

Hrvoje Gregorić

**METODE I MATERIJALI U KONSOLIDACIJI  
DRVETA OŠTEĆENOG BIOLOŠKIM DJELOVANJEM**

Rad za stručni ispit  
mentor: mag. Denis Vokić

studeni 2007., Zagreb

## **UVOD**

Istraživanja i nove spoznaje u konzervaciji – restauraciji kulturnih dobra, prilikom procesa stabilizacije (konsolidacije) drveta ili drvenih nosioca ukazuju na oprez i pažljiv odabir korištenih metoda i materijala. Glavni aspekti na koje treba obratiti pažnju su:

- kompatibilnost s originalom
- prodornost konsolidanata u drvenu građu
- inertnost prema osnovnom i slikanom sloju
- reverzibilnost postupka, ako je moguće

Ne postoji univerzalno rješenje i svaki objekt zbog različitih faktora (vrsta drveta, starost, izloženost lokalnim uvjetima, oštećenost, dimenzije, vlažnost itd.) zahtjeva individualni pristup rješavanju stabilizacije.

Procesu stabilizacije u konzervaciji treba pristupiti u slučajevima kada je bitno narušena čvrstoća drvenog nosioca i ako je ikako moguće treba ju provoditi djelomično. Nije nužno da se cijeli objekt tretira ako to nije stvarno neophodno.

## **TEMELJNE POSTAVKE**

Konsolidacija ili učvršćenje drveta je direktna aktivnost na objektu interesa s ciljem stabiliziranja drvene građe i usporavanja daljnjeg propadanja kulturnog dobra. Takav zahvat definiramo kao trajnu promjenu na kulturnom dobru i svrstavamo ga u konzervatorske postupke.

Učvršćenje ili konsolidacija izvodi se na drvenom objektu (parcijalno ili u cijelosti) kada je došlo do većeg biološkog oštećenja odnosno oštećenja uzrokovanog utjecajem insekata i/ili gljivica te kada je tim procesom narušena strukturalna stabilnost drvenog objekta ili nosioca.

Također, valja napomenuti da je reverzibilnost u primjeni konsolidanata diskutabilna tema, ali da je naglasak stavljen na kompatibilnost materijala i reverzibilnost postupka.

## POVIJESNI ASPEKT

Veliki problem kroz povijest bilo je pronaći prikladan konsolidant za drvenu građu. Tek u 20 stoljeću razvile su se prikladnije metode kompatibilne zahtjevima suvremenog pristupa konzervaciji - restauraciji.

Tutkalo odnosno bjelančevine glutina ili kazeina među prvima je u povijesti primijenjen konsolidant te se i danas, ali vrlo rijetko, preporuča u nekim specifičnim slučajevima trulog ili crvotočnog drvenog nosioca. Njegov način primjene proteže se od nanošenja kistom do tutkalnih kupki u koje se uranja cijeli objekt.

Primjenom raznih aditiva možemo učiniti drveni nosioc vodootpornim do toga da je sam konsolidant nepovratan. Korišteni aditivi uključivali su formalin, kalij-bikromat, tanin, laneno ulje, venecijanski terpentini i sl. Rjeđa otopina ljepljiva penetrira jako dobro u trulo drvo i pokazuje zadovoljavajuće stabilizacijske rezultate.

Također konsolidira i crvotočno drvo s nešto slabijom efikasnošću nego trulo. Osnovni nedostaci ovog konsolidanta su u tome što se drveni nosioc deformira i povećava volumen. Uz to bjelančevine predstavljaju hranu za insekte, a prisustvo lanenog ulja i/ili venecijanskog terpentina u potpunosti su neprihvatljivi.

Sušiva ulja – laneno ulje. Literatura ranog 18 stoljeća opisuje impregnaciju drveta s vrućim lanenim uljem. U 20 stoljeću koristi se ili kao topli ili kao hladni konsolidant često sa smolnim aditivima. Često su korišteni dodaci terpentina u želji da se postigne bolja prodornost. Laneno ulje prodire duboko u drvo i sljepljuje drvenu prašinu u gumi sličnu mješavinu, ali bez pravog učvršćenja. Suši se vrlo sporo i drvo impregnirano ili tretirano lanenim uljem apsorbira više vlage i ekspandira više nego netretirano drvo.

Poznato je i kinesko drveno ulje koje je korišteno kao konsolidant početkom 20-tog stoljeća, a njegova se primjena protezala čak do 1962. godine. Takav premaz nakon zagrijavanja postaje vrlo tvrd. Zbog tamnjenja drveta i neujednačenih mrlja na površini danas više nije u primjeni. Voskovi i voštano smolne mješavine. Pčelinji vosak, karnauba vosak i mineralni (parafinski) vosak korišteni su kao konsolidanti gdje su se objekti zaranjali u vruće voštane kupke, a često se drvo prethodno premazivalo tutkalom. Iako kao tradicija antičkog ganosisa, potpuna je konsolidacija u voštanoj kupki prvi puta poduzeta kao eksperiment 1902. godine. Postojale su mnoge recepture voštanih kupki.

*Efekti kupki su slijedeći:*

- promjena boje slikanog sloja,
- može uzrokovati gubitak metalnih aplikacija (zlatni listići),
- diskoloriranje drvenog nosioca (masne mrlje),
- razdvajanje dijelova slijepljenih tutkalom,
- pucanje drveta zbog visokih temperatura kupki

Eksperimenti su pokazali da je stabilizacijski efekt pčelinjeg voska minimalan, a za razliku od mišljenja iz prošlosti drvo tretirano pčelinjim ili parafinskim voskom također apsorbira vlagu. Po svoj prilici to se događa zbog smanjenja volumena voska prilikom sušenja te dolazi do kreiranja finih kapilara između drvene građe i voska.

Prirodne smole, vosak i laneno ulje do prije 50 godina bili su jedini prikladni materijalni za konsolidiranje crvotočnog drveta. U svrhu konsolidiranja prirodne smole jantara, damara i kolofonija otapaju se u organskim otapalima ili kuhaju u sikativiziranim sušivim uljimama.

Jantar kuhan u lanenom ulju koristio se do cca 1930. godine dok se nije pokazalo kako tako tretiran objekt ima jako smeđi efekt.

Damar otopljen u tetrakloru ili ksilenu kao konsolidant za drvo preporuča se u literaturi s kraja 19 stoljeća.

Kolofonij često je korišten kao jeftinija zamjena skupocjenih smola jantara i damara, a veliku ulogu imao je i kao dodatak voštanim kupkama. Zbog jakog smeđeg efekta i sklonosti pucanju izbačen je iz upotrebe.

Šelak se koristi za premazivanje drveta koje nije izloženo atmosferilijama. Šelak loše penetrira u drvo i postiže slabe rezultate kao konsolidant. Prvenstveno se koristi kao politura.

Celulozni esteri, tj. njihova dva derivata (celuloza nitrat i acetilceluloza) početkom 20-tog stoljeća postaju važni konsolidanti za drvo. Zapon lak prvi je celuloza nitrat produkt koji je stigao na tržište kao bezuljni lak. To je bio veliki korak naprijed u odnosu na dotada korištene konsolidante.

Acetilceluloza se pokazala postojanijom i stabilnijom od celuloze nitrata i u potpunosti je zamijenila kao konsolidant. 1931. godine na tržištu se pojavljuju metil celuloze i karboksi metil celuloze kao bezbojna ljepljiva. Ti celulozni esteri snažno bujaju u vodi te se stoga nisu pokazali prikladnim za konsolidaciju drveta.

### **Vodne disperzije umjetnih smola**

Od 1950. godine umjetne smole zamjenjuju tutkalna i kazeinska ljepljiva koja su do tog vremena bila standard. Polivinil alkoholi, polivinil acetati, polivinil metil esteri, poliakrilne kiseline, polivinil kloridi te poliakril esteri kao konsolidanti za drvo dolaze na tržište.

Ovi se materijali počinju koristiti i prije nego što su sva njihova svojstva, čistoća, postprodukti, itd. ispitani.

Osnovni problem je voda, koja dodana tim umjetnim smolama, u disperziji uzrokuje širenje drveta u unutrašnjosti. Daljnji problem je u tome što neki korišteni materijali imaju sposobnost migrirati u originalnu supstancu, a o njihovim procesima starenja nema jasnih spoznaja.

Također, jedan od problema kod korištenja nekih od ovih materijala je u stvaranju vodonepropusnog površinskog sloja koji zadržava prethodno zarobljenu vodu te zbog veličine molekula konsolidant ne penetrira duboko u drvo i javlja se mogućnost stvaranja pukotina prilikom sušenja.

### **Monomeri i epoksidne smole**

Osnovna je karakteristika ovih materijala je da polimeriziraju u samoj drvenoj građi te ne trebaju otapalo i ne gube na volumenu. Ipak, usprkos dobrim karakteristikama, zbog visoke viskoznosti ne penetriraju duboko u drvo, a i prilikom polimerizacije dolazi do visokih temperatura reakcije (100°C-110°C) što isušuje i oštećuje drvo. Danas postoji manji broj epoksidnih smola koje polimeriziraju tzv. hladnim procesom i pogodne su za konsolidaciju crvotočnog drveta.

## **KONSOLIDACIJA DRVETA DANAS**

Danas ne poznajemo materijal koji bez zadržke možemo preporučiti za sve primjene i još uvijek su sve tehnike vezane za:

- prodornost konsolidanta u drvenu građu
- promjena boje drveta
- promjena volumena drveta
- temperatura reakcije
- efekt na slikanom sloju

Do jednog ili više od gore navedenih problema obično dolazi kada se razmatra konsolidacija drvenog nosioca.

Prodornost konsolidanta u drvo možemo klasificirati kao nepredvidljiv tok jer se prodornost mijenja kako konsolidant prodire u drvenu građu.

Koristeći integriranu formu Darcyevog zakona o tekućinama i pretpostavljajući da je prodornost konstanta s dužinom daje jednadžbu za izračunavanje promjenjivosti apsorpcije.

$$F_{vl} = \frac{2}{L} \cdot \frac{NK \Delta P t}{\sqrt{V_a \cdot n}}$$

- F<sub>vl</sub> - frakcijska volumenska apsorpcija tekućine za tok do oba kraja paralelnih strana uzorka
- L - dužina uzorka u smjeru toka
- K - specifikacija upojnosti
- P - diferencijal pritiska
- t - vrijeme
- V<sub>a</sub> - poroznost uzorka
- n - viskoznost tekućine

Upojnost je osnovna karakteristika koja određuje tok konsolidanta tijekom postupka konsolidacije. Postoje mnogi faktori koji utječu na upojnost kao što su veličina pora i crvotočina, vlažnost drveta itd. Općenito upojnost je veća kod rubnog dijela nego kod srčike drveta i značajno je veća u longitudinalnom nego u transverzalnom smjeru. U mekšem drvetu veličina razmaka između godova također određuje upojnost, dok je kod tvrdog drveta stvar kompleksnije naravi zbog vrlo malih ili gotovo nikakvog razmaka među godovima.

Drugi čimbenici poput svojstva tekućina (npr. polaritet otapala) također utječu na upojnost. Općenito, drvo je upojnije za nepolarna nego polarna otapala. Gornja jednadžbe ukazuje i da će povećanje tlaka pogodovati upojnosti te da je frakcijska volumenska apsorpcija proporcionalna kvadratu vremena.

Promjena boje drveta, tj. konsolidanti i otapala koji je uzrokuju, općenito ne smatraju se prihvatljivim.

Do promjena volumena drveta dolazi uslijed korištenja otapala kao prijenosnika konsolidanta u unutrašnjost drvene građe. Voda kao otapalo ima najveći faktor promjene volumena uz svojstvo da u potpunosti i izlazi iz drveta i time ne utječe trajno na promjene u drvetu. Za razliku od vode, organska otapala manje utječu na promjene volumena, no s obzirom da ne izlaze u potpunosti iz drvene građe mogu reagirati s originalnom strukturom i trajno promijeniti volumen drveta. Monomeri i epoksidne smole ne mijenjaju volumen, ali nisu primjereni za svaku upotrebu.

Temperatura reakcije prvenstveno se odnosi na monomere i epoksidne smole. Njihovom polimerizacijom dolazi do egzotermne reakcije koja zbog visokih temperatura, koje mogu doseći i do 130°C, uzrokuje isušivanje i oštećenja drvene strukture.

### **Konsolidanti korišteni danas za drvo oštećeno gljivicama (truleži)**

Uglavnom koriste se umjetne smole koje zbog viskoznosti otopina prodiru vrlo efikasno čemu možemo zahvaliti i poroznosti drveta napadnutog gljivicama. Ako se koristi dugo isparavajuće otapalo distribucija konsolidanta je vrlo dobra. Nedovoljna koncentracija smanjuje jačinu drvene građe, jer zbog značajnog povećanja težine drveta prilikom konsolidacije, vlakna u drvetu mogu biti razdvojena i mala količina smole teško nadoknađuje takav gubitak u jačini.

Ohrabrujući rezultati postignuti su na testovima sa srednjom do velikom koncentracijom umjetnih smola (Pleksigum P28, 30-40% otopljenom u white spiritu; Mowilith 30, 20%-tna otopina u toluenu).

## Konsolidanti korišteni danas za drvo oštećeno insektima

Osnovno svojstvo drva oštećena insektima je gubitak strukturne jačine zbog crvotočnih kanala ali ne i zbog kemijskih promjena same drvene građe (kao što je drvo oštećeno gljivicama).

Dobre rezultate u konsolidaciji tako oštećenog objekta pokazuju srednje koncentracije:

**Butvar B90**, 20%-tna otopina u toluenu ili etanolu;

**Pleksigum P28**, 20-30% otopljenom u white spiritu;

**Paraloid B72**, 20%-tna otopina u toluenu ili etanolu, danas korištenom zbog smanjenog štetnog utjecaja na zdravlje čovjeka.

Velika viskoznost otopina umjetnih smola nedovoljno prodire u drvo i zadržava se na površini, dok manje viskozne otopine prenose premalo konsolidanta u oštećeno drvo.

Moguće je prvo tretirati drvo slabijom, ali vrlo prodornom otopinom, a nakon toga s otopinom veće koncentracije.

Epoksidne smole male viskoznosti (**Araldit AY 130 + HV 956**)

ostaju fluidne duže vrijeme, dobro se distribuiraju i vezuju praškastu građu u crvotočnim kanalima.

U eksperimentalnim usporedbama Butvar daje veća poboljšanja u čvrstoći i gustoći od Paraloida B72 s naznakama da Butvar B98 daje veću čvrstoću od Butvara B90. S druge strane Paraloid B72, iako limitiranih konsolidantskih mogućnosti daje veći izbor u kreiranju otopina manjeg viskoziteta<sup>1</sup>.

Eksperimenti ukazuju i da bi polarna otapala mogla biti pogodnija od nepolarnih. Ipak ako postoji problem u upojnosti drvene građe nepolarna otapala koja stvaraju manje viskozne otopine, a i sama su u ponija od polarnih trebala bi se koristiti<sup>1</sup>.

Koncentracije konsolidanta u otopini trebale bi biti što je moguće više s obzirom na mogućnost upojnosti drveta.

Potpuna konsolidacije za sada možda nije moguća čak i primjenom vakuuma, što zbog činjenice da potpunu prodornost otopljenog konsolidanta nije moguće izvesti ili zbog dijelomične povratne migracije tvari (konsolidanta) koja je eksperimentalno uočena.

U svakom slučaju više će se konsolidanta zadržati na površini nego u središtu objekta. Tako neujednačena distribucija konsolidanta nije nužno loša jer tako ojačana površina pospješiti će čvrstoću i upojnu otpornost, a također poboljšava jačinu na lijepljenim dijelovima<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Wang, Y., and A. P.Schniewind, 1985. Consolidation of wood with soluble resins, Journal of the American Institute for Conservation 24:77–91.

<sup>2</sup> Arno P. Schniewind and Peter Y. Eastman, 1994. Consolidation of deteriorated wood with soluble resins, Journal of the American Institute for Conservation 33:247–255

## **LITERATURA:**

Wang, Y., and A. P.Schniewind, 1985. Consolidation of wood with soluble resins, *Journal of the American Institute for Conservation* 24:77–91.

Arno P. Schniewind and Peter Y. Eastman, 1994. Consolidation of deteriorated wood with soluble resins, *Journal of the American Institute for Conservation* 33:247–255

Sakuno, T., and A. P.Schniewind, 1990. Adhesive qualities of consolidants for deteriorated wood, *Journal of the American Institute for Conservation* 29:33–44.

Knut Nicolaus, *The Restaoration of Paintings*, Köln 1999.

Munnikendam, R.A. and Wolschrijn, Th. J., 1969. Further remarks on impregnation of porous materials with monomers, *Studies in Conservation* 14(3):132–135.

Metka Kraigher-Hozo, *Slikarstvo – metode slikanja i materijali*,