

# Oko i utjecaj svjetlosti na oko

---

**Flanjak, Ivana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:948185>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivana Flanjak

# **OKO I UTJECAJ SVJETLOSTI NA OKO**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2017.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional under graduate study of Safety and Protection

Ivana Flanjak

# **EYE AND THE INFLUENCE OF LIGHT ON EYE**

FINAL PAPER

Karlovac, 2017.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivana Flanjak

# **OKO I UTJECAJ SVJETLOSTI NA OKO**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Slaven Lulić, dipl. ing.

Karlovac, 2017.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

**ZAVRŠNI ZADATAK**

I

Student: Ivana Flanjak

Matični broj: 0415613025

Naslov teme: Oko i utjecaj svjetlosti na oko

Opis zadatka:

Ljudsko oko jedan je od najsavršenijih optičkih instrumenata, te zajedno u kombinaciji sa mozgom, predstavlja ulazna vrata bez kojih je teško i zamisliti svijet oko nas. Putem osjetila vida primamo čak preko 80% vanjskih podražaja. U završnom radu govorit ću o važnosti i ulozi oka, kako stvara sliku, od čega je građeno te njegove prednosti, ali i mane do kojih može doći.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđen datum obrane:

Tema završnog rada je oko i utjecaj svjetlosti na oko. Osim šta nam pomaže da vidimo, oko prima više od 80% osjetilnih podražaja i na taj način obavlja vrlo važne funkcije u ljudskom tijelu. Oko ima kompleksnu građu i razne funkcije. Proces vida započinje kada svjetlosna zraka, koja se odbija od objekta i putuje kroz oko, refraktira i fokusira u žarištu. Žarište se nalazi na mrežnici. Mrežnica ima mnoštvo stanica koje hvataju slike na isti način kao i film u fotoaparatu pri izloženosti svjetlu. Te slike se zatim šalju prema mozgu putem vidnog živca i tamo se interpretiraju. Tako vidimo.

Oko nije savršeno i nekada se mogu dogoditi poremećaji u akomodaciji oka kao npr. dalekovidnost, kratkovidnost, mrena itd.

## SUMMARY

Beside helping us to see, eye receives more than 80% of sensory stimuli and in that way performs very important function in human body. It has complex structure and various functions. The process of vision begins when the light beam, that is reflected from the object, travels through the eye and refracts in the focus. The focus is on the retina. Retina has many cells that capture images in the same way as a film camera when exposed to light. These images are then sent to the brain via optic nerve and are interpreted there. That is how we see.

Eye is not perfect and sometimes there are disorders in accommodation of the eye, for example farsightedness, nearsightedness, cataract and so on.

## KLJUČNE RIJEČI

Oko, svjetlost, mrežnica, vidni živac, dalekovidnost, kratkovidnost, mrena

## KEYWORDS

Eye, light, retina, optic nerve, farsightedness, nearsightedness, cataract

SADRŽAJ	III
	Stranica
ZAVRŠNI ZADATAK	I
SAŽETAK.....	II
SADRŽAJ.....	III
<b>1.UVOD.....</b>	<b>1.</b>
<b>2.ANATOMIJA OKA.....</b>	<b>2.</b>
2.1.Vanjski dijelovi oka.....	2.
2.2.Unutarnji dijelovi oka.....	4.
2.3.Kako ljudsko oko funkcionira.....	6.
<b>3. SVJETLOST.....</b>	<b>7.</b>
3.1. Utjecaj svjetlosti na oko.....	7.
3.2. Utjecaj svjetlosti na čovjeka.....	9.
3.3. Potrebna količina svjetlosti.....	9.
<b>4. ELEMENTARNE VIDNE FUNKCIJE.....</b>	<b>9.</b>
4.1. Akomodacija.....	9.
4.2. Adaptacija.....	11.
4.3. Kontrast.....	11.
4.4. Brzina zapažanja.....	11.
4.5. Dubinsko viđenje.....	12.
4.6. Oštrina vida.....	12.

<b>5. DIOPTRIJA</b> .....	13.
5.1. Naočale.....	14.
5.2. Leće.....	15.
<b>6. ANOMALIJE OKA</b> .....	16.
6.1. Dalekovidnost.....	17.
6.2. Kratkovidnost.....	18.
6.3. Astigmatizam.....	19.
6.4. Daltonizam.....	21.
6.5. Monokromazija.....	22.
6.6. Noćno sljepilo.....	22.
<b>7. SPEKTRALNA OSJETLJIVOST OKA</b> .....	23.
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	24.
<b>9. LITERATURA</b> .....	26.
<b>10. PRILOZI</b> .....	26.
10.1. Popis slika.....	26.



## 1. UVOD

Ljudsko oko je nazivano najsloženijim organom u našem tijelu. Nevjerojatno je da nešto tako malo može imati toliko radnih dijelova. Ali kada uzmete u obzir koliko je težak zadatak pružanja vida, možda to ipak i nije toliko čudo. Preko 80% vanjskih podražaja nam dolazi putem osjetila vida. Ono nam omogućuje svjesnu percepciju svjetla, razlikovanje boja, vid i percepciju dubine. Ljudsko oko može razlikovati 10 milijuna nijansi boja.

Oko nam omogućuje, kako osnovne radnje poput kretanja i komunikacije s okolnim svijetom, tako i učenje, uživanje i ostale ljudima svojstvene aktivnosti. Dugo vremena kroz povijest čovječanstva to je bio i glavni i jedini optički uređaj kojim se istraživao Svemir. U fizici je prepoznata važnost oka, njegova kompleksnost i veličina. Proučavanju oka se posebno posvetila optika kao dio fizike.

Cilj ovog završnog rada je objasniti građu oka, njegovu funkciju, način na koji stvara sliku, njegove prednosti, ali i mane koje se mogu dogoditi.

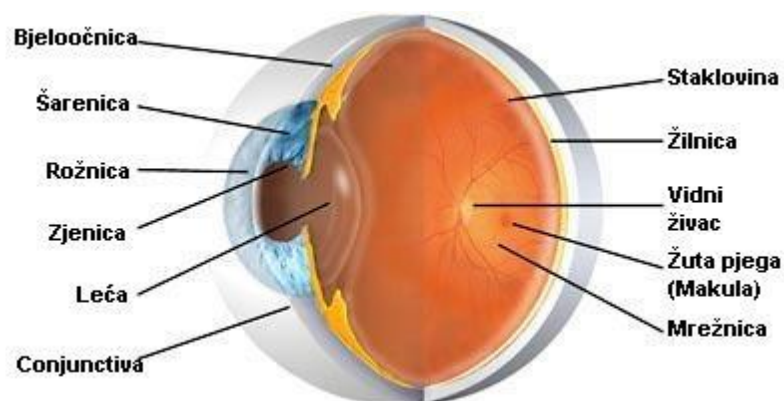


Sl.1. Ljudsko oko

## 2. ANATOMIJA OKA

Oko je jedno od najvažnijih organa osjeta. Ono je parni organ koji služi za pretvaranje svjetlosti u živčane impulse. Kuglastog je oblika i smješteno je u očnoj dublji u prednjem dijelu lubanje. Građu možemo sažeti na pomoćni aparat oka te njegove vanjske i unutarnje dijelove. Pomoćni aparat oka čine: kapci, suzni aparat, spojnica, vanjski mišići oka, očna šupljina, pokosnica, masno tkivo, krvne i limfne žile te živci.

Vanjski dijelovi oka su bjeloočnica, šarenica, zjenica dok su unutarnji dijelovi rožnica, leća, spojnica, žilnica, vidni živac, žuta pjega i mrežnica.



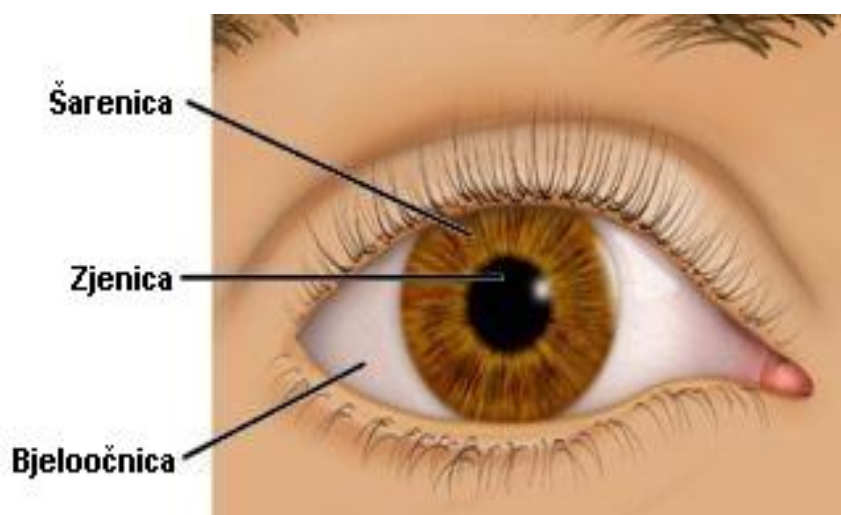
Sl.2. Dijelovi oka

### 2.1. Vanjski dijelovi oka

**Bjeloočnica ili sklera** (lat.sclera) se obično poznaje kao „bijeli dio oka“. To je tvrda, neprozirna očna ovojnica koja služi kao zaštitni ogrtač unutrašnjim strukturama oka. Prekriva 5/6 očne jabučice, te se na nju povezuje 6 očnih mišića koji omogućavaju kretanje oka. Živčana vlakna u bjeloočnici su u vrlo ograničenom broju stoga je relativno malo osjetljiva. Ima oblik lopte presječene na prednjem kraju gdje se nalazi rožnica te se nastavlja na nju i zajedno s njom formira cijelu očnu jabučicu. Bjeloočnica nema krvnih žila te čini 80% površine oka. Jedna od funkcija bjeloočnice je očuvanje očnog tlaka.

**Šarenica ili iris** je obojeni dio oka koji okružuje zjenicu. To je ravna struktura, jedinstvena u svojoj boji, uzorku i strukturi. Vaše dvije šarenice mogu vas indentificirati kao što to mogu otisci prstiju. Boja šarenice se tokom prvih godina života mijenja, a do promjena može doći čak do desete godine života. Boja ovisi o količini pigmenta kojeg šarenica zadržava. U šarenici se nalaze dva mišića. To su sfinkter te dilatator. Sfinkter je mišić koji stišće zjenicu i ograničava količinu svjetla koje može ući u oko te putovati kroz očnu leću do mrežnice. Što je zjenica manja, to je šarenica veća. Dilatator je mišić koji proširuje zjenicu pri slabom osvjetljenju kako bi se povećala količina svjetla koje ulazi u oko. Širenje zjenice smanjuje veličinu šarenice.

**Zjenica ili pupila** je okrugli otvor u centru šarenice. Zjenica se doima crnom jer se kroz otvor vidi vrlo pigmentirani unutrašnji sloj mrežnice. Ona čini okrugli otvor kroz koji prolazi svjetlost kako bi nastala slika koju vidimo. Kod boravka na jakom svjetlu zjenica se sužava, a na slabom svjetlu se širi. Što je zjenica manja, šarenica je veća, a nastala slika je bolja jer se smanjio utjecaj sfernih aberacija. Taj mehanizam omogućava ulazak dovoljne količine svjetla, odnosno svjetlosnih signala koji će biti pretvoreni u vid, a istovremeno zaštićuje retinu i druge strukture oka od mogućeg oštećenja svjetlom.

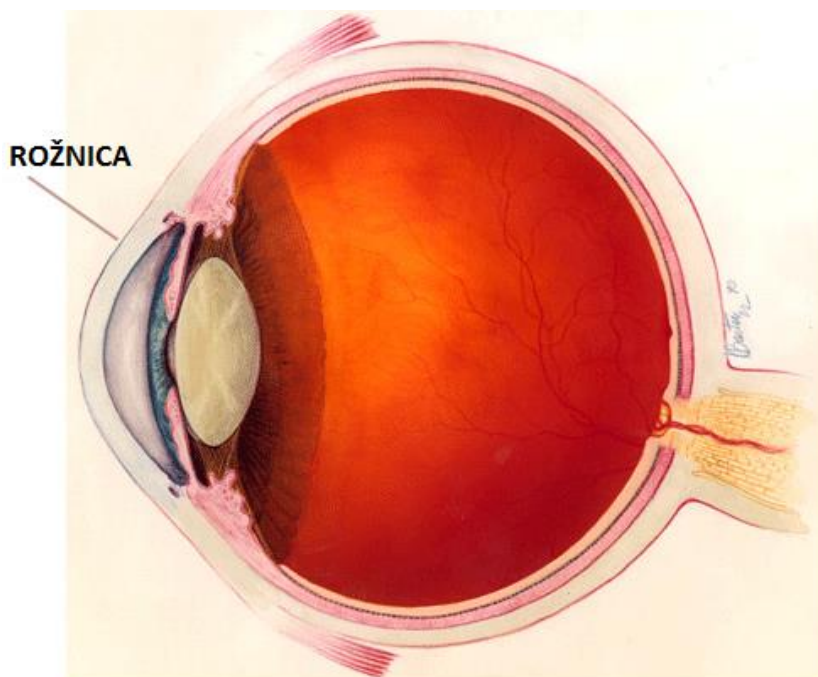


Sl.3. Vanjski dijelovi oka

## 2.2. Unutarnji dijelovi oka

**Rožnica ili cornea** je prozirna struktura vanjske očne ovojnice smještena u prednjem dijelu oka. Čini glavni refrakcijski sustav oka na kojem se lomi svjetlo pri ulasku u oko. Prednja i stražnja strana rožnice nisu jednako zakrivljene već je prednja strana manje konveksna nego što je stražnja strana konkavna. Stoga je rožnica zapravo optička leća optičke jakosti cca 43 dioptrije. S vanjske strane graniči sa zrakom, a stražnju stranu okružuje očna vodica koja ispunjava prednju očnu šupljinu. Ima oblik horizontalno smještene elipse, horizontalno mjeri 11.5-12mm, a vertikalno 11mm.

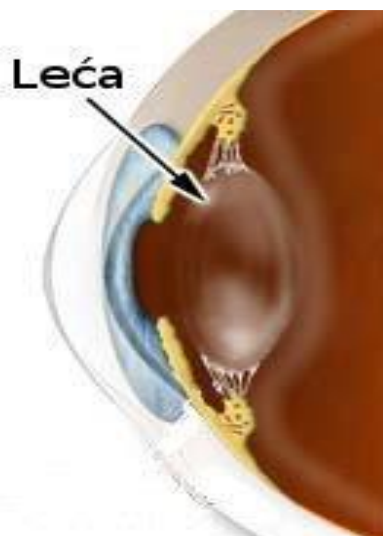
Rožnica je toliko bogata živcima da je najosjetljivije tkivo u tijelu. Ne sadržava krvne žile jer mora biti prozirna za prolazak svjetla. Središnji dio rožnice dobiva kisik iz zraka pa kontaktne leće moraju biti propusne za zrak kako bi se mogle nositi na oku dulje vrijeme. Rožnica može biti različito zakrivljena u različitim meridijanima. Ta pogreška se naziva astigmatizam i uzrokuje iskrivljenu sliku na mrežnici. Degenerativna bolest pri kojoj se rožnica stanjuje i postaje izbočena naziva se keratokonus. Dovoljna debljina rožnice je važan preduvjet za lasersko skidanje dioptrije.



Sl.4. Prikaz rožnice

**Leća** je prozirna, bikonveksna struktura koja je smještena iza šarenice. Prozirna je i nema krvnih žila, kao ni rožnica. Debljina leće mijenja se ovisno o akomodaciji. Akomodacija se sposobnost oka vidjeti oštro predmete koji se nalaze na raznim udaljenostima ispred oka, ovisno o promjenama dioptrijske jakosti očne leće. Gledano sprijeda ona je okrugla, dok je u presjeku ovalna (bikonveksna). Ukupno se sastoji od 65% vode i 35% bjelančevina te vrlo malo drugih tvari. Leća predstavlja glavni optički „uređaj“ našeg oka zbog svojih dviju osobina.

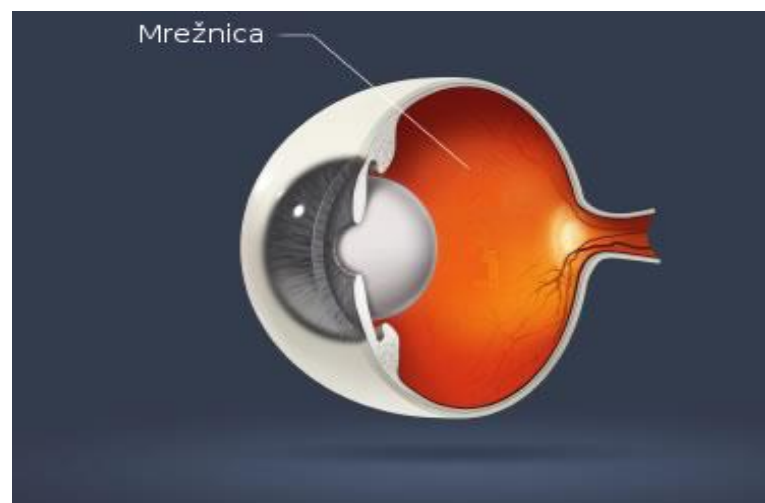
Prvo, potpuno je prozirna pa lako propušta svjetlost prema mrežnici. Drugo, kako je leća elastična, potezanjem zonula koje se hvataju na njen ekvator leća mijenja svoj oblik i time dioptrijsku snagu te zrake svjetlosti fokusira na mrežnicu. Starenjem, leća gubi vodu, zadebljava se, povećava specifičnu težinu te postaje čvršća.



Sl.5. Prikaz leće

**Žuta pjega ili makula** je najvažniji dio oka u kojem se stvara centralni dio slike koju gledamo. Ključna je za stvaranje perifernog vida, raspoznavanje boja te za vid u različitim uvjetima osvjetljenja. Blago je ovalno područje na mrežnici oka, veličine oko 5,5 mm. Smještena je između glavnih ogranaka retinalne arterije i vene te je građena od deset kompleksnih slojeva stanica i njihovih veza. Uzroci degeneracije su različiti, a glavni su oksidacija koju uzrokuju tzv. slobodni radikali, slaba cirkulacija i ishranjenost makule. Degeneracija se razvija postupno i bezbolno, osobe traže jače svjetlo za čitanje, teško se snalaze u slabije osvijetljenom prostoru, teško raspoznaju boje lica i sl.

**Mrežnica ili retina** je vrlo nježna, fotosenzibilna membrana koja leži na unutrašnjoj strani očne jabučice. Uloga mrežnice je pretvaranje svjetlosnih signala u električni impuls koji se dalje prenosi putem vidnog živca u mozak. To je moguće zbog vrlo sofisticirane i precizne građe mrežnice, odnosno raznih vrsta stanica koje se u njoj nalaze, a među kojima su najpoznatije štapići i čunjići. Mrežnica je podijeljena na perifernu i centralnu zonu, omogućuje različite vidne funkcije kao što su detaljan centralan vid, percepciju boja, vid u prigušenom osvjetljenju i periferni vid. Žuta pjega se nalazi u središnjem dijelu mrežnice i odgovorna je za oštrinu centralnog vida te u nju pada fokus slike promatranog predmeta.



Sl.6. Prikaz mrežnice

### **2.3. Kako ljudsko oko funkcionira**

Oko je često uspoređivano s fotoaparatom. Svjetlo ulazi kroz rožnicu, prozirni dio očne jabučice koji se može usporediti sa staklom na otvoru fotoaparata. Količina svjetla koje ulazi u oko je kontrolirana zjenicom, otvorom koji se otvara i zatvara poput zatvarača na fotoaparatu. I oko i fotoaparat imaju leću koja fokusira dolazeće svjetlo.

Svjetlost se fokusira na mrežnici, niz fotoosjetljivih stanica koje prekrivaju unutrašnju stranu očne jabučice. Mrežnica djeluje kao film fotoaparata, reagirajući na dolazeće svjetlo i šaljući svjetlosne podražaje putem vidnog živca.

## **3. SVJETLOST**

Svjetlost je svako zračenje koje prouzrokuje neposredno vidljivo opažanje. Ono je ustvari zračena ili reflektivna energija koja kada dospije do čovječjeg oka se u vidnom organu pretvori u vidno opažanje i osjećaj svjetline. Dakle, svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku.

U fizikalnoj optici svjetlost se očituje ili kao val ili čestica odnosno foton. Ovakvo svojstvo „dvostruke“ pojavnosti nazivamo dualnom prirodom svjetlosti. U ovom dijelu optike veliki doprinos dali su Christiaan Huygens (valna optika) i Isaac Newton (ideja o čestičnoj prirodi) u 17. i 18. stoljeću. Ideju o čestičnoj prirodi svjetlosti, fotonu, dovršio je Albert Einstein tek početkom 20. stoljeća.

### **3.1. Utjecaj svjetlosti na oko**

Iako ne poznajemo sve razne osobine svjetla, znamo kako svjetlo putuje. Svjetlosna zraka može biti skrenuta, odbijena, savinuta ili upijena, ovisno o različitim tvarima na koje nailazi. Kada svjetlost putuje kroz vodu ili leću, njezina putanja je savinuta ili refraktirana.

Neke očne strukture imaju refrakcijska svojstva kao voda ili leća te mogu savijati svjetlosne zrake u preciznu točku fokusa ključnu za oštar vid. Većina refrakcija u oku nastupa kada svjetlosne zrake putuju kroz zakrivljenu, prozirnu prednju stranu oka odnosno rožnicu. Očna leća također savija svjetlosne zrake. Čak i suzni film koji prekriva površinu rožnice i spojnice, kao i unutarnje tekućine oka imaju sposobnost refrakcije.

Proces vida započinje kada se svjetlosna zraka, koja se odbija od objekta i putuje kroz optički sustav oka, refraktira i fokusira u točku vidne oštine. Vidna oština je temeljni pokazatelj funkcije oka, to se sposobnost vida da jasno vidi dvije odvojene točke. Označava najbolju moguću vidnu funkciju sa ili bez korekcije naočalama ili kontaktnim lećama. Uredna vidna oština označava se s 1,0 ili 100%. Preduvjet dobre centralne vidne oštine je žarište slike na foveji uredne žute pjege, uz uredne živčane puteve do vidnih centara u mozgu. Foveja je točka u središtu žute pjege s najgušće smještenim čunjićima koja je odgovorna za centralnu vidnu oštinu. To je mjesto na kojem se u normalnom, zdravom oku treba nalaziti žarište. Za dobar vid ta točka mora biti na mrežnici.

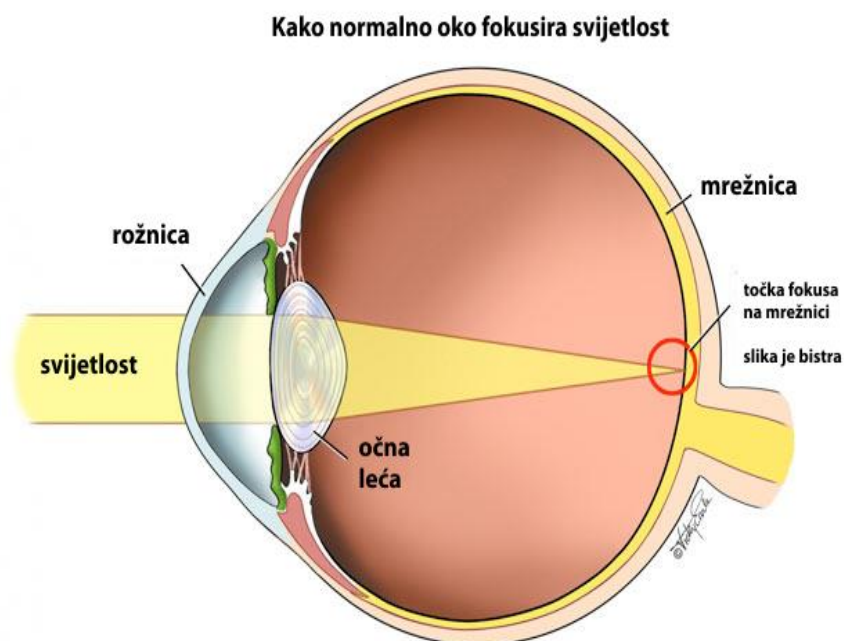
Mrežnica je tkivo koje oblaže unutrašnjost oka, gdje stanice osjetljive na svjetlost (fotoreceptori) hvataju slike na isti način kao i film u fotoaparatu pri izloženosti svjetlu. Te slike se zatim šalju prema mozgu putem vidnog živca gdje se interpretiraju. Mrežnica prekriva veliki dio stražnje stijenke oka, a u geometrijskoj optici predstavlja zastor na kojem optički sustav oka stvara sliku vanjskog predmeta. Slika je realna i obrnuta, a zastor u stalnom položaju.

Stoga se oko mora akomodirati, prilagoditi konvergenciju položaju predmeta. Struktura mrežnice omogućuje detekciju zračenja, odnosno svjetlosnih podražaja te nastajanje živčanih impulsa koji dovode informaciju o podražaju u mozak. Osjetljivi elementi na svjetlost, koji se nalaze na mrežnici, nazivaju se čunjići i štapići, a oni su preko živčanih vlakana spojeni na očni živac. Na stražnjoj strani mrežnice nalazi se žuta pjega koja sadrži žuti pigment, a u njenom središtu je smještena jamica koja nastaje stanjenjem mrežnice koja se na tom mjestu sastoji samo od čunjića velike gustoće. S udaljenošću od jamice povećava se gustoća štapića u donosu na broj čunjića.



Na mjestu ulaska očnog živca u oko nema ni štapića ni čunjića i tu se slika ne vidi, to je slijepa pjega oka.

Kada oko gleda neki objekt, zrake svjetlosti se odbijaju od taj objekt. Prva zraka koja dolazi paralelno sa glavnom optičkom osi refraktira se na leći te prolazi kroz fokus. Druga zraka prolazi kroz centar leće. Točka gdje se sijeku ta dva pravca označava mjesto gdje će nastati slika koju vidi oko.



Sl.7. Prikaz nastanka slike na normalnom oku

### **3.1. Utjecaj svjetlosti na čovjeka**

Svjetlost je vrlo važna za čovjeka jer osim što donosi vidnom centru mozga informacije utječe i na regulacijske organe vegetativnog živčanog sustava koji upravlja cjelokupnom izmjenom tvari u ljudskom organizmu i njegovim tjelesnim funkcijama. Dokaz tomu je da ljudi koji su izloženi dobroj svjetlosti su bolje raspoloženi, ugodnije se osjećaju, više su koncentrirani, imaju veću želju za radom te su manje umorni. Učinak svjetlosti na čovjeka ovisi o značajkama svjetlosnih zraka i svojstvima dijelova tijela na koje te zrake padaju. Hormonalna ravnoteža čovjeka ovisi o kvaliteti svjetla koje se unosi preko očiju. Vitamin D igra važnu ulogu u apsorpciji kalcija, a generira se pod utjecajem dnevnog svjetla na kožu. Za pravilan razvoj očiju neophodna je sunčeva svjetlost.

### **3.2. Potrebna količina svjetlosti**

Većina elementarnih vidnih funkcija kao što su akomodacija, adaptacija, brzina zapažanja i oštrina vida ukazuju na zakonitost ovisnosti o razini osvjetljenosti. Sve te vidne funkcije kod čovjeka postižu maksimalnu vrijednost tek kad dosegnu osvjetljenost od oko 10 000 luxa. Neke vidne smetnje kao što su slabiji vid zbog starosti, mogu se kompenzirati jakim osvjetljenjem. Pa tako za izvršenje istog vidnog zadatka jednako brzo i kvalitetno starije osobe trebaju više svjetlosti od mlađih. Ova razlika u potrebnoj količini svjetlosti se smanjuje povišenjem osvjetljenosti. To znači da visoki nivo osvjetljenosti može ostvariti jednako dobre radne zadatke za sve ljude različite starosne dobi.

## **4. ELEMENTARNE VIDNE FUNKCIJE**

### **4.1. Akomodacija**

Akomodacija oka je sposobnost očne leće da mijenja svoju jakost kako bi od bližih predmeta nastala jasna slika na mrežnici. Normalno oko vidi jasno ako stvara slike na mrežnici. Budući da je udaljenost mrežnice od ulazne plohe rožnice stalna, potrebno je da oko poveća svoju konvergenciju (jakost) to više što je predmet kojeg promatra bliži. Dakle, oko se akomodira odnosno prilagođava jakost prema položaju predmeta ne bi li se slika uvijek stvarala na mrežnici.

#### **Daleka točka**

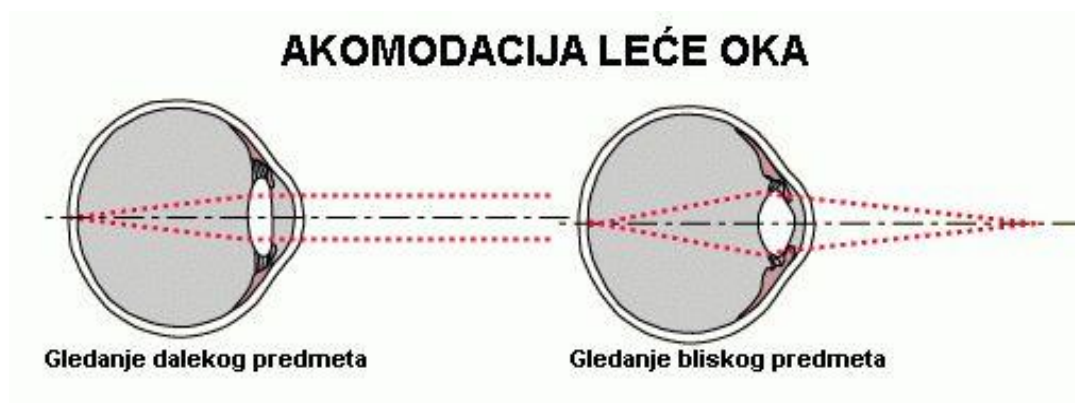
Daleka točka je točka kod koje oko najmanje konvergencije stvara sliku na mrežnici, oko tada nije napregnuto. Ta se točka za normalno oko nalazi u beskonačnosti te daje jasan vid.

#### **Bliska točka**

Bliska točka je točka kod koje oko najveće konvergencije stvara na mrežnici sliku nekog predmeta koji se nalazi na najmanjoj daljini jasnog vida. Tada je oko napregnuto. Normalno oko ima točku R (daleku točku) u beskonačnosti, dok je točka P (bliska točka) na udaljenosti od 7 cm do 40 cm ispred rožnice u životnoj dobi od 10 do 50 godina.

Kod akomodacije oka važnu ulogu ima cilijarni mišić. Cilijarni mišić je glatki parni mišić glave koji se nalazi unutar očne jabučice. Djelovanje mišića dolazi do izražaja tijekom prilagodbe oka odnosno tijekom prilagođavanja jačine loma svjetlosti u zavisnosti od blizine promatranog objekta. Kad su promatrani predmeti bliže, cilijarni se mišić kontrahira i tako povećava sagitalni promjer očne leće čime se povećava njena lomna jakost. Tijekom promatranja udaljenih predmeta zbiva se obrnut proces. Pri pogledu na daljinu kod ljudi sa normalnim vidom cilijarni mišić oka je olabavljen, aparat leće je zategnut i prednja površina leće je manje zakrivljena.

Međutim, kod pogleda na blizinu cilijarni mišić se steže i povlači liniju leće prema naprijed, prednja površina leće se više izboči i mijenja svoju zakrivljenost. Steže se zjenica i oba oka konvergiraju. Osobe sa normalnim vidom na daljinu nemaju akomodaciju. Akomodiraju samo na blizinu. Kratkovidna osoba ima slabo izraženu akomodaciju, dok dalekovidna osoba akomodira i na blizinu i na daljinu.



Sl.8. Prikaz akomodacije leće oka

## 4.2. Adaptacija

Adaptacija je sposobnost oka da se prilagodi različitim razinama svjetlosti i tame. Ulaskom u jako osvijetljen ili jako mračan prostor određeno vrijeme ništa ne vidimo. Kod adaptacije oka, funkcija detekcije svjetlosti se prebacuje sa čunjića na štapiće i obrnuto. Brzina potpune adaptacije na tamu ovisi o količini svjetla kojemu je oko izloženo prije ulaska u tamu, dok adaptacija na svjetlo nastaje izlaganjem oka sjaju svjetlosti nakon adaptacije na tamu. U tom je trenutku znatno smanjena osvijetljenost mrežnice.

## 4.3. Kontrast

U subjektivnom smislu, kontrast je ocjena razlike izgleda dvaju područja vidnog polja koji su promatrani istovremeno ili uzastopno (prividni kontrast).

Objektivno gledano kontrast sjajnosti (fotometrijski kontrast) definiran je:

$$LC = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \quad \text{gdje su : } L_1\text{-sjajnost pozadine}$$

$L_2$ -sjajnost objekta

Kontrastna osjetljivost jednaka je recipročnoj vrijednosti kontrasta sjajnosti ( $L_c$ ). Što je manja razlika sjajnosti objekata i pozadine, to je veća kontrastna osjetljivost. U praksi na kontrastnu osjetljivost utječe okolina, adaptacija oka i drugi sekundarni faktori, kao i izvori blještanja u vidnom polju.

$$C = \frac{L_1}{L_2 - L_1}$$

#### **4.4. Brzina zapažanja**

Brzina zapažanja je recipročna vrijednost vremenskog intervala između pojave nekog objekta ili kontrasta i njegovog zapažanja.

#### **4.5. Dubinsko viđenje**

Dubinsko viđenje je sposobnost razlikovanja između raznih objekata na različitim udaljenostima. Kod gledanja sa oba oka, osjetljivost na razlike udaljenosti je vrlo velika, npr. na 1m moguće je razlikovati međusobni razmak od 0,4mm, na 10m-4cm, na 100m-3,7m, na 1000m-275m, a preko 1300m više ne postoji dubinsko razlikovanje u odnosu na beskonačnu udaljenost.

#### 4.6. Oštrina vida

Oštrina vida je sposobnost oka da razabire fine detalje i da jasno vidi dvije odvojene točke. Označava se kvantitativno mjerenjem sposobnosti oka da uoči sliku u fokusu na određenoj udaljenosti. Standardna definicija normalne oštrine vida (20/20 ili 6/6) jest sposobnost oka da jasno vidi i razluči dvije točke odvojene kutem od jedne lučne minute. Vidna se oštrina najčešće mjeri Snellenovim optotipom, najprije na desnom, a zatim na lijevom oku.

Najmanji kut pod kojim prosječno oko vidi dvije točke kao odvojene iznosi jednu lučnu minutu i naziva se minimum separabile. Taj kut je fiziološki zadan veličinom čunjića u makuli. Da bi se dvije točke vidjele kao odvojene, moraju podražiti svaka barem po jedan čunjić između kojih je barem jedan nepodraženi čunjić.

Na osnovu kuta od jedne lučne minute izrađene su tablice za ispitivanje vidne oštrine ili optotipi. Na optotipu je 10 redova slova, najveća su na vrhu, a prema dnu se smanjuju.

<b>E</b>	1	20/200
<b>F P</b>	2	20/100
<b>T O Z</b>	3	20/70
<b>L P E D</b>	4	20/50
<b>P E C F D</b>	5	20/40
<b>E D F C Z P</b>	6	20/30
<b>F E L O P Z D</b>	7	20/25
<b>D E F P O T E C</b>	8	20/20
<b>L E F O D P C T</b>	9	
<b>T D F L T C D O</b>	10	
<b>F E E L O T T E</b>	11	

Sl.9. Tablica za ispitivanje vidne oštrine

## 5.DIOPTRIJA

Dioptrija je mjera jakosti loma zraka svjetlosti, odnosno refrakcije. Dioptrija nije međunarodno priznata mjera, no svakodnevno se zbog praktičnosti koristi u oftamologiji i očnoj optici. Matematički se definira kao recipročna vrijednost žarišne udaljenosti. To u praksi znači da leća, od primjerice 3 dioptrije, fokusira zrake koje dolaze od nekog dalekog predmeta u jedno oko žarište udaljeno jednu trećinu metra odnosno 33 cm od leće.

Lomna jakost ljudskog oka je oko 60 dioptrija od čega dvije trećine pripadaju površini oka, odnosno rožnici, a jedna trećina očnoj leći. Kod mlađih osoba očna leća ima važnu funkciju akomodacije, odnosno prilagodbe pri gledanju bliskih predmeta. Nakon 40-te godine života očna leća postupno gubi sposobnost akomodacije te se javlja staračka dalekovidnost.



Sl.10. Dioptrijske naočale

## 5.1. Naočale

Naočale su očno pomagalo koje ispravljaju poremećaje vida kao šta su dalekovidnost, kratkovidnost ili astigmatizam. Naočale ne mogu nadmašiti kontaktne leće u vidnoj oštini posebno kod visokih dioptrija i astigmatizma. Također omogućuju neograničenu širinu vidnog polja, što je posebno važno za vozače, fotografe i druga zanimanja. Postoji velika raznolikost u namjeni i izradi leća za naočale. Leće naočala izrađuju se od stakla (krunsko staklo) ili od plastike (polikarbonat). Oba materijala imaju prednosti i nedostatke. Staklene leće su tanje, otpornije na grebanje, ali su i teže. Plastične leće su lagane ali su zato osjetljivije na grebanje i deblje su od staklenih leća iste dioptrije. Ovi materijali se mogu različitim fizikalnim i kemijskim postupcima prilagoditi posebnim namjenama.

Leće naočala mogu biti jednostavne, bifokalne te progresivne. Jednostavne leće daju sfernu ili astigmatisku korekciju i najčešće su u upotrebi. Bifokalne leće se sastoje od glavne leće i dodatka za vid na blizinu. Progresivne leće na prvi pogled izgledaju kao i jednostavne leće, no njihova površina je zakrivljena po složenoj krivulji tako da joj se dioptrijska snaga progresivno mijenja od donjeg dijela koji služi za čitanje do gornjeg dijela za gledanje na daljinu. Nošenje ove vrste naočala zahtijeva privikavanje od nekoliko dana do nekoliko mjeseci kako bi pacijent automatizirao gledanje kroz određenu zonu naočala.



Sl.11. Naočale sa lećama od stakla



## 5.2. Leće

Kontaktne leće su korektivne, kozmetičke ili terapijske leće stavljene na rožnicu oka. Moderne meke kontaktne leće izumili su Otto Wichterle i Drahoslav Lim, kao i prvi gel koji je korišten kao materijal za njihovu izradu. Kontaktne leće obično služe korektivnoj svrsi kao i uobičajene naočale.

Ljudi se odlučuju na nošenje kontaktnih leća zbog mnogo razloga. Najčešće zbog njihovih karakteristika poput naizgledne nevidljivosti te praktičnosti. Uspoređujući ih s naočalama, kontaktnim lećama manje smetaju vremenske nepogode, ne zamagljuje se, osiguravaju veće vidno polje te su pogodnije za sportske aktivnosti.

Dvije su osnovne vrste kontaktnih leća: tvrde i meke. Meke kontaktne leće se bolje podnose, mogu se dulje nositi tijekom dana nego tvrde leće, a postoje i posebne vrste vrlo tankih mekih leća s visokim postotkom vode koje se mogu nositi neprekidno i do mjesec dana. Nedostatak mekih leća je taj što su jako nježne i krhke pri rukovanju, a ako se osuše, propadnu.

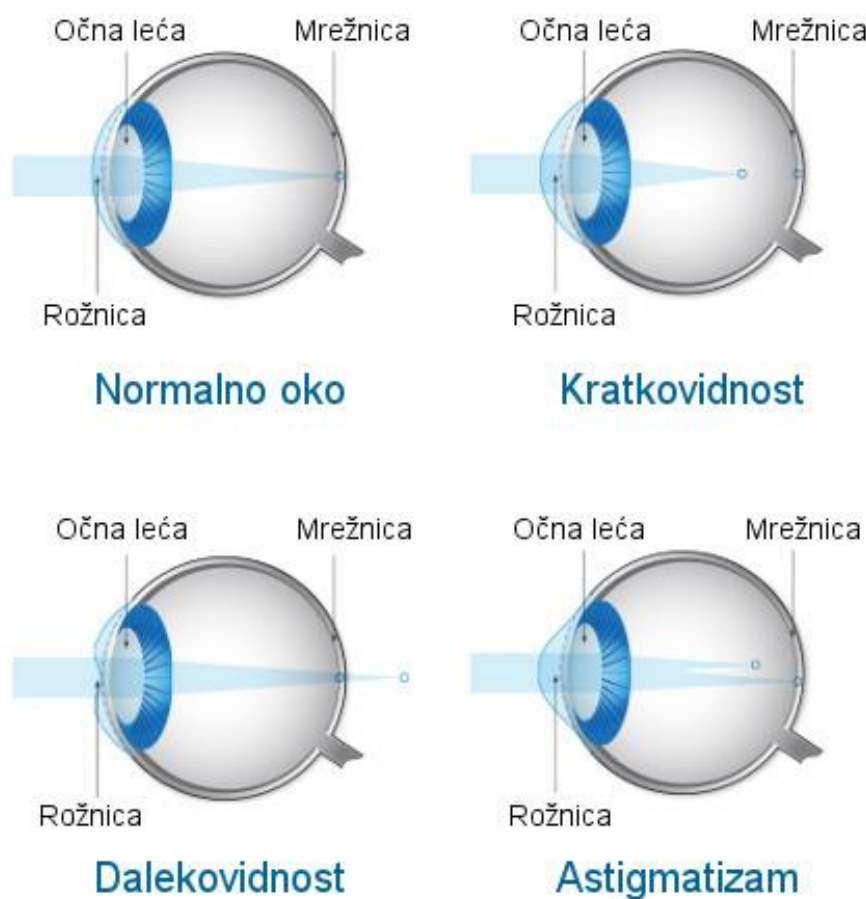


Sl.12. Prikaz meke kontaktne leće

## 6. ANOMALIJE OKA

Oko često zamišljamo kao savršen receptor i pretvarač stvarnih slika iz okoline. Tako je jednostavnije objasniti proces stvaranja slike i njezino pretvaranje u električni impuls koji se zatim u centru za vid oblikuje u sliku i doživljaj.

No, u stvarnosti nije baš uvijek tako. Promatrajući neki brojčani uzorak populacije možemo ustanoviti da jedan dio njih ima neku pogrešku oka zbog kojeg slabije vidi. Na organ vida mogu utjecati mnogi nasljedni i nenasljedni faktori, posljedica čega su blaža ili teža oštećenja vida.

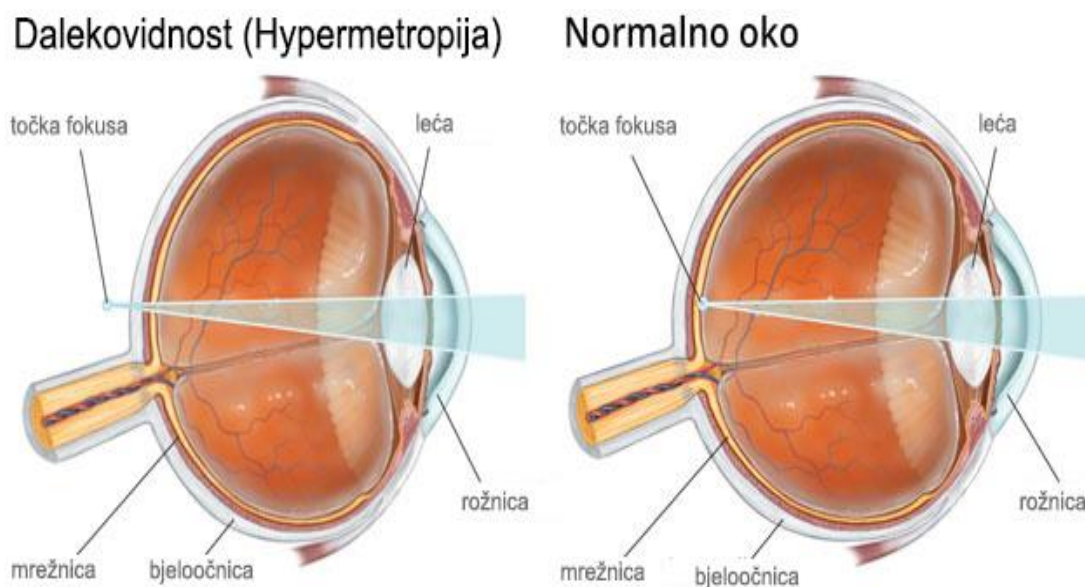


SI.13. Prikaz anomalija oka

## 6.1. Dalekovidnost

Dalekovidnost predstavlja poremećaj lomljenja zraka u oku u kojem kada je akomodacija opuštena, paralelno usmjereno svjetlo proizvodi sliku iza mrežnice umjesto na mrežnici kao što je to kod normalnog oka. To se najčešće događa ako je očna jabučica prekratka, što uzrokuje poteškoće s naglaskom na bližim predmetima, te u ekstremnim slučajevima uzrokuje nemogućnost usredotočenja na predmete na bilo kojoj udaljenosti. Kako se predmet približava oku ono mora povećati svoju optičku moć kako bi sliku zadržalo u fokusu na mrežnici. Kod dalekovidne osobe moć rožnice i leće nije dovoljna te se pojavljuje zamagljena slika.

Dalekovidnost je također i stanje u kojem oko sa starenjem pokazuje progresivno smanjenje sposobnosti da se akomodira na objekte u neposrednoj blizini. Točni mehanizmi nastanka dalekovidnosti nisu utvrđeni. Međutim, većina istraživanja podupire teoriju gubitka elastičnosti kristalne leće, iako se kao moguć uzrok navode i promjene u zakrivljenosti leće koje se objašnjavaju kontinuiranim rastom i gubitkom snage ciljarnog mišića. Baš kao i sijeda kosa i bore, dalekovidnost je simptom uzrokovan prirodno tijekom starenja. Prvi simptomi obično se najprije primjećuju oko 40 – 50 godine.

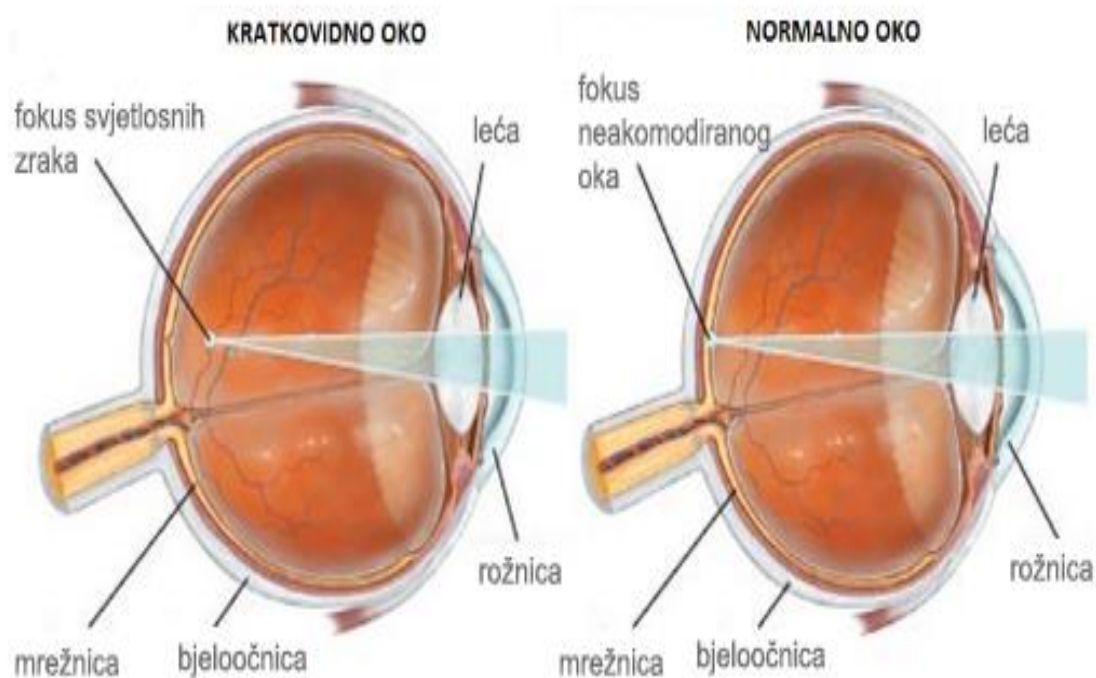


Sl.14. Usporedba normalnog i dalekovidnog oka

## 6.2. Kratkovidnost

Kratkovidnost predstavlja poremećaj lomljenja zraka u oku u kojem kada je akomodacija opuštena, paralelno usmjereno svjetlo proizvodi sliku ispred mrežnice umjesto na mrežnici kako je to kod normalnog oka. Ljudi s kratkovidnošću jasno vide bliske objekte, ali se udaljeniji objekti vide zamućeno. Očna jabučica kod kratkovidnih osoba je preduga ili je rožnica preizbočena pa su slike fokusirane u staklovini, unutar oka, umjesto na mrežnici u stražnjem dijelu oka.

Oftomolozi najčešće ispravljaju kratkovidnost nošenjem korektivnih leća kakve su naočalne ili kontaktne leće, a može se ispraviti i laserskom kirurgijom. Korektivne leće imaju negativnu optičku jakost što kompenzira pozitivnu dioptriju kratkovidnog oka. U nekim slučajevima pacijenti s niskim stupnjem kratkovidnosti upotrebljavaju naočale koje umjesto klasičnih leća imaju površinu punu rupica širine jednog milimetra. One djeluju na principu smanjenja zamućenog kruga koji se stvara na mrežnici.

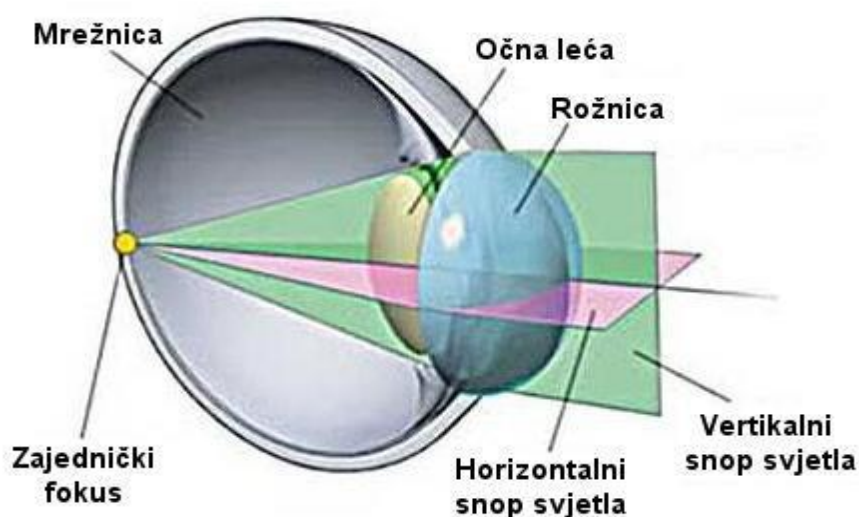


Sl.15. Usporedba normalnog i kratkovidnog oka

### 6.3. Astigmatizam

Astigmatizam je refrakcijska pogreška oka koja se još naziva cilindar. Nastaje zbog nepravilno zakrivljene rožnice koja zrake svjetla ne lomi u svim meridijanima jednako, a ponekad i zbog nepravilno zakrivljene očne leće. U svrhu podjele definirana su dva zamišljena meridijana oka koja su okomita jedan na drugi, vertikalni i horizontalni.

Rožnica bez astigmatizma:



Sl.16. Prikaz rožnice bez astigmatizma

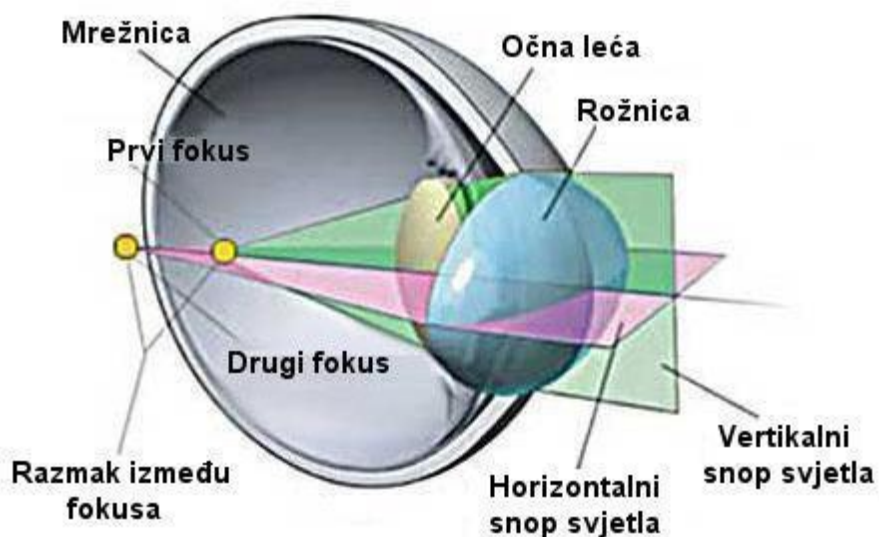
Postoji više vrsta astigmatizma. Pravilni astigmatizam je slučaj kod više od 80% ljudi sa astigmatizom. Nastaje kada se dva glavna zamišljena meridijana nalaze pod pravim kutem. Takav astigmatizam je najčešće podložan ispravljanju. Ako glavni meridijan leži pod pravim kutem, ali su postavljeni koso, takav astigmatizam naziva se kosi astigmatizam.

Nepravilni astigmatizam je astigmatizam kod kojeg dva glavna meridijana nisu okomita jedan na drugi. Ovaj tip astigmatizma je uglavnom uzrokovan zbog bolesti rožnice ili nastaje kao posljedica ozljede ili upale rožnice.

Simptomi su zamagljen i nejasan vid, deformirana slika ili deformirana tiskana slova pri čitanju. Kod blagog astigmatizma osoba se ne primjeti postojanje poremećaja jer se zamagljen vid ispravlja akomodiranjem dok visoki stupanj astigmatizma uzrokuje značajnije probleme s vidom i nemoguće ga je ne primijetiti. Kod djece se pri dugotrajnom čitanju pojavljuje glavobolja i povećan umor.

Pravilni astigmatizam se može korigirati dioptrijskim naočalama, kontaktnim lećama ili kirurškim zahvatom. Ta grana kirurgije se naziva refrakcijska kirurgija. Korekcija nepravilnog astigmatizma je otežana. Koriste se kontaktne leće, ali ponekad pomaže samo operacija. Astigmatizam može biti stabilan, ali isto tako se stanje često pogoršava, zato je iznimno važno redovito posjećivati oftamologa zbog dobivanja potrebne korekcije. Najčešće se koriste cilindrične leće koje korigiraju zrake u samo jednoj ravnini.

#### Rožnica deformirana astigmatizmom:



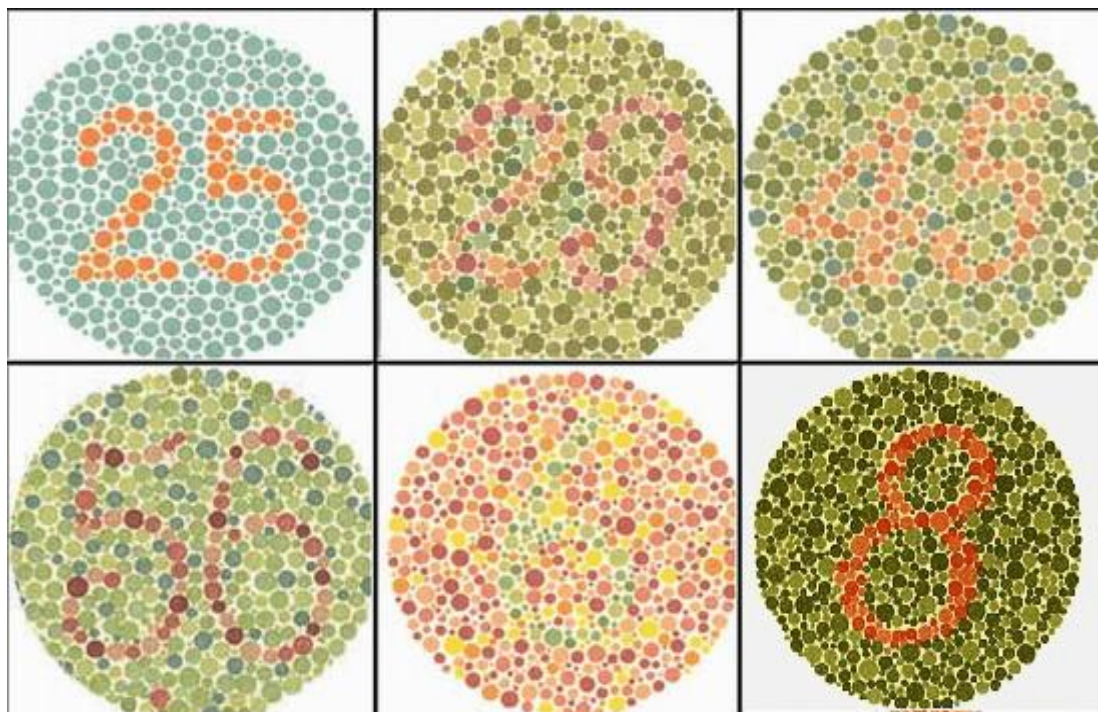
Sl.17. Prikaz rožnice sa astigmatizmom

## 6.4. Daltonizam

Daltonizam je poremećaj prepoznavanja boja. Osobe koje pate od tog poremećaja imaju poteškoća sa prepoznavanjem određenih boja kao šta su plava, žuta, crvena ili zelena. Daltonizam je nasljedno stanje koje češće pogađa muški nego ženski spol. Sa problemima raspoznavanja boja susreće se otprilike 8% muškaraca i manje od 1% žena.

Problem prepoznavanja crvene i zelene boje je najčešći problem daltonizma. Rjeđi je slučaj nasljeđivanje nesposobnosti prepoznavanja plavih i žutih nijansa boja. Takav poremećaj pogađa u istom broju i muškarce i žene.

Daltonizam nastupa kada stanice osjetljive na svjetlost u mrežnici ne mogu pravilno reagirati na varijacije valnih duljina svjetlosti koje nam omogućuju da vidimo cijeli niz boja. Trenutno ne postoji lijek za daltonizam.



Sl.18. Prikaz testa za daltonizam

## **6.5. Monokromazija**

Monokromazija ili potpuna sljepoća na boje je najrjeđi oblik sljepoće na boje gdje oboljeli nemože prepoznati nijednu boju osim sive, kao u crno-bijelom filmu. Uzrokovana je nedostatkom ili defektom čunjića. Monokromazija se pojavljuje kada nedostaju dva ili tri pigmenta čunjića i percepcija boje i svjetla je svedena na jednu dimenziju. Javlja se u dva osnovna oblika.

Monokromazija sa štapićima je rijetka neprogresivna nesposobnost raspoznavanja bilo koje boje zbog nedostatka ili disfunkcije čunjića. Također je pojavna fotofobija, nistagmus i mala oštrina vida.

Monokromazija sa čunjićima je rijedak oblik totalne sljepoće za boje. Međutim, ljudi s monokromazijom imaju normalnu oštrinu vida te normalan elektroretinogram i elektrookulogram.

## **6.6. Noćno sljepilo**

Za razliku od sljepoće na boje (daltonizam), nije poremećaj sam po sebi, već simptom određenog stanja. Može se pojaviti kod ljudi svih dobnih skupina, čak i kod male djece. Noćno sljepilo nije potpuni nedostatak vidne oštrine noću, kao šta samo ime govori. Riječ je o sniženoj vidnoj oštrini noću ili u uvjetima slabijeg osvjetljenja.




Drugi naziv za noćno sljepilo je nyctalopia što znači umanjena adaptacija na tamu koja nastaje zbog poremećaja u stanicama mrežnice koje su odgovorne za vid u slabijim svjetlosnim uvjetima. Može biti stečena ili urođena.



## 7. SPEKTRALNA OSJETLJIVOST OKA

Spektralna osjetljivost oka se odnosi na to da vidljivost ovisi o intenzitetu svjetlosti. Mrežnica sadrži dvije vrste fotoreceptorskih stanica: čunjiće i štapiće. Čunjići služe za gledanje uz normalnu i jaku rasvjetu, a štapići za gledanje uz vrlo slabo osvjetljenje, noću ili u tamnim prostorima. Čunjići stvaraju obojenu, a štapići samo sivo-crnu sliku. Dakle, pomoću čunjića u mrežnici raspoznajemo boje. Prvi je Hermann Helmholtz ukazao da čovjek ima tri skupine čunjića. To su čunjići osjetljivi na „crvenu“ svjetlost, čunjići osjetljivi na „zelenu“ svjetlost i čunjići osjetljivi na „plavu“ svjetlost. Svaka se druga boja može stvoriti slaganjem crvene, zelene i plave svjetlosti. Kad svjetlost padne na mrežnicu osjete je jedna ili više skupina čunjića, ovisno o boji svjetlosti. Npr. žuta svjetlost će djelovati na crvene i zelene čunjiće, ali neće na plave. Podražaj čunjića pretvara se u električni impuls koji se kroz vidni živac prenosi u mozak.

Ljudsko oko reagira samo na vrlo ograničeni raspon valnih duljina, na vidljivu svjetlost. Međutim, ono odlično raspoznaje i vrlo male razlike unutar tog raspona. Te male razlike nazivamo boje. Boje su dakle male frekvencijske razlike u području vidljive svjetlosti. Najkraću valnu duljinu imaju plava i ljubičasta svjetlost, dok najdulju ima crvena svjetlost. Spektar vidljivog zračenja čine ljubičasta, plava, zelena, žuta, narančasta i crvena boja.

Boja	Valna duljina [nm]
 Ljubičasta	390 - 455
 Plava	455 - 492
 Zelena	492 - 577
 Žuta	577 - 597
 Narančasta	597 - 622
 Crvena	622 - 780

Sl.19. Prikaz vidljivog zračenja

Bijela svjetlost je sastavljena od kontinuiranog niza svih boja vidljivog spektra. U praksi pod bojom nekog tijela možemo smatrati boju koje tijelo reflektira kada je osvijetljeno bijelom svjetlošću, odnosno tijelo će biti obojeno nekom bojom ako mu površina apsorbira bijelu svjetlost samo na određenom valnom području. Dakle, boja ovisi o frekvenciji reflektiranog zračenja. Bijela površina je ona koja u jednakoj mjeri reflektira sva valna područja bijele svjetlosti. Crna površina je ona površina koja u potpunosti apsorbira bijelu svjetlost. Siva površina u jednakoj mjeri reflektira sva valna područja bijele svjetlosti, ali ih i djelomično apsorbira. Bijela, crna i siva su akromatske boje, a sve ostale boje su kromatske.

Osnovne karakteristike kromatskih boja su:

- ton (pojam vezan za ime boje, npr. crvena, plava, žuta)
- svjetlina (ovisi o intenzitetu zračenja)
- zasićenost (ovisi o čistoći boje).



Sl.20. Spektar boja

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom seminaru smo oko prikazali kao optički uređaj. Taj nadasve maleni dio našega tijela čini jednu od najvažnijih uloga u našem tijelu i našem životu. Više od 80% osjetilnih podražaja dolazi nam kroz osjetilo vida, kroz oko.

Upoznali smo njegovu kompleksnu građu i funkcije pojedinih dijelova. Na fizikalni način smo objasnili kako nastaje slika kroz zakone optike. Međutim, kako oko nije savršeno, događaju se i razni poremećaji u akomodaciji oka kao npr. dalekovidnost, kratkovidnost, astigmatizam...

U slučaju da se primijete neke promjene u funkciji oka, jako je bitno konzultirati se sa liječnikom jer sam život po sebi može biti veoma otežan bez zdravog osjetila vida.

## 9. LITERATURA

- [1] Optometrija: Anatomija oka, dijelovi oka, <http://optometrija.net/anatomija-oka/anatomija-oka/> , pristupljeno 07.03.2017.
- [2] Kontaktne leće: Anatomija i fizika, <http://www.kontaktne-lece.eu/anatomija-oka> ,pristupljeno 05.03.2017.
- [3] Zavod za fiziku i biofiziku: Model oka, pogreške optičkog sistema oka [http://www.physics.mef.hr/Predavanja/seminar\\_optika/](http://www.physics.mef.hr/Predavanja/seminar_optika/) , pristupljeno 08.03.2017.
- [4] Centar optike: Pogreške oka i načini korekcije, <http://www.centaroptike.com/cd/543/pogreske-oka-i-nacini-korekcije> , pristupljeno 09.03.2017.
- [5] Wikipedia: Svjetlost, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>, pristupljeno 09.03.2017.

## 10.PRILOZI

### 10.1.POPIS SLIKA:

	Stranica
Sl.1. Ljudsko oko.....	1.
Sl.2. Dijelovi oka.....	2.
Sl.3. Vanjski dijelovi oka.....	3.
Sl.4. Prikaz rožnice.....	4.
Sl.5. Prikaz leće.....	5.
Sl.6. Prikaz mrežnice.....	6.

Sl.7. Prikaz nastanka slike na normalnom oku.....	8.
Sl.8. Prikaz akomodacije leće oka.....	10.
Sl.9. Tablica za ispitivanje vidne oštrine.....	12.
Sl.10. Dioptrijske naočale.....	13.
Sl.11. Naočale sa lećama od stakla.....	14.
Sl.12. Prikaz meke kontaktne leće.....	15.
Sl.13. Prikaz anomalija oka.....	16.
Sl.14. Usporedba normalnog i dalekovidnog oka.....	17.
Sl.15. Usporedba normalnog i kratkovidnog oka.....	18.
Sl.16. Prikaz rožnice bez astigmatizma.....	19.
Sl.17. Prikaz rožnice sa astigmatizmom.....	20.
Sl.18. Prikaz testa za daltonizam.....	21.
Sl.19. Prikaz vidljivog zračenja.....	23.
Sl.20. Spektar boja.....	24.