in obdelave informacij v možganih, zato ločimo:

- barvni dražljaj – je svetloba, ki pade v oko in je zato informacije o objektu, ki svetlobo seva oz. odbija ali prepušča
- barvno valenco oz. barvni učinek – je posledica barvnega dražljaja v očesu ali sprememba, ki jo v očesu povzroči barvni dražljaj, zato je informacija o barvnem dražljaju
- barvni vtis oz. barvno zaznavo – je subjektivno doživetje v oko vpadle svetlobe.

Poznamo dve definiciji barve. Prva je enostavna definicija barve, po kateri je barva čutna zaznava živih bitij, ki jo v možganih sproži v oko vpadla svetloba. Bolj objektivna pa je tehnična definicija barve (DIN-5033), ki pravi, da je barva tista vidna zaznava določenega dela vidnega polja, ki ga z enim nepremičnim očesom ločimo od istočasno opazovanega mejnega področja enake površinske strukture. Tehnična definicija izključuje spremljajoče vplive pri zaznavi barve (lesk, struktura, oblika,...), ki z barvo samo nimajo nič skupnega, vplivajo pa na njen videz.



Slika 1: Kako vidimo

## 2.2 SVETLOBA IN BARVE

Fizikalno je svetloba elektromagnetno valovanje z valovnimi dolžinami od 400 do 700 nm, ki ga zaznava človeško oko. Svetloba je sestavljena tudi iz fotonov, ki se gibljejo s stalno hitrostjo  $c$ . vsaki valovni dolžini  $\lambda$  oz. frekvenci  $\nu$  ustreza foton z energijo, ki je po Planck-Einsteinovem zakonu definirana:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

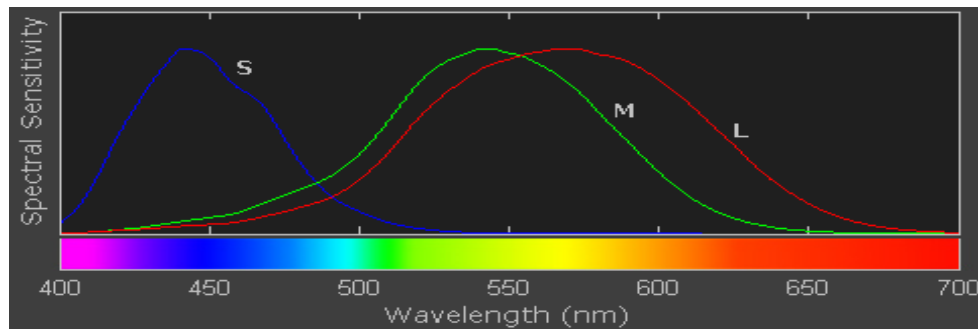
$E$  – energija svetlobe (J)

$\nu$  - frekvenca svetlobe ( $0,4 \cdot 10^{15}$  -  $0,7 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ )

$h$  – Planckova konstanta ( $6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ )

$c$  – hitrost svetlobe v vakuumu ( $2,997925 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )

$\lambda$  - valovna dolžina (400-700 nm)



Slika 2: Valovne dolžine barv

Svetloba, ki pade v oko je barvni dražljaj. Človek fiziološko zaznava svetlobo različnih valovnih dolžin kot različne barve. Svetloba krajših valovnih dolžin povzroča zaznavo vijoličnih in modrih barv, srednji del vidnega spektra zelenih in rumenih barv in daljši svetlobni valovi rdečih barv. Svetloba je bela oz. brezbarvna, če je sestavljena iz celotnega spektra v pravilnem razmerju.

## 3 ČLOVEK IN BARVE

### 3.1 ZGRADBA OČESA

Pri zaznavi barve ima pomembno vlogo vizualni sistem s sestavnimi deli – očesom, vidnim živcem in možgani. Pri zaznavi barve sta soudeležena dva procesa – fiziološki, pri katerem se pretvarja svetlobna energija v signale, ki jih živci vodijo v možgane in psihološki, pri katerem ti signali sprožijo zaznavo barve v možganih.

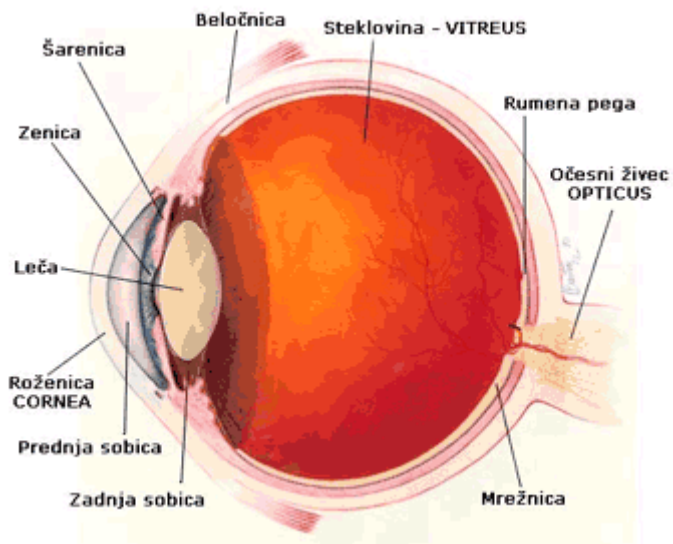
Očesno zrklo je okrogle oblike s premerom ca. dva cm in je sestavljeno iz treh plasti in sicer iz:

- beločnice – zunanje plasti, ki je iz čvrstega tkiva in daje zrklu obliko, nanjo so pripete zunanje očne mišice, v sprednjem delu pa prehaja v okroglo prozorno roženico
- žilnice – srednje plasti, ki je temne barve in preprečuje sipanje svetlobe po očesu, njene krvne žile pa prinašajo hranilo in kisik v notranjost očesa; v

sprednjem delu prehaja v okroglo obarvano šarenico, ki ima na sredini odprtino zenico

- mrežnice – notranje, za svetlobo občutljive plasti, sestavljene iz čepkov in paličic.

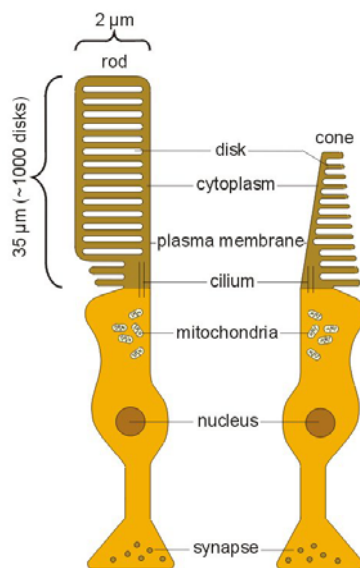
Svetlobni žarki se pri prehodu skozi optični del očesa lomijo, tako da nastane slika na mrežnici očesa. Svetloba vstopa v oko skozi roženico, ki je izbočena, optično mnogo gostejša kot zrak in zato najbolj lomi svetlobne žarke. Pot nadaljuje skozi zenico v šarenici. Mišice šarenice širijo in ožijo zenico in tako nadzoruje količino svetlobe, ki vstopa v oko. Nastanek ostre slike na mrežnici omogoča leča, ki s spreminjanjem oblike prilagaja lomnost pri gledanju različno oddaljenih predmetov. Ciliarna mišica, ki obkroža roženico, prek vezi spreminja ukrivljenost leče in s tem njeno žarišče; to omogoča akomodacijo in korigira ostrino vida. Vezi delijo zrklo v dva prekata; v manjšem prekatu, ki leži pred lečo, je očesna vodica; večji prekat, ki leži za lečo, je napolnjen z očesno steklovino. Tekočini pomagata zrklu vzdrževati pravilno obliko.



Slika 3: Zgradba očesa

Za zaznavo svetlobe in barv sta v očesni mrežnici razvrščeni dve vrsti receptorjev:

- čepki za dnevno (fotopsko) videnje in zaznavanje barv, saj so spektralno občutljivi. Najdemo jih na rumeni pegi, ki je center najostrejšega vida. Čepkov je 5 milijonov.
- palčke za nočno (skotopsko) videnje in zaznavanje majhne intenzitete svetlobe. Najdemo jih na periferiji mrežnice, njihovo število pa je 120 milijonov.



Slika 4: Palčke in čepki

Čepki so sestavljeni iz dveh delov. Iz zunanjšega, v katerem je nekaj sto diskov, ki vsebujejo vidni pigment, in notranjega dela. Pri čepkih diski razpadejo ob svetlobi, pri palčkah pa v temi. V obratnih svetlobnih razmerah se regenerirajo. Palčke vsebujejo na svetlobo občutljiv pigment, t.i. fotopigment rodopsin. Sestavljen je iz beljakovine opsina, na katero je vezana kromoforna skupina 11-cis-retinal. Absorpcija svetlobe povzroča spremembe 11-cis-retinala v različne trans-izomerne oblike, ki se razlikujejo po spektralni absorpciji. Posamezni izomeri retinala imajo značilne absorpcijske krivulje, ki se delno prekrivajo, imajo pa maksimum absorpcije pri različnih valovnih dolžinah:

- v palčkah absorbira svetlobo srednjih valovnih dolžin vidnega spektra z maksimumom pri 496 nm



- v čepkih absorbirajo svetlobo daljših valovnih dolžin (rdečo) z maksimumom pri 558 nm, srednjih valovnih dolžin (zeleno) z maksimumom pri 531 nm in krajših (modro) valovnih dolžin z maksimumom pri 419 nm.

Mrežnico sestavlja poleg fotoreceptorjev še več slojev, v katerih so bipolarne, horizontalne in amakirne celice, sloj ganglijskih celic in sloj živčnih vlaken, ki se združijo v optični živec. Zanimivo je dejstvo, da so fotoreceptorji zadnja plast mrežnice, žarki gredo najprej skozi plast živčnih vlaken in nato še skozi vse druge plasti živčnih celic. Izjema je rumena pega, kjer so plasti potisnjene v stran in so v ospredju čepki.

Trenutno vemo, da obstajajo tri vrste čepkov. Po spektralni občutljivosti se delijo na dolge, srednje in kratke. Imenujemo jih seveda tudi rdeče, zelene in modre, to pa ne drži povsem.

### **3.2 OPTIČNI ŽIVEC**

Optični živec sestavlja okrog milijon živčnih vlaken, ki izhajajo iz ganglijskih celic mrežnice. Predre beločnico, poteka po očesni votlini 2,5 do 3 cm, vstopi v možgansko votlino, kjer se vlakna delno križajo in končajo v talamusu. V zadnjem delu talamusa leži primarno vidno središče, ki skrbi za povezavo informacij iz očesa v možgansko skorjo.

### **3.3 PROCES ZAZNAVANJA BARVE**

Natančen mehanizem procesa zaznavanja barv še vedno ni dokončno raziskan. Število čepkov, ki absorbirajo v različnih spektralnih območjih, ni enako, ampak so razporejeni v razmerju 40 »rdečih« : 20 »zelenih« : 1 »moder«.

Ko svetloba zadene čepke in palčke, povzroči kemijske spremembe in fotopigmenti se pobelijo. Kemijske spremembe sprožajo živčne signale, ki se prek živčnih vlaken prenesejo do vidnega živca in naprej v možgane. Fotopigmente v čepkih svetloba pobeli počasi, zato so čepki uporabni pri močni svetlobi oz. za gledanje podnevi.

Fotopigment v palčkah se pobeli tako hitro, da v močni svetlobi palčke odpovedo, so pa učinkovite za gledanje v mraku.

### 3.3.1 BARVNE TEORIJE

Na podlagi rezultatov raziskovanja vizualnega sistema sta se o zaznavi barv uveljavili dve teoriji:

- Young-Helmholtzova »tribarvna teorija«, po kateri vsebujejo čepki tri vrste receptorjev oz. pigmentov, ki so občutljivi na svetlobo različnih valovnih dolžin. Prvi reagirajo pretežno na svetlobo kratkih valovnih dolžin oz. modro svetlobo, drugi na svetlobo srednjih valovnih dolžin oz. na zeleno svetlobo in tretji na svetlobo dolgih valovnih dolžin oz. rdečo svetlobo. Svetloba na pigmente deluje kot »barvni dražljaj«. Z aditivnim mešanjem treh primarnih barv v različnih razmerjih zaznamo vse barve vključno z belo.
- Heringova »štiribarvna teorija« oz. teorija »nasprotnih barv«, po kateri pri zaznavi barv sodelujejo štiri prabarve – rdeča, zelena, modra in rumena oz. tri vrste »nasprotnih vodov«, ki posredujejo možganom signale o barvi: črno-beli zbirni vod posreduje črne, bele in sive signale; modro-rumeni vod pošilja modre ali rumene signale in rdeče-zeleni vod rdeče ali zelene. Vsi trije zbirni vodi sprejemajo svetlobne signale z receptorjev. Črno-beli vod lahko pošilja v možgane kombiniran signal sivine, signala na preostalih dveh vodih pa se med seboj ne mešata.

Kljub razliki navedenih teorij sta danes veljavni obe; prva opisuje dogajanja na mrežnici ob vpadu svetlobe, druga pa opisuje prenos signalov in zaznavo barve v možganih. Tako npr. odbita svetloba z rumene površine aktivira fotoreceptorja rdečine in zelenine, ki vzdržita le rumeni del rumeno-modrega voda in ta posreduje »rumeni signal« do možganov le tedaj, ko je modri del izklopljen.

## **4 NAPAKE VIDA**

### **4.1 KRATKOVIDNOST ALI MYOPIJA**

Je motnja vida kjer vidimo jasno na blizu in megleno na daleč. Pojavi se običajno v šolski dobi in se umirja okrog 30 leta starosti. Doseže lahko vrednosti nad 30 dioptrij. Redko se pojavi ob rojstvu. Dejavniki, ki pospešujejo ali povzročajo nastanek in rast kratkovidnosti so: dednost, dolgotrajno bližinsko delo, slabša oz. umetna osvetlitev, bolezni,...

Razlog nastanka kratkovidnosti je pretirana rast očesa v vzdolžni osi ali pa nenormalne spremembe v zakrivljenosti roženice ali leče. Slika oddaljenega predmeta se izostri v očesu pred mrežnico. Zato vidimo oddaljene predmete megleno. Da si jih izostrimo moramo pripreti veke ali uporabimo minus dioptrijo (razpršilno lečo). Oko je naravnano za gledanje na blizu.

### **4.2 DALJNOVIDNOST ALI HYPEROPIJA**

Je motnja vida kjer oddaljene predmete še nekako uspemo izostriti oz. jih videti jasno medtem, ko nam to pri gledanju na blizu ne uspe. Na blizu vidimo megleno kljub skrajnemu naporu prilagajanja ali akomodacije. Daljnovidnost je normalna ob rojstvu, saj se večina otrok rodi daljnovidnih. Težave povzroča v obliki utrujenih oči, solzenja in glavobola pri natančnem gledanju, meglenja slike in drugih. Pri otrocih se lahko poleg daljnovidnosti pojavi še škiljenje in slabovidnost enega očesa.

Razlog je premajhno očesno zrklo v vzdolžni osi ali pa premajhna dioptrijska vrednost očesnih medijev, ki povzroči, da se slika gledanega predmeta virtualno izostri za mrežnico. Težavo oz. megleno sliko na blizu odpravimo z zbiralno ali plus lečo. Oko je naravnano za gledanje na daleč. Pri visoki daljnovidnosti vidimo megleno tudi na daleč.

Posebna oblika daljnovidnosti je presbiopija ali starovidnost. Pojavi se po 40 letu

starosti, ko rabimo dioptrijo za bližinsko delo. Vzrok je v pešanju akomodacije ali prilagajanja gledanja na blizu. Svoj vrh doseže okrog 65 leta starosti z dodatkom plus 3 dioptrije.

### **4.3 ASTIGMATIZEM**

Astigmatizem je posebna oblika motnje vida, kjer se vpadni žarki predmeta iz okolice na poti skozi optične medije (roženica, leča) ne lomijo pravilno. Del slike se izostri na mrežnici del slike pa pred ali virtualno za mrežnico. Zato vedno vidimo deloma ali pa precej megleno. Na astigmatizem se lahko navadimo oz. s povečano napetostjo vek izboljšamo ostrino. Zamenjujemo podobne oblike: število 9 ali 6, črko a ali e, itd. Astigmatizem je lahko kratkovidnostni ali daljnovidnostni ali mešan. Motnjo odpravimo z cilindrično lečo, ki lomi svetlobo le v eni osi, ter izostri megleni del slike na mrežnici

### **4.4 ŠKILJENJE ALI STRABIZEM**

Strabizem pomeni patološki odklon enega očesa v razmerju na drugo oko, napaka, pri kateri se vsako oko gleda v drugo smer.

Poznamo:

- stalni strabizem
- strabizem, ki se pojavlja s presledki – občasni

Oko se različno odkloni. Poznamo več vrst odklonov očesa: navznoter - konvergentni strabizem, navzven - divergentni strabizem, navzgor - strabismus sursumvergens, navzdol - strabismus deorsumvergens; lahko pa se odkloni kombinirano, na primer navzgor in navznoter hkrati. Vzroki za škiljenje so lahko: refrakcijske hibe z ambiopijo, okvare zunanjih očesnih mišic, okvare okulomotornih živcev ali okvare v možganih. V populaciji se pojavlja v 3 - 4%. Svojo vlogo pri škiljenju igra tudi dednost, saj je 4-krat večja verjetnost, da bo otrok škilil v družini, kjer oba starša škilita ali pa sta škilila v otroškem obdobju.

## **4.5 KATARAKTA**

Katarakta je strokovni izraz za sivo mreno, postopno zamotnitev zdrizaste snovi, ki tvori očesno lečo pogosto obolenje pri starejših. Onemogoči ali ovira svetlobnim žarkom vstop v oko in tako postopoma zmanjšuje vid. Najpogostejši vzrok katarakte je degeneracija leče v starosti, pojavlja pa se tudi pri bolnikih s sladkorno boleznijo, nekaterih metabolnih obolenjih, pri bolnikih, ki so dolgotrajno jemali kortikosteroide in pa tudi pri samih poškodbah očesa.

Katarakta je motnja leče, ki delno onemogoča prehod svetlobe, ki je potreben za jasen vid. Ponavadi leča porumeni, postane rjava ali sivkasta; to je pa posledica strjevanja beljakovin. Razvoj katarakte je lahko počasen ali pa zelo hiter. Bolnik opazi razvoj sive mreže, ker sem mu poslabša vid. Velikokrat se zgodi, da bolnik manjših motenj sploh ne zazna, opazi jih šele, ko se le te razširijo na področje zenice. To motnjo se lahko zazna kakor senco, oziroma kot bleščanje v močni svetlobi, slabše ločevanje kontrastov ali monokularni dvojni vid.

Edini način zdravljenja katarakte pa je kirurški poseg, ne obstajajo ne zdravila in ne kapljice, ki bi lahko katarakto pozdravili.

## **4.6 GLAVKOM**

Glavkom je medicinski izraz, ki opredeljuje očesne bolezni, ki prizadenejo očesni živec, se pravi, povezavo med očesom in možganskim živčnim sistemom, kamor potujejo vidne informacije.

Posledica je slabši vid in izpadi v vidnem polju. Vzrok te poškodbe, ki je nastala na očesnem živcu pa je v večini primerov zvišanje notranjega, očesnega, pritiska, ki posredno kvari očesni živec zaradi zmanjšanja krvnega obtoka po arteriji retine in njenih vejah. Normalen očesni pritisk ne sme presegati 21mmHg, saj zvišanje le tega lahko povzroči slabo prekrvavitev živčnih celic, ki odmrejo. Poškodba vidnega živca ima lahko zelo hude posledice, kakor moteno ali prekinjeno prenašanje vidnih sporočil v možgane, slabši vid, zelo slab vid in na koncu celo slepota. Vendar sodobne medicinske tehnike omogočajo dober nadzor nad to boleznijo. Seveda tudi

v tem primeru je najpomembnejša hitra prepoznavna znakov bolezni in seveda takojšnje zdravljenje. Poznamo kar nekaj načinov zdravljenja: medikamentozna terapija (to so največkrat kapljice, ki uspešno zmanjšujejo očesni pritisk), laserska terapija in kirurška terapija.

#### **4.7 BARVNA SLEPOTA ALI DALTONIZEM**

Ljudje z motnjami pri gledanju barv imajo slabše razvit proces zaznavanja barve (ena vrsta receptorjev od treh, slabo reagira). Ločimo delno in popolno barvno slepoto. Pri delni barvni slepoti je lahko slabše razvit sistem za sprejemanje rdeče ali zelene barve (anomalija), ali pa rdeče ali zelene sploh ne vidijo (anopija). Anopi vidijo od barvnega spektra le rumeno in modro barvo.

Deset odstotkov vseh moških ima motnje pri gledanju barv. 3-4% je rdeče-zelena barvno slepih, ostali pa jih slabše sprejemajo. Le 1% žensk ima motnje pri barvnem gledanju. Popolno barvno slepi tudi podnevi vidijo črno-belo sliko. Pri teh je zmanjšana tudi vidna ostrina.

Barvna slepota je pomembna tudi v vsakdanjem življenju, ker barvno slepi ne morejo opravljati določenih poklicev (ne morejo biti strojevodje, mornarji, šoferji....). Barvna slepota je dedna bolezen. Gen za barvno slepoto je na spolnih kromosomih in sicer na kromosomu x.

## 5 ZAKLJUČEK

Človek je z okoljem povezan s petimi čutili: z vidom, sluhom, tipom, okusom in vonjem. Izmed vseh je najpomembnejši in najbolj kompliciran vid. Zapletena zgradba očesa, presega sposobnost povprečnega človeka, o predstavi njegove anatomije.

Oko je izredno občutljiv in važen organ. Zato ga skušajmo obvarovati udarcev, sunkov, pritiskov, pa tudi prahu in dima. Očesu zelo škodi, če se hitro menjavata močna svetloba in tema. Ne smemo gledati v sonce, pa tudi ne predolgo na snežno ploskev, obsijano od sonca. Sončni žarki naj ne padajo na knjigo iz katere beremo. Še bolj je za oko škodljiv mrak. Zato ne smemo brati v mraku, pa tudi ob plapolajoči luči ne. Pri delu, branju in pisanju naj vpada svetloba od leve strani. Če dolgo časa beremo ali pišemo, moramo pogledati večkrat v daljavo, da se oko odpočije.

## **VIRI IN LITERATURA**

- <http://freeweb.siol.net/memo/oko.htm>
- <http://www.optika-pirc.com/barvnaslepota.htm>
- [www.rimc.net/ocesna\\_optika\\_napake\\_vida.html](http://www.rimc.net/ocesna_optika_napake_vida.html)
- Društvo koloristov Slovenije, Interdisciplinarnost barve, 1. del, str. 79-86
- Golob Vera, Barvna metrika, Fakulteta za strojništvo 2001