

Teorijsko-praktična radionica *Imaging Techniques used for the Investigation of Artworks : UV, IR and X-ray*

Split, 8. ožujka 2016.

Teorijsko-praktična radionica *Imaging Techniques used for the Investigation of Artworks: UV, IR and X-ray* („Tehnike snimanja u istraživanju umjetnina: UV, IC i X-zrake“) održana je pod vodstvom Hansa Portsteffena s Instituta za konzervatorsko-restauratorske znanosti Sveučilišta primijenjenih znanosti u Kölnu (Cologne Institute of Conservation Sciences, CICS). U predavanjima je sudjelovao i Frane Mihanović, magistar medicinske radiologije s Odjela zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu, te se također osvrnuo na mogućnosti primjene radiografije u istraživanju umjetnina. Vladan Desnica, predstavio je nedestruktivnu analizu umjetnina primjenom XRF metode. Radionica je prikazala primjenu navedenih metoda istraživanja na primjerima umjetnina.

Predavanja Hansa Portsteffena *Imaging Techniques used for the Investigation of Artworks: UV, IR and X-ray* i Frane Mihanovića predstavila su metode snimanja u području ultraljubičastog UV i infracrvenog IC spektra, te pomoću X-zraka s ciljem istraživanja umjetnina. Hans Portsteffen objasnio je kako je zapravo riječ o elektromagnetskim zračenjima. Materijal apsorbira zračenje i postaje reaktivan. Riječ je o pobuđenim elektronima koji mijenjaju orbitalnu traku. Na taj način, gibajući se, prijelazom pobuđeni elektroni emitiraju energiju u obliku zračenja duljih valnih duljina. Zračenje je vidljivo, a taj svjetlosni fenomen naziva se luminescencija.¹ No potrebno je napomenuti kako većom pokretljivošću molekula raste i temperatura, stoga je viša kemijska alteracija. Zapravo dolazi do ubrzanja procesa starenja ozračenog materijala što je ovisno o vremenu izlaganja. Tu je ipak riječ o kratkim vremenskim periodima izlaganja umjetnine zračenju, pa je riječ o mikrodestruktivnim istraživanjima.

UV svjetlo (ultraljubičasto, engl. *Ultraviolet – UV*). Valna duljina od približno 10 do 400 nm, tj. između rendgenskog zračenja i ljubičastog dijela vidljive svjetlosti. Kod UV zračenja riječ je o fluorescenciji² (UVF) koja će, ovisno o kemijskoj građi materijala, biti različito obojena. Različiti materijali različito fluoresciraju jer imaju različitu prozirnost pod u UV svjetlom u odnosu na vidljivi spektar. Zaključno, različiti pigmenti fluoresciraju u različitim bojama (*Tablica 1*).

¹ Luminescencija, lat. *lumen, luminis* – svjetlo, svijetljenje tijela koje dolazi ne od njihova grijanja nego od niza drugih uzroka, primjerice rendgenskih zraka, kemijskih procesa, propuštanja električne struje i sl. Ima osobito značenje u stvaranju izvora svjetlosti.

² Fluorescencija, lat. *fluor* – svjetlucanje, jedan od oblika hladnog davanja svjetla, svijetljenja (luminescencije) koje nastaje prilikom osvjetljavanja tvari i nestaje nakon uklanjanja izvora svjetla.

Tablica 1

| Materijal/pigment | Fluorescencija (UVF) |
|--------------------------|-----------------------------|
| cinkova bijela | žuto |
| kadmij žuta | crveno |
| indijska žuta | žuta |
| kraplak crvena | žuto-crvena |
| bakar zelena | crno (apsorbira sve) |
| šelak | žarančasto-crvena |
| nitroceluloza | žarko zelena |

Materijali koji ne reagiraju apsorbiraju zračenje te ih vidimo kao crne, primjerice gore navedeni pigment bakar zelena. Starije lazure fluoresciraju u zelenkastim nijansama, a stare boje i pigmenti uglavnom fluoresciraju jače od novih. Primjerice, retuširana područja su pod UVF-om crna s obzirom na to da su novije datacije. Cinkova bijela fluorescira žuto, no ne i suvremena cinkova bijela, nego iz 19 stoljeća. Uvjeti za snimanje pod UV svjetlom zahtijevaju tamnu podlogu za objekt koji se snima, preporučene filtere i leće, te potpuni mrak u prostoriji unutar koje se snima. Kao standard koristi se materijal napravljen od barijevog sulfata jer nema fluorescenciju. Može se koristiti i obična bijela kreda.

IC svjetlo (Infracrveno, lat. *infra* – ispod, engl. *Infrared* – IR), obuhvaća elektromagnetsko zračenje s valnim duljinama većim od valne duljine vidljive crvene svjetlosti, a manjim od valne duljine radiovalova. To je raspon od približno 750 nm do 2.400 nm. Naziva se i toplinsko zračenje – što je predmet topliji, više isijava u infracrvenom spektru. Otkriva nam razlike refleksije i apsorpcije u dubljim slojevima umjetnina. Izvršna je metoda za istraživanje skica, stanja umjetnine, pisane izvore, nedovršene slike te ranije i kasnije intervencije. Omogućava vidljivost poteza, umjetnikove metode i korištene alate: kist, pero, olovka, kreda. Mogućnost za razumijevanje umjetnikova stila i ruke, što uvelike utječe na pitanje autentičnosti djela, identifikaciju i razumijevanje materijala. Crni pigmenti imaju slabu refleksiju i veliku apsorpciju. Ugljen primjerice dobro apsorbira, a kreda i gips dobro reflektiraju. Zbog valnih duljina koje koristi, IC fotografija slabo prodire kroz neke zelene i plave boje. Primjerice, prusko plava zaustavlja, apsorbira zračenje. Snimanje pod IC svjetlom pokazuje dobre rezultate sa slikama u kojima prevladavaju bijeli, smeđi i crveni tonovi. Interakcija je ovisna o veličini, obliku i gustoći čestica u sloju boje. Za snimanje se danas često koristi IR reflektografija (IRR) – digitalna. Rezultat je više slika istog objekta. Svaka sa svojim djelom IC spektra prikazuje različite dijelove podslojeva jer su različiti materijali propusni ili nepropusni u različitim dijelovima spektra. Stoga, ovisno o valnoj duljini IC zračenja dobivamo podatke iz različitih dubina, slojeva snimane umjetnine.

X zrake (rendgensko snimanje) područje su elektromagnetskog zračenja s valnim duljinama između 10 i 0,01 nm, što približno odgovara području između

ultraljubičastog i gama zračenja. Zbog svoje energije svrstava se u ionizirajuće zračenje. Prolazi kroz materijal i rezultira slikama, sjenama strukture materijala ovisno o nekoliko čimbenika: debljini materijala, gustoći, atomskom broju i kemijskom sastavu materijala. Što je veća atomska težina kemijskog elementa, to se više sprječava zračenje. Pigmenti s većim atomskim brojem apsorbiraju rendgensko zračenje jače – snimka je na tim mjestima svjetlija (*Tablica 2*).

Tablica 2

| Pigment | Apsorpcija |
|------------------|------------|
| olovna bijela | vrlo jaka |
| cink bijela | jaka |
| bijelo vapno | slaba |
| kadmij žuta | jaka |
| napuljsko žuta | vrlo jaka |
| crveni/žuti oker | srednja |
| minij | vrlo jaka |
| karmin lak | slaba |
| prusko plava | srednja |
| emerald zelena | jaka |
| umbra | srednja |
| ugljeno crna | slaba |

Kod skulptura deblja i gušća područja apsorbiraju se bolje kao i metalni dijelovi u drvenim skulpturama. Snimka tanje preparacije na platnenom nositelju primjerice prikazuje se kao tamne linije. Problem je kod snimanja umjetnina klasičnom radiografijom oštrina i nastanak distorzije, što se može izbjeći snimanjem CT-om (rendgenska računalna tomografija, engl. *computer tomography*, CT) jer je trodimenzionalan i daje najbolji 3D prikaz. Također se koristi i virtualna endoskopija za ulazak u šupljine i utore.

XRF rendgenska fluorescentna spektroskopija (engl. *X-ray fluorescence spectroscopy*, XRF) jedna je od najprimjerenijih metoda za kvalitativno i kvantitativno istraživanje umjetnina. Potrebno je napomenuti kako je ta analitička metoda nedestruktivna, što ju čini prvim izborom u istraživanju umjetnina od osobite vrijednosti. Daje nam elementni sastav materijala. Omogućuje određivanje ne samo glavnih elemenata, nego i njihovih spojeva, elemenata u tragovima, sitna onečišćenja i slično. Primjerice, uslijed lokalne kiselosti pigment ultramarin pokazat će se kao pjegast s bijelim točkicama. Unutar jednog mjerenja moguće je istovremeno dobiti podatke o više elemenata. Primjenjiva je na objektima raznih veličina i oblika, a omogućuje i primjenu *in situ* za objekte koji se ne smiju ili ne mogu

dislocirati. Otkriva nam metode i materijale umjetnika, određivanje mjesta i vremena nastanka djela prema kronologiji otkrivanja i korištenja pigmenata, pronalaznje i utvrđivanje krivotvorina, pitanja i nedoumice tijekom konzervatorsko-restauratorskog procesa i, sukladno istomu, donošenje pravilnih odluka. Nedostaci su što se može koristiti isključivo za anorganske materijale i površinska je metoda elementnog karaktera. Uređaj dolazi u različitim modelima, primjerice laboratorijski XRF uređaj, prijenosni XRF uređaj, mikro XRF (uglavnom laboratorijski), PIXE-XRF (u kombinaciji s PIXE), TXRF koji se temelji na totalnoj refleksiji rendgenskog zračenja s uzorka.

Na radionici su promatrane umjetnine s opisanim metodama istraživanja. UV svjetlo je pokazalo fluorescenciju raznih lakova. Za standard se postavio komad obične krede. Damar lak i mastiks stariji od 20 godina pokazali su dosta veliki UVF. Što je lak stariji, više dolazi do kemijskih promjena, odnosno mijenja se kemijska konstitucija molekula, pa je UVF jači. Zatim se postavila IC kamera na prijenosni digitalni mikroskop Dino-Lite, koji je pokazao vidljivost skice ispod slikanog sloja. XRF je pomoću dva lasera stvorio snop koji se usmjerio na točku koju želimo istražiti, u ovom slučaju crvenu boju. Postavila se akvizicija kako bi se očitale pikovi. Rezultat je visok postotak Hg (živa), te je riječ o pigmentu cinoberu.

Predavanja su se osvrnula i na fizikalnu prirodu metoda jer, kako je već navedeno, riječ je o elektromagnetskim zračenjima (UV i IC zračenje, X zrake). Ovisno o vremenu izlaganja zračenju utječe se na proces ubrzanja starenja. Stoga su te metode istraživanja mikrodestruktivne (UV i IC zračenje, X zrake) jer je vrijeme izlaganja umjetnine zračenju kratko, a kao nedestruktivna metoda ističe se jedino XRF. U primjeni je riječ o tehnikama snimanja pod različitim vrstama svjetla. Navedene metode daju nam veliku količinu podataka i nužna su za svako istraživanje umjetnina u konzervatorsko-restauratorskom procesu.

Sanela Huzjak