

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Katarina Galić



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko – tehnološki

ZAVRŠNI RAD

CAMERA OBSCURA

Mentor:

doc. dr. sc. Miroslav Mikota

Student:

Katarina Galić

Zagreb, 2018.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

SAŽETAK:

Camera obscura uređaj je koji nema leću, a čiji objektiv čini obična rupica koja propušta svjetlost i projekcijom stvara obrnutu sliku. Tijelo kamere ne smije propuštati svjetlost i može biti napravljeno na više načina i od više materijala. Za razliku od fotografskog aparata s lećom *camera obscura* ima neograničenu širinu kuta snimanja i kontinuiranu dubinsku oštrinu od nule do beskonačnosti. Još u 4. stoljeću prije Krista, Grci pišu o pojavama osnovne *camere obscurae* u prirodi i svugdje oko nas, a upotreba *camere obscurae* ostaje sve do danas. *Camera obscura* je neprecizna tako da prolazi proces kalibracije. Za razliku od moderne fotografije gdje je uglavnom naglasak na rezultatima, kod korištenja *camere obscurae* naglasak je na samom procesu.

Ključne riječi: *camera obscura*, fotografija, fotografski film, eksponiranje

ABSTRACT:

Camera obscura is a device that does not have a lens. Its object glass is made of simple hole that lets light in and then with a projection creates reversed picture. Camera body must not let the light in and it can be created in various ways and be made of several materials. Unlike photo cameras with a lens, camera obscura has unlimited width angle of an image and it has continuous depth sharpness from zero to infinity. Back in 4th century BC, the Greeks wrote about basic phenomena of camera obscura in nature and around us. The usage of camera obscura still remains. Camera obscura goes through the process of calibration due to its imprecision. Unlike the modern photography where the main stress is on the results, the stress in the usage of camera obscura is in the process itself.

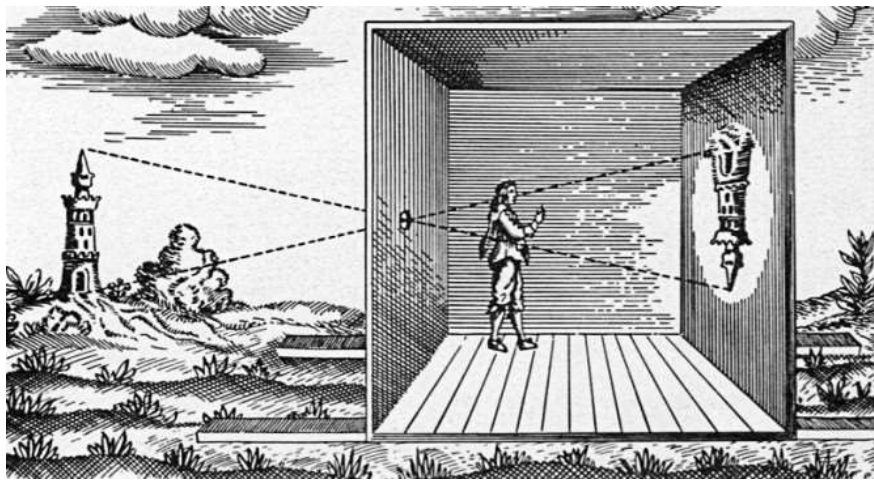
Key words: camera obscura, photography, photographic film, exposing

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Povijest <i>camere obscurae</i>	2
2.2. Prvi izumi	3
2.3. Oblici <i>camere obscurae</i>	4
2.4. Najstarija ilustracija	5
2.5. Funkcija <i>camere obscurae</i>	6
2.6. Kako ustaliti sliku?.....	7
2.7. Postavke ekspozicije	9
2.8. Osvjetljavanje.....	10
2.9. Fotografski materijal	11
2.10. Obrada u tamnoj komori	12
3. PRAKTIČNI DIO	15
3.1. Izrada <i>camere obscurae</i>	15
3.2. Osvjetljavanje filma	25
4. REZULTATI	26
5. ZAKLJUČAK.....	31
6. LITERATURA	32

1. UVOD

Camera obscura je preteča današnjih fotografskih aparata. To je mračna komora u kojoj se na osnovu principa centralne projekcije formira slika vanjske scene. Unutrašnjost kutije boji se crnom bojom kako bi se izbjegle neželjene refleksije. Centar projekcije je rupica. Za fotografske aparate koji nisu velikih dimenzija trebala bi biti manja od 0,5 mm. Ona se treba nalaziti na sredini jedne strane kutije. Nasuprot otvoru, na drugoj stani kutije, nalazi se ravnina na kojoj se projicira slika (slika 1.). Dužina kutije određuje vidno polje fotografskog aparata, tj. njenu žarišnu daljinu. [1]



Slika 1. *Camera obscura*

Izvor: <https://www.photoion.co.uk/blog/camera-obscura/>

Camera obscura otvara područje beskrajnog i neizvjesnog eksperimentiranja. Puno je detalja i mogućnosti kod izrade vlastite *camere obscurae*. Na primjer, što je manja rupica, veća je oštrina slike; što je duža kutija to je veći efekt teleobjektiva i obratno, što je kutija kraća sve više je širokokutna. *Camera obscura* je posebna po tome što ne poznaje problem dubinske oštine koja je kod nje od nula do beskonačno. Osim toga, kamera koja se želi izraditi može imati i više rupica (objektiva), biti kružna, biti od različitih materijala, različitih veličina i slično. Njome možemo postići i efekt neutralnog filtra, tj. dugačke ekspozicije. Na primjer, fotografije centralnih gradskih trgova po danjem svjetlu na kojima neće biti nikoga i slično. [2]

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Povijest *camere obscurae*

Prvu bilješku o napravi, u kojoj kroz rupu nastaje slika, nalazimo kod Aristotela u 4.st.pr.n.e. Kasnije je postala poznata pod imenom *camera obscura*. Taj termin su prvi put upotrijebili Talijani, a znači „tamna komora“. [1]

Budući da svjetlo ima sposobnost prenošenja slike, vjerojatno je već primitivni čovjek promatrao prirodne zakone koji upravljaju umjetnošću fotografije. U prapovijesti je čovjek živio u špiljama ili u malim kamenim zdanjima koja su djelovala poput *camere obscurae*. Prodirući tminom pećine, zraka svjetlosti je kroz pukotinu u stijeni prenosila vanjske prizore – slike drveća, kretanja ljudi, pa čak i sliku Sunca. U doba kad je mnogo toga bilo u životu neobjašnjivo, činjenicu da su slike okrenute naopako, ljudi su pridavali magiji.

Prvi je veliki korak u povijesti fotografije bio praktična primjena *camere obscurae* kao slikarskog pomagala u 16.st. Vjeruje se da se većina slikara talijanske renesanse služila *camerom obscurom*. Sigurno se zna da su je upotrebljavali Guardi i Cantello pri izradi svojih slika Venecije. Leonardo da Vinci je 1490. prvi zabilježio mogućnosti *camere obscurae*; savjetovao je da se u tamnoj prostoriji gleda slika suncem obasjanog prizora, koju svjetlost kroz malu rupu prenosi od predmeta na tanki komad papira.[1]

2.2. Prvi izumi

U sljedećih 50 godina osnovnoj su napravi dodane dvije važne tehničke novosti.

Prvi izum je bila leća. Spomenuo ju je Girolamo Cardano 1550. godine. To je otkriće bilo upotrijebljeno za ispravljanje ljudskog vida. Talijanske su leće bile bikonveksne i ljudi su imenom naznačili njihovu sličnost smeđoj leći od koje su pravili juhu. Tako riječ leća dolazi od latinske riječi *lens*. [1]

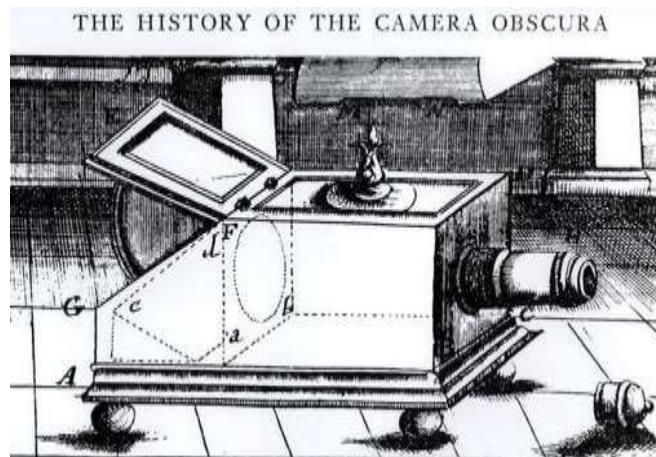
Drugi je izum zaslon za koji vjerujemo da ga je 1520-ih godina otkrio Daniele Barbaro. Barbaro je bio Venecijanac i istaknuti pisac o arhitekturi. Preporučujući, poput Delle Porte, *cameru obscuru* kao pomoćno sredstvo za crtanje, on je zapisao: „Zatvorite prozore i vrata, da ne bi svjetlost izvana ulazila u sobu, osim kroz leću. Nasuprot leće držite jedan list papira i pomičite ga naprijed-natrag, da bi se izoštrili detalji. Na papiru ćete vidjeti pokrete, oblake, padanje kiše, let ptica,... Uzmite pero i pratite konture, sjenčite ih i delikatno obojite u skladu s prirodom...“ Oba su izuma uklopljena u *cameru obscuru* da bi poboljšala sliku. Kada su umjetnici shvatili da im *camera obscura* može pomoći u rješavanju problema perspektive i vjernom dvodimenzionalnom prikazivanju prizora i predmeta, porasla je potreba za pokretnom „tamnom komorom“. Razvijanje prenosive „tamne komore“ je sljedeća stepenica prema modernom fotografskom aparatu. Osnovni su im elementi zajednički: leća, zaslon i ploha materijala na kojoj nastaje slika. [1]

Ideja je prihvaćena i raširila se Europom. Njemački je profesor Athanasius Kircher nacrtao *cameru obscuru* koju je vidio putujući Njemačkom. Kircherov crtež prikazuje konstrukciju veličine male kolibe, dovoljno lagane da je ponesu dva čovjeka. Jedan je od njih, vjerojatno, bio umjetnik koji je u tu „kolibu“ ulazio kroz vrata u podu. Takva nespretna naprava je služila za dobivanje velikih slika, jer je manja, u obliku šatora, izumljena dvadesetak godina ranije. Britanski diplomat Henry Wotton bio je „oduševljen skicom krajolika na komadu papira, kako mi se činilo, majstorski napravljenom – u malom crnom šatoru“. Skicu je 1620. nacrtao austrijski astronom Johann Kepler. [1]

Tako je počeo razvoj raznih oblika i veličina preteča modernih fotografskih aparata: aparati smješteni iznad glave, drugi koji su bili dio ukrasa nosiljke i najvažnija box-kamera koja se mogla nositi pod rukom. Jedan od Kircherovih učenika, Kaspar Schoot, napravio je box-kameru prema nacrtu koji je 1657. Vidio u Španjolskoj. Imala je dvije leće i žarište koje se moglo podešavati pomoću dvije kutije, od kojih je jedna klizila u drugu. [1]

2.3. Oblici *camere obscurae*

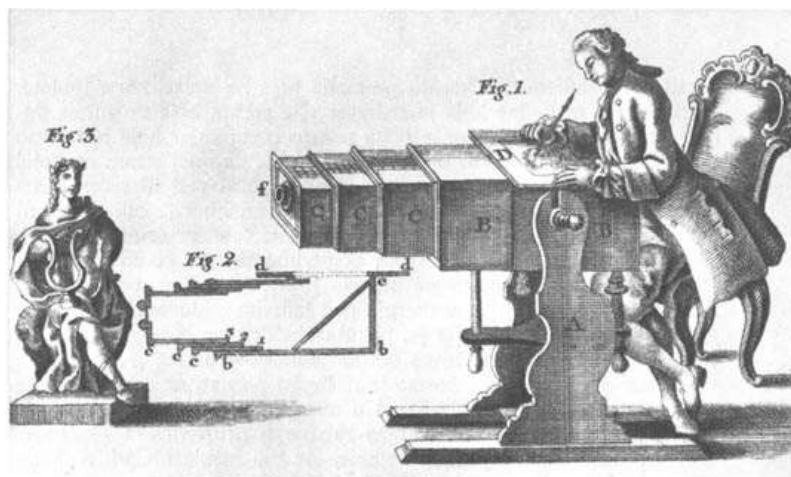
U Engleskoj je Robert Boyle konstruirao box-kameru (Slika 2.), u kojoj se nalazio list nauljenog, prozirnog papira, na koji se projicirala slika. Tu je zamisao na sličan način primijenio i njemački profesor matematike Johann Sturn. On je pod kutom od 45° dodao leći još i malo zrcalo koje je reflektiralo uspravnu, a ne obrnutu sliku. Da pojača vidljivost poslužio se sjenilom, isto kao što to danas fotografi čine crnom tkaninom. Sturnom je aparat bio prvi prijenosni refleksni aparat. Johann Zahn, svećenik iz Würzburga, usavršio ga je u idućem stoljeću. Uljeni papir je zamijenio opalnim staklom i dodao teleskopsku leću koja se sastojala od dva elementa (jedan konkavni, a drugi konveksni) raznih žarišnih duljina, kako bi slika bila veća. Preostalo je još malo toga čime su fizičari mogli usavršiti aparat- bio je red na kemičarima. [9]



Slika 2. Johann Zahn, *Box camera obscura*, 1685.

Izvor: <https://wp.optics.arizona.edu/falco/art-optics/scientific-and-technical-questions/>

Camera obscura u obliku stola (Slika 3.) bila je namijenjena upotrebi u zatvorenom prostoru. Taj je model bio velik, težak i najpogodniji za slikanje nepokretnih predmeta ova ilustracija (slika 4.) Georgea Brander iz 1769. godine prikazuje stolni aparat građen u rokoko stilu, s produžecima koji su povećavali žarišnu dužinu. [1]

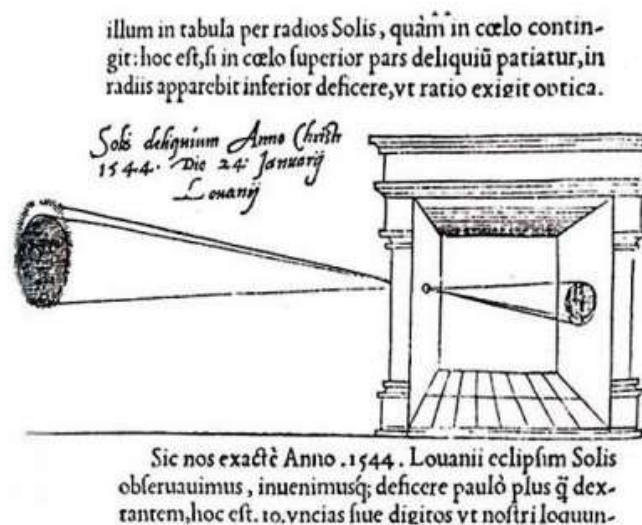


Slika 3. *Camera obscura* u obliku stola

Izvor: <http://www.fotomuzej.com/istorijska-fotografija-georg-brander-camera-obscura-u-obliku-stola-1769-8.html>

2.4. Najstarija ilustracija

Najstarija ilustracija *camere obscurae* (Slika 4.) potječe iz siječnja 1545. godine. To je bio dovoljan razlog da je istraživači proglase za izum nizozemskog prirodnjaka i matematičara Gemma Frisiusa, autora djela „*De radio astronomico et geometrico liber*“ (Knjiga o sjaju astronomije i geometrije), *Antwerpen*, 1545, u kome je ilustracija objavljena. [4]



Slika 4. Gemma Frisius, najstarija poznata ilustracija *camere obscurae*

Izvor: <http://www.fotomuzej.com/camera-obscura.html>

2.5. Funkcija *camere obscurae*

Prva funkcija *camere obscurae* bila je znanstvena - njom se pratila pomrčina Sunca. Međutim, veoma brzo, naročito u periodu visoke renesanse, težnja vjerodostojnosti praznog i razumijevanje prirode učinila ju je neophodnim pomagalom umjetnika. [4]

Mnogobrojne bilješke dokazuju da ih je koristio najveći broj renesansnih arhitekata i slikara. Della Porta je prvi savjetovao umjetnike kako da upotrebljavaju *camerum obscurum* kao pomoć pri crtanju. U prvom izdanju djela „Čarolije prirode“ on predlaže da najprije kopiraju oblike i linije, a zatim da dodaju boju. U drugom, proširenom, izdanju (1589.), oslonjen na iskustva i opise prethodnika, i on savjetuje da se na otvor postavi jedna leća, a potom i jedno konveksno ogledalo, tako da slika bude uvećana i ispravljena. Tada je i dao preporuku kako da se taj instrument koristi za crtanje portreta. U 17. i 18. stoljeću umjetnici s redovno upotrebljavali *camerum obscurum* kao pomoć pri slikanju pejzaža, žanr-scena, katkad i portreta. Pomoću nje postavljali su osnovni skelet slike u koji su kasnije unosili

figure. Česte su uljane slike ili grafike s vedutama gradova, na kojima su vjerno, primjenom točne perspektive, prikazani trgovi, ulice ili pejzaži s arhitektonskim objektima (naselja, dvorci, tornjevi). *Camera obscura* je postala dio standardne opreme, posebno značajan za umjetnika nedovoljno spremnog u prenošenju perspektive. [4]

Dok su neki shvatili da im je u rukama bogomdano sredstvo, drugi, nasuprot, nastojali su da ga sasvim istisnu. „Prirodu čovjek mora vidjeti vlastitim okom i doživjeti je“ – pisao je William Hogarth. Iako se bavi temama koje su direktno aktualne i prilagođene duhom vremena, taj teoretičar, narativni slikar – moralizator, realist i oštar kritičar engleskog društva, odlučno odbacuje upotrebu *camere obscurae*. U djelu *Analysis of Beauty* (Analiza ljepote), 1753., napada akademske zakone i sve oblike podržavanja. Tu on umanjuje vrijednost *camere obscurae*, smatrajući da je njenom upotrebom umjetnikova vizija prirode naručena, i da se priroda svodi na imitaciju. [4]

2.6. Kako ustaliti sliku?

Teško je vjerovati da se ni jedan od profesora i umjetnika 17. stoljeću, koji su upotrebljavali i usavršili *camerum obscurum*, nije nikad sjetio da ustali sliku. Uostalom, zašto bi? Nauka je izumjela optički aparat pomoću kojeg su umjetnici prikazivali svijet vjernije nego ikad ranije.

Njemački profesor anatomije Johann Schulze, pokušavao je 1727. godine proizvesti fosfor. U dušičnoj kiselini je napravio talog krede i, na njegovo iznenađenje, kemikalija koju je stavio na laboratorijski prozor postala je purpurne boje. Postupkom eliminacije otkrio je u kiselini tragove srebra i zaključio da srebrne soli pomamnu izlože li se jakom svjetlu. Znao je da je njegovo zapažanje jedinstveno i važno, ali ga nije uspio iskoristiti. [1]

Jean Hellot je 1737. nanio srebrni nitrat na papir. 40-ak godina kasnije, švedski kemičar Carl Scheele vršio je pokuse sa srebrnim kloridom i otkrio da je posebno osjetljiv na ljubičaste zrake svjetla. Otkrio je, također, da je pocrnjeli srebrni klorid netopiv u amonijaku. Tako je dobiveno prvo fiksirno sredstvo. No, to je otkriće, na žalost, ostalo

nezapaženo od kasnijih istraživača. Ova rana otkrića, koja su se odnosila na osjetljivost srebrnih soli na svjetlost bila su velika novost. Možda se izraz „fotografija“ – što znači „pisanje svijetlom“ – prvenstveno može pripisati Hellotovu djelu, jer su njegovi pokusi otkrili „tajnu“ pisanja otopinom srebrnog nitrata na bijelom papiru. Napisano je postalo vidljivo tek nakon što je izloženo sunčevoj svjetlosti.

Thomas Wedgwood, sin poznatog engleskog lončara Josiaha, prvi je ideju kemikalija osjetljivih na svijetlo primijenio na *cameru obscuru*. Josiah je optički aparat na osnovi *camere obscurae* upotrebljavao za što vjernije ukrašavanje porculana i lončarije. Tom Wedgwood je poznao optički aparat, preteču fotografskog aparata, a zanimala ga je i kemija, posebno utjecaj topline i svjetlosti na kemikalije. Međutim Wedgwoodov je san o stalnoj slici, koja bi se dobila pomoću optičkog aparata, propao zbog nedostatka fiksne supstance koja bi ju očuvala. Za otkriće je konačno zaslužan Francuz Joseph Nicéphore Niépce. Poput Wedgwooda, ni Niépce nije uspio pronaći fiksir za slike koje je pravio na papiru presvučenom srebrnim kloridom. Uz pomoć svog brata Claudea, Niépce je počeo tražiti rješenje problema, eksperimentirajući supstancijom koju su nazvali judejski bitumen – asfalt (tada se upotrebljavala u litografiji). Time je presvlačio staklene ploče.

Iznenadujuće svojstvo bitumena, koliko su o tome znala braća Niépce, bilo je da pobijeli i otvrdne izloži li se svjetlu; površine zaštićene od utjecaja svjetlosti ostajale u topive i dale su se isprati. Čisteći otisnuti bakrorez uljem, Niépce ga je načinio providnim. Položio ga je na ploču prekrivenu bitumenom i izložio sunčevom svjetlu. Kroz tri sata se bitumen stvrdnuo, a neosvijetljena su područja ispod tamnih linija bakroreza ostala dovoljno mekana da ih se moglo otopiti uljem i terpentinom. Otkrio je da je nastala slika stalna. U svojim pokušajima da usavrši postupak, Niépce je izumio foto-graviru koju je nazvao „heliografija“. Nakon prvog uspjeha s judejskim bitumenom, Niépce je kositrenu ploču prevukao istom kemikalijom i ostavio u aparatu opremljenom meniskus-lećom i prizmom, koja je ispravljala bočno projiciranu sliku. Zatim ju je osam sati ostavio na prozoru radne sobe. Tako je uspio proizvesti prvu fotografiju na svijetu (Slika 5.). Nije potvrđeno, ali smatra se da je ta fotografija nastala pomoću nekog tipa *camere obscurae*. Eksponiranje je trajalo 8 sati. [1]



Slika 5. Prva fotografija u povijesti, „Pogled s prozora“ 1826., Joseph Nicéphore Niépce.

Izvor: <http://m.pogled.ba/clanak/pogledajte-kako-izgleda-prva-fotografija-u-povijesti/2546>

2.7. Postavke ekspozicije

Ukupna količina svjetlosti koja pada na fotografski medij (film ili senzor) naziva se ekspozicija. Mjeri se u luks sekundama, određuje se iz ekspozicijske vrijednosti (EV) i svjetline prizora. Ekspozicija se može prilagoditi pomoću dvije postavke: vrijeme eksponiranja i otvor objektiva. Također tu se nalazi i postavka za prilagođavanje osjetljivosti. Postavke ekspozicije opisane su matematički, uz pravilnu ekspoziciju koja ima ekspozicijsku vrijednost (EV) od 0. Pozitivnu ekspozicijsku vrijednost imaju fotografije koje su presvijetle tj. preekspozicionirane, a negativnu vrijednost imaju pretamne fotografije odnosno podekspozicionirane. Znanje pri manipuliranju ekspozicijskim elementima važan je uvjet za fotografiranje pri slabim svjetlosnim uvjetima jer automatsko podešavanje neće dati dobre rezultate. [8]

2.8. Osvjetljavanje

Osvjetljavanje je jedno od najvažnijih sredstava u fotografiji. Jasno je da bez svjetla nema ni fotografije. Fotografi će uvijek razmišljati o svjetlu i analizirati svjetlo kojim su okruženi.

Dva su moguća izvora svjetla: prirodno i umjetno. Najbolje prirodno svjetlo je Sunčevo svjetlo, a može još biti i svjetlost vatre, munje, mjesecina, fitoplankton i sl. Od umjetnih svjetala postoje najrazličitije žarulje (tungsten, fluorescentna, halogena, metalhalogenidna) i bljeskalice (ugrađene, vanjske, studijske). Svaki izvor svjetla je specifičan po svojoj boji, jačini i načinu na koji emitira svjetlo (usmjereno ili raspršeno).

Četiri su osnovna izražajna svojstva svjetla: jakost, vrsta, smjer i raspršenost.

Jakost svjetla je količina svjetla koju proizvodi neki prirodni ili umjetni izvor svjetla. Najjaču svjetlost emitira Sunce. O jakosti svjetla uvelike ovisi krajnji izgled fotografije.

Vrsta svjetla utječe na boje koje ćemo dobiti fotografijom. Kažemo da svjetlo može biti hladnije i toplije. Fotografi su se dogovorili da će temperaturu (boju) svjetla izražavati u Kelvinima (mjerna jedinica za temperaturu), pa su tako nastale neke osnovne vrste osvjetljavanja poznate u fotografskom svijetu. Postoji: *daylight* (dnevno svjetlo, sunčan dan), *cloudy* (oblačno), *shade* (sjena), *tungsten* (žarulja), *fluorescentno* (neonska žarulja), *flash* (bljeskalica). Balans bijele boje mora se zbog toga prilagođavati osvjetljenju kako bi boje fotografije bile vjerne. Svjetlost prema toplini kreće se od plavih tonova (hladno svjetlo) do žutih tonova (toplo svjetlo), iako je u stupnjevima Kelvina najtoplije svjetlo plave boje, a najhladnije žute boje. [3]

Smjer svjetla je vrlo važan za fotografiju. Kut pod kojim svjetlo upada u prizor koji se snima fotoaparatom stvarat će sjene koje su gotovo isto toliko važne za fotografiju koliko i osvjetljeni dijelovi. Svjetlo može biti: gornje, donje, prednje, postranično, kontra svjetlo (stražnje), tročetvrtinsko (pod 45°). Kada se fotografira priroda, fotografi najviše vole jutarnje i večernje svjetlo zbog smjera svjetla (pojačavaju se i produžuju sjene). Kod snimanja portreta, recimo, izbjegava se izravno (prednje) svjetlo jer tim svjetlom nestaju sve

sjene s lica – koristi se tročetvrtinsko svjetlo pod kutom od 45° koje lijepo naglašava sjene na licu.

Raspršenost svjetla još je jedno značajno svojstvo svjetla koje koriste fotografi. Svjetlo se širi pravocrtno i ako ga emitira Sunce, reflektor ili bljeskalica ono je jako usmjereno i stvara tvrde (oštre) sjene. Takvo svjetlo je rijetko iskustvo u fotografiji, osim ako se ostrim sjenama želi postići jak kontrast. Tvrdo, usmjereno svjetlo najčešće se na neki način omekšava na razne načine kako bi se dobile mekše sjene. Najbolji prirodni difuzor (raspršivač) svjetla su oblaci. Puno je bolje fotografirati za oblačna nego za sunčana vremena. [3]

2.9. Fotografski materijal

Prema vrsti nosača fotoosjetljivog sloja razlikuju se staklene ploče, film i papir. Staklene ploče služe samo za specijalne namjene. Već prema fotografskom aparatu upotrebljavaju se filmovi različitih formata: vrlo mali format (npr. 8 mm x 11 mm ili 12 mm x 17 mm), uski film (24 mm x 36 mm), srednji format (širina 4 ili 6 cm) ili plan – filmovi (film za svaku pojedinačnu sliku). Kod filmova APS (eng. *Advanced Photo System*) moguće je za svaku snimku jedan od tri ponuđena formata (osnovni je 17 mm x 30 mm), uz kodno bilježenje podataka o uvjetima snimanja. Profesionalno se danas najviše upotrebljavaju uski film i srednji format, a za amaterske potrebe uski film i film APS. Izbor filma ovisi i o svjetlosnim uvjetima, pa tako postoji nisko osjetljivi (do ISO 64/19°), srednje osjetljivi (od ISO 64/19° do 200/24°) i visoko osjetljivi (više od ISO 200/24°) film. [7]

Oznaka osjetljivosti ISO (*International Standards Organization*) pokazuje osjetljivost izraženu kao omjer prijašnjih standarda ASA i DIN (*Asa, American Standards Organization*; *DIN, Deutsche Industrie Organization*). Na digitalnim fotografskim aparatima pojavljuju se oznake ISO 100, ISO 200, ISO 400, ISO 800, ISO 1600, itd. to su oznake za osjetljivost svjetlosnog senzora na svjetlo. Senzor je na svjetlo najmanje osjetljiv kad je namješten na ISO 100, a najosjetljiviji kad je namješten na ISO 1600. To znači da će

za ISO 100 otvor blende i duljina ekspozicije morati biti veća, a za ISO 16000 manja. Dakle, za dobre svjetlosne uvjete koristimo ISO 100 – ISO 200, a za slabije svjetlosne uvjete ISO 400 – ISO 800. Za noćno snimanje koristi ćemo ISO 1600. Povećanjem osjetljivosti naglašava se i zrnata struktura slike, a smanjuje se sposobnost razlučivanja (rezolucija). Fotografski materijali razlikuju se i po spektralnoj osjetljivosti. Srebrni halogenidi osjetljivi su uglavnom na modri dio vidljivog spektra. Da bi mu se proširilo spektralno područje osjetljivosti, u emulziju se dodaju senzibilizatori. Fotografski materijal senzibiliziran do žutozelenog područja naziva se ortokromatskim, a senzibiliziran i do crvenog područja, tj. praktički u cijelome vidljivom spektru, naziva se pankromatski. Za posebne namjene materijal može biti senzibiliziran za pojedina spektralna područja (infracrveno, ultraljubičasto, rendgensko, gama-zračenje). Fotografski papiri različite su debljine i površinske strukture. Kontrastnost fotografije i broj reproduciranih tonova bitno ovise o gradaciji (tzv. tvrdoći) fotografskih materijala. [7]

2.10. Obrada u tamnoj komori

Razvijanje u crno-bijeloj tehnici

Kada eksponirani film izvadite iz fotografskog aparata, on je još uvijek osjetljiv na svjetlo. Neproziran je, no sadrži nevidljivu (latentnu) sliku. Za vrijeme razvijanja film se potopi redom u više kupi. Razvijanje se vrši u potpunom mraku jer svjetlo i dalje djeluje na film. Slika nakon toga postaje vidljiva i neosjetljiva na svjetlo. Najjednostavnija je metoda razvijanja u posebnoj posudi za razvijanje, kojom se, nakon što je film uloženi u nju, može rukovati i na dnevnom svjetlu. Film se u tamnoj komori ili u „rukavu“ od posebne crne tkanine ulaže u spiralu koja se smjesti u posudu, gdje se čitava površina filma pokrije otopinom za razvijanje. Svaka se otopina može uliti i izliti iz posude kroz mali otvor na vrhu koji ne propušta svjetlo.

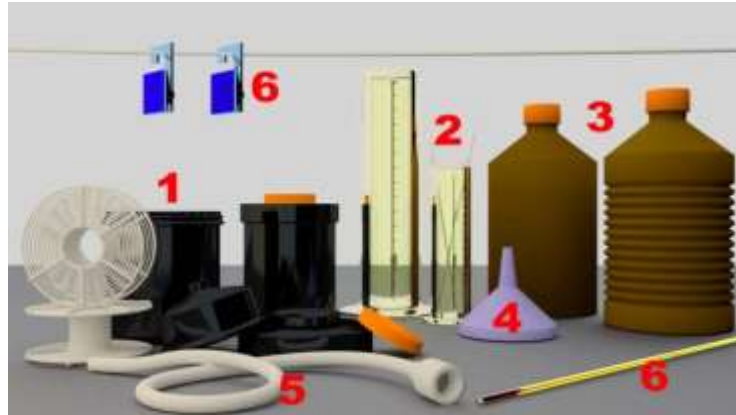
Prva kupka u postupku obrade je razvijач, lužnata otopina nekoliko supstancija koja djeluje pri određenoj temperaturi. To je obično 20°C. Otopina razvijачa djeluje i na eksponirane i na neeksponirane srebro-halogenide. Na eksponiranim se dijelovima srebro-halogenidi

razvijanjem brže pretvaraju u crno metalno srebro. Produženo razvijanje djeluje, međutim, i na neeksponirane srebro-halogenide. Ako prekoračite propisano vrijeme razvijanja, film će dobiti sivi ton, poznat kao siva mrena.

Druga je kupka za prekidanje. Kad istekne vrijeme razvijanja, iz posude se izlije razvijlač i zamjeni se prekidačem. To je blago kisela otopina koja zaustavlja postupak razvijanja. Time se točno određuje stupanj razvijenosti i zaustavlja djelovanje razvijlača prije treće kupke, fiksira, koji je također kisela otopina. Nakon razvijlača i prekidača film i dalje ostaje osjetljiv na svjetlo i neproziran, ali negativ – slika na njemu postaje vidljiva. Završna otopina, fiksir, čini da preostale soli, osjetljive na svjetlo, postanu topive u vodi, a negativ – slika prozirna. Nakon toga film se ispiru u tekućoj vodi. Ispiranje obično traje tridesetak minuta. Na ispravnom filmu ostaju kapi vode koje se uklanjaju gumenim brisačem. Zatim se pomoću metalnih kvačica objesi i ostavi sušiti u prostoriji bez prašine. Suhi se negativ, konačno, izrežu u trake (po 6 negativa, formata 35 mm ili po 3, formata 6x6 cm) te spremaju u zaštitne vrećice. [1]

Oprema za razvijanje

Da bi se postigla što veća točnost, poželjno je da oprema bude kompletna. Važna je kontrola temperature i trajanja razvijanja pa su potrebni laboratorijski sat za razvijanje i toplomjer. Posuda za razvijanje na dnevnom svjetlu napunjena u tami, može se upotrijebiti i pri običnom svjetlu. Pripremljene boce s otopinama moraju se držati na stalnoj temperaturi, u posudi s vodom temperature 20°C. [10]



Slika 6. Oprema za razvijanje

Izvor: <https://fotografija.hr/fotolaboratorij/>

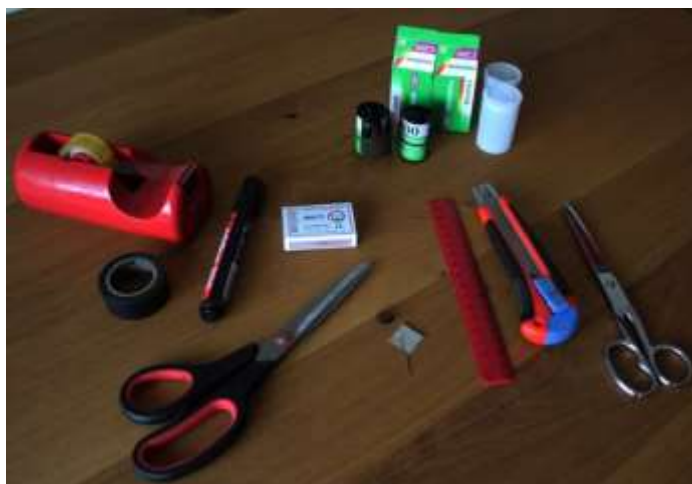
Posuda za razvijanje s držačima filma (1), menzure za precizno određivanje količina rastopina i stakleni štapić za miješanje (2), boce za držanje kemikalija koje omogućuju istiskivanje zraka kako bi se spriječila oksidacija razvijачa (3), lijevak (4), crijevo za vodu s filtrom koji blokira prodor oštrim zncima nečistoće pri ispiranju filma (5), toplomjer (6) i kvačice za vješanje filma pri sušenju (7).

3. PRAKTIČNI DIO

3.1. Izrada *camere obscure*

Alat i materijali koji su potrebni za izradu:

- Skalpel
- Škare
- Ravnalo
- Crna izolir traka
- Ljepilo
- Film (jedna puna rola i jedna prazna)
- Iгла
- Lim
- Komad plastike
- Crni marker
- Kutija šibica
- Šibice



Slika 7. Alat i materijali koji su potrebni za izradu *camere obscure*

Puna rola filma – 24x36 mm negativ film u boji od 36 ekspozicija

Prazna rola filma – kod prazne role filma potreban je bar centimetar ostatka filma koji proviruje van kako bi ga mogli spojiti s punom rolom filma

Kutija šibica – potrebna nam je kutija, a i šibice kako bi kasnije pomoću njih mogli lakše namatati film

Komad lima – iz limenke soka izrezati komad lima pomoću skalpela i škara

Igla – pomoću igle potrebno je probušiti malu rupicu na sredini lima

Brojač – služi za brojanje rupica na filmu kod namatanja filma. To je zaobljena plastika koju odrežemo s uvezane knjige

Izrada camere obscurae:

1. Tijelo camere obscurae

Potrebno je rastaviti kutiju šibica. Prvo je potrebno odrediti kakav format i koje veličine fotografije želimo dobiti. Ovakva *camera obscura* lovi jako širok kut kod fotografiranja. Visina fotografije nam je maksimalno 25 mm, a širina koliko želimo. Potrebna dužina u ovom primjeru je 48 mm. Taj otvor izrežemo skalpelom.



Slika 8. Izrezivanje otvora za film

Nakon toga je potrebno izmjeriti koliko rupica na filmu pokriva širina otvora koji je potrebno izrezati. Ako je širina rupica 11, kao što je u ovom primjeru, za svaku sljedeću fotografiju potrebno je premotati film za 12 rupica.



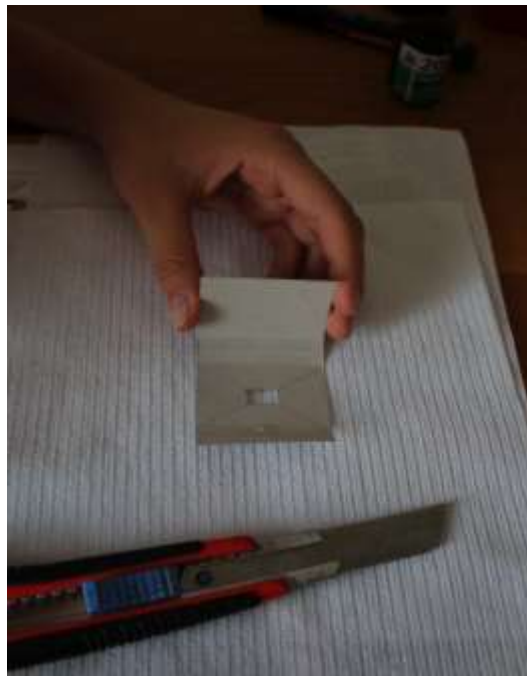
Slika 9. Mjerenje širine otvora preko broja rupica na filmu

Ladicu kutije šibica potrebno je potpuno obojiti u crno, trudeći se popuniti sve kutove.



Slika 10. Bojanje ladice u crno kako bi smanjili refleksiju

Drugi dio kutije potrebno je rastaviti. Na jednoj od dvije veće površine potrebno je ucrtati dijagonale i nacrtati pravokutnik te ga skalpelom izrezati. Slijedi bojanje cijelog tog dijela crnim markerom.



Slika 11. Izrezivanje pravokutnika



Slika 12. Bojanje u crno

2. Objektiv kamere

Rupicu je potrebno izraditi na sredini pripremljenog lima. Važno je da materijal u kojem se buši rupa bude na tvrdoj podlozi kako bi izbočenje na suprotnoj strani bilo što manje. Vrh tanke igle se stavlja na sredinu lima. Iglu je potrebno vrtjeti prstima lijevo-desno kako bi dobili malu rupicu. Dovoljno je da vrh igle prođe kroz lim.

Nakon bušenja rupice na izvoru svjetlosti provjeriti je li rupica uistinu izbušena i ima li pravilan oblik. Prođe li se prstom sa suprotne strane od smjera bušenja rupice, osjetit će se lagano zapinjanje. Potrebno ga je pažljivo ukloniti brus papirom. Lim s rupicom potrebno je obojiti u crno. Pričekati par sekundi dok se osuši te provjeriti je li boja zatvorila otvor rupice. Ako je, iglu je potrebno ponovno staviti u rupicu kako bi se boja uklonila.



Slika 13. Bušenje rupice na limu iglom

Na kutiji šibica s unutarnje strane otvora postavlja se lim tako da strana lima gdje je igla ulazila gleda prema van iz kutije. Lim zalijepimo izolir trakom sa svih strana. Rastavljeni dio kutije šibica se nakon toga ponovno sastavlja u prvobitni oblik pomoću izolir trake.



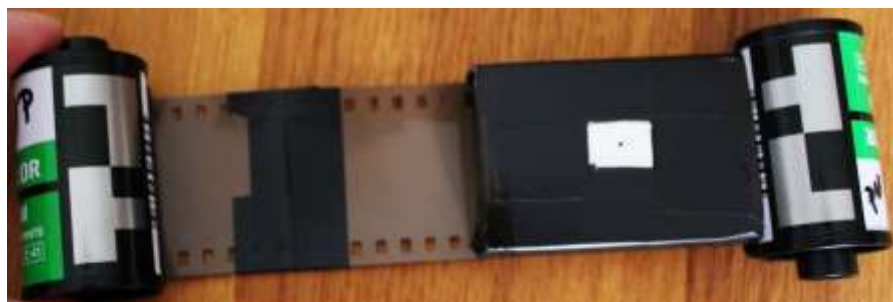
Slika 14. Lijepljenje lima s unutarnje strane kutije

3. Potrebno je izvući desetak centimetara pune role filma. Potom se provuče kroz prostor kutije šibica tako da rola bude s lijeve strane. Nakon toga je potrebno s desne strane ugurati ladicu s izrezanim formatom.



Slika 15. Postavljanje filma u *cameru obscuru*

Škarama se poravnava film te se spaja s praznom rolom filma pomoću izolir trake. Potrebno je što preciznije poravnati dvije role kako bi se izbjegao problem s namatanjem filma. Potom se spojeni dio filmova uvuče u praznu rolu.



Slika 16. Spajanje pune role filma s praznom

Na punu rolu filma se stavlja brojač, tj. plastika izrezana s uveza neke skripte ili nešto slično tomu. Njezin se šiljasti dio stavlja u rupicu na filmu dok se ostatak plastike prisloni oko role i zalijepi izolir trakom za rolu filma. Potrebno je provjeriti hoće li brojač preskočiti rupicu namatanjem filma. Kad se čuje klik taj – to je znak da je sve u redu.



Slika 17. Provjera mogućnosti namatanja filma s brojačem

4. Puna kasetna filma se privuče do kutije šibica te ih je potrebno spojiti s crnom izolir trakom. Taj dio se nekoliko puta lijepi oko kutije i role dok ne bude sigurno da taj spoj role i kutije šibica ne propušta svjetlost. Isti se postupak spajanja napravi i s druge strane gdje je prazna rola. Kod lijepljenja izolir trakom potrebno je paziti na sljedeće: nakon što se

odmota duljina trake koja je potrebna, ona se izreže te se pusti da stane dvije do tri sekunde kako bi se malo skupila. Potom se može zalijepiti. Ako se zalijepi u previše razvučenom obliku ona će se s vremenom skupiti pa postoji mogućnost da se na nekom mjestu formira rupica koja bi mogla propustiti neželjenu svjetlost na film.



Slika 18. Spajanje kutije i role filma izolir trakom

5. Poklopac za otvor *camere obscurae*

Iz malo tvrdog papira (u konkretnom slučaju je korištena kutija od filma) se izreže komad određenih dimenzija. Stavi se na ravninu gornjeg ruba prednje strane kamere te se na njemu ucrtavaju visina i širina pravokutnika koji je izrezan na kutiji šibica.



Slika 19. Izrezivanje pravokutnika

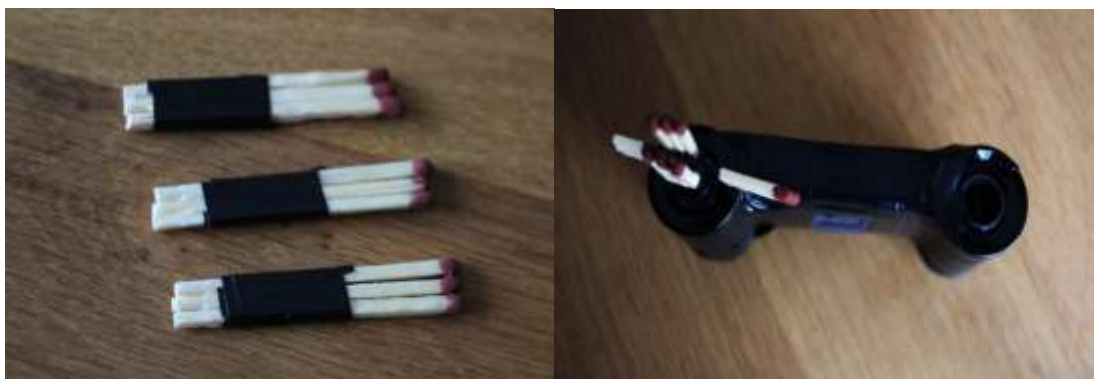
Pravokutnik koji se dobije uveća se za milimetar sa svih strana. To se radi zbog toga da nam taj otvor ne smeta kod fotografiranja, te da nam pušta svjetlost prema rupici pod širokim kutom. Taj komad papira potrebno je također obojiti u crno s obje strane. Potom se stavi u ravninu gornjeg ruba prednje strane kamere kako bi se poklopio s izrezom na kutiji. Izolir trakom se zalijepi za tijelo kamere s tri strane, ostavljajući na gornjoj strani nezalijepljeni dio.

Poklopac za objektiv potrebno je ugurati u taj međuprostor koji se nije lijepio i spustiti ga do te visine da skroz pokrije izrezani dio na kutiji šibica. Također ga je potrebno obojiti.



Slika 20. Poklopac za objektiv

6. Namatač, odnosno skup šibica, koristi se za lakše namatanje filma u praznu rolu.



Slika 21. Šibice za namatanje



Slika 22. Gotova *camera obscura*

Prve dvije fotografije su uništene zbog preeksponiranja filma uslijed montiranja kamere. Zato je potrebno namotati film na praznu rolu za 12 rupica. Ako je sve dobro složeno kod stavljanja brojača trebali bi čuti zvuk njegovog preskakanja kroz rupice.

Ako se slučajno premota više od 12 rupica, ne smije se vraćati film jer bi se mogao potrgati.

3.2. Osvjetljavanje filma

Vrijeme eksponiranja

Duljina trajanja propuštanja svjetla kroz otvor *camere obscurae* ovisi o osjetljivosti filma (Tablica 1.) koji se koristi, veličini rupice te njenoj žarišnoj duljini. Za pravilnu ekspoziciju ovog završnog rada korišteni su unaprijed izračunate vrijednosti za ovakav tip fotoaparata.

OSJETLJIVOST ASA:	100	200	400	800
Sunce:	4 s	2 s	1 s	0,5 s
Blago oblačno:	8 s	4 s	2 s	1 s
Tmurno oblačno:	12 s	6 s	3 s	2 s

Tablica 1. Duljine eksponiranja u ovisnosti o osjetljivosti filma za *cameru obscuru* iz kutije šibica

Izvor: <http://pixino.com.hr/2012/09/co-kutija-sibica-002-izrada/3>.

Kada završi osvjetljavanje i kada se premota film s jedne role na drugu potrebno je punu rolu skinuti. Prvo je potrebno na strani prazne role doći do filma i skalpelom ga prerezati, ostavljajući barem 1 cm filma na praznoj roli, a ostatak namotati na punu rolu. Punu se rola skine s *camere obscurae* i odnese u foto studio na razvijanje. Nužno je naglasiti da je to film od *camere obscurae* i da nije potrebno razviti i fotografije.

4. REZULTATI



Slika 23. Fotografija prikazuje osobu u zatvorenom prostoru

Zbog zatvorenog prostora i manjeg protoka svjetla bilo je potrebno duže eksponiranje kako bi se film više osvjetljavao. Eksponiranje je trajalo oko 5 sekundi.

Prvi i osnovni uvjet je da kamera mora biti mirna zbog dugih ekspozicija kako bi dobili jasnije fotografije. Oštre fotografije se mogu dobiti i iz ruke. Nije nužno da kamera bude postavljena na ravnu površinu.



Slika 24. Vrijeme eksponiranja: oko 4 sekunde, prikaz hodnika



Slika 25.

Fotografije koje slijede prikazuju prirodu. Zbog jakog svjetla, odnosno zbog prisutnosti sunca vrijeme eksponiranja je bilo vrlo kratko, do 2 sekunde.



Slika 26. Vrijeme eksponiranja: 2 sekunde



Slika 27. Vrijeme eksponiranja: 3 sekunde



Slika 28. Vrijeme eksponiranja: 2 sekunde



Slika 29. Vrijeme eksponiranja: 2 sekunde



Slika 30. Vrijeme eksponiranja: 2 sekunde

5. ZAKLJUČAK

Fotografija je privlačna. Čovjek jednostavno voli primati poruke vidom i najveći dio svih poruka (vidnih, slušnih, pojmovnih, opipnih, okusnih, mirisnih) ipak upamti ako ih vidi. Fotografija je najpouzdanija i najpreciznija za pohranjivanje vidnih podataka. Ništa na svijetu toliko precizno i vjerno ne prenosi sliku kao fotografija (osim možda film, ali i film je zapravo sastavljen od fotografija).

Camera obscura je preteča svih aparata za fotografska snimanja, te kao takva postaje vrlo moćno sredstvo vizualne komunikacije. Do pojave fotografije, umjetnost je manje ili više shvaćena kao nešto izvanvremensko, to jest vječno, bez obzira na vrijeme i njegove mijene i bez obzira na samu povijest. Vrijednost umjetnosti procjenjivana je bila kao vječna, zbog toga što je bila proizvod vječnog duha koji se tek poslužio materijom da bi se u toj materiji utjelovio.

Camera obscura spoj je prošlosti i sadašnjosti, što je čini tako privlačnom mnogim zaljubljenicima u fotografiji diljem svijeta. Ona dopušta mnogo eksperimentiranja i maštovitosti. Može biti izvedena u drvenoj ili kartonskoj kutiji, limenci ili kombinacijom navedenih i navedenih materijala. Može biti različitih oblika i veličina. S njom se može eksperimentirati s različitom duljinom trajanja eksponiranja. Mogu se koristiti i duple ekspozicije te tako dobiti vrlo zanimljive fotografije. Moguće je probušiti dvije ili više rupica, koristiti različite formate fotografija, itd. Potrebno je se samo pustiti mašti.

6. LITERATURA

1. Hedgecoe, John: Sve o fotografiji i fotografiranju, London, 1976.
2. <https://fotografija.hr/poceci-fotografije-camera-obscura/>
3. Žerjav, D. (2009), *Osnove fotografije*, dostupno: http://os-fkrezme-os.skole.hr/upload/os-fkrezme-os/images/static3/887/attachment/osnove_fotografije.pdf
4. https://sh.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura
5. <http://pixino.com.hr/2012/09/co-kutija-sibica-001-alat-i-dijelovi/>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=GSe1Sb32yRo>
7. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=20254>
8. *Biderman, G., Cooper T. (2014.), Night Photography: From Snapshots to Great Shots, Peachpit Press, USA*
9. *Tsuji, Shigeru: Brunelleschi and the camera obscura: The discovery of pictorial perspective*
10. <https://fotografija.hr/fotolaboratorij/>