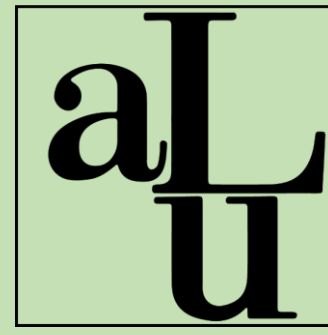


KAPELA SV. PAVLA U PAVLOVČANIMA

PRELIMINARNA PROCJENA STANJA, MJERENJE VLAGE I ANALIZA SOLI



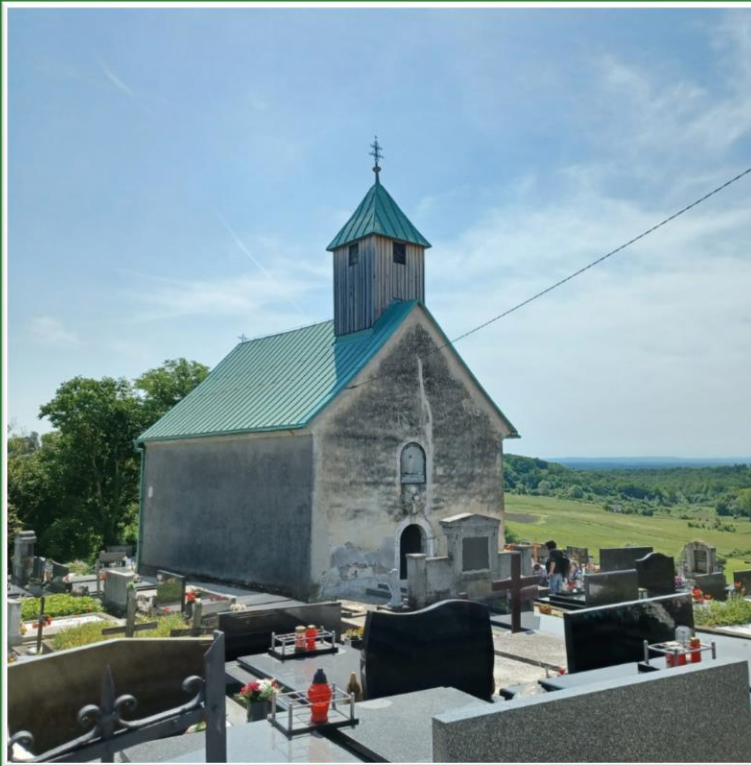
Autori: Lara Crvenka, Lucija Ćurković, Iva Petak, Ela Sekušak, Mara Simanić, Elizabeta Tišljar
Mentori: doc. dr. sc. Domagoj Mudronja, i red. prof. mr. art. Neva Pološki
Kolegij: Konzerviranje i restauriranje zidnih slika 1

Sveučilište u Zagrebu, Akademija likovnih umjetnosti
Odsjek za konzerviranje i restauriranje umjetnina

Uvod

U sklopu vježbe iz kolegija „Konzerviranje i restauriranje zidnih slika I“, tijekom dva dana u svibnju 2025. godine, studentice 3. godine slikarskog usmjerenja OKIRU izvodile su terenska istraživanja u kapeli sv. Pavla u Pavlovčanima nedaleko Jastrebarskog. Istraživanja su uključivala preliminarnu procjenu stanja građevine i zidnih oslika, uz mjerenje vlažnosti zida i laboratorijske analize soli. Potonja mjerenja i analize poslužila su iznošenju prijedloga za sanaciju vlage. Istraživanja su provodile studentice L. Ćurković, L. Crvenka, I. Petak, E. Sekušak, M. Simanić i E. Tišljar pod vodstvom prof. mr. art. N. Pološki i doc. dr. sc. D. Mudronje.

Kapela sv. Pavla (Sl. 1.) smještena je u naselju Pavlovčani te upisana u Registar zaštićenih kulturnih dobara. Riječ je o jednoj od najstarijih sačuvanih zidanih crkava na području Jastrebarskog, srednjovjekovnog porijekla. Građevina je jednobrodna, s pridruženom niskom polukružnom apsidom sa svetištem na istoku te zvonikom smještenim nad zapadnim pročeljem. Okružena je grobljem. Konzervatorsko-restauratorskim istraživanjima provedenima 2024. godine ustanovljeno je da se u području trijufalnog luka i apsida, ispod nekoliko mladih slojeva oslika i naliča, nalazi oko 30% sačuvanog gotičkog oslika. Za sada je otkriven tek u vidu manjih sondi, a cjeloviti konzervatorsko-restauratorski zahvati tek se planiraju.



Sl. 1. Kapela sv. Pavla u Pavlovčanima.



Sl. 2. Procjena stanja vanjštine apsida.



Sl. 3. Ispunjavanje interaktivnog obrasca za preliminarnu procjenu stanja građevine.



Sl. 4. Fotografiranje oštećenja koja zahvaćaju srednjovjekovni sloj te mlade slikane slojeve u apsidi.



Sl. 5. Promatranje oštećenosti srednjovjekovnog oslika u apsidi.

Monitoring Report	
Cause and Effects of deterioration	
1. Moisture and Water Damage	
Water infiltration is one of the primary causes of rendering deterioration, affecting both structural integrity and surface finishes.	
CAUSES	EFFECTS
☒ Rising Damp: Moisture wicks up from the ground through capillary action.	☒ Cracking: Moisture causes building materials to expand and contract, leading to cracking.
☒ Penetrating Water: Water enters through cracks in plaster and masonry.	☒ Surface Scaling and Discoloration: Water causes surface materials to peel and discolor.
☒ Condensation: Poorly insulated walls lead to condensation, causing moisture buildup.	☒ Spalling: Water causes masonry to spall, exposing the internal structure.
Is this case still active? ☐	
NOTES	
2. Salt Crystallization (Efflorescence and Cryptoflorescence)	
Water dissolves salts from the ground, mortar, or air pollution and carries them into the rendering.	
CAUSES	EFFECTS
☒ Water evaporation: As water evaporates, the salts crystallize, creating internal stress.	☒ Surface Crystallization: Salts crystallize on the surface, causing scaling and spalling.
☒ Surface salt formation: Salts crystallize on the surface, causing scaling and spalling.	☒ Structural Damage: Salts crystallize within the masonry, causing structural damage.
Is this case still active? ☐	
NOTES	
3. Structural Movement (Settlement and Creep)	
Settlement: The building's foundation may be uneven, causing the structure to settle.	
CAUSES	EFFECTS
☒ Uneven foundation: The building's foundation may be uneven, causing the structure to settle.	☒ Cracking: Settlement causes the building to crack, affecting the structural integrity.
☒ Creep: The building's structure may be under stress, causing it to creep.	☒ Deformation: Creep causes the building to deform, affecting the structural integrity.
Is this case still active? ☐	
NOTES	

Sl. 6. Interaktivni obrazac za preliminarnu procjenu stanja zidnih slika.

Mjerenje sadržaja vlage u zidu i analiza soli

MJERENJE VLAGE

Mjerenje je provedeno na sjevernom unutarnjem zidu kapele, na kojem su vidljiva oštećenja uzrokovana vlagom; tamnija površina zida, ljuškanje slikanih i žbukanih slojeva te biološka onečišćenja (Sl. 7.).

Primijenjena je termogravimetrijska metoda (Sl. 8.), pri čemu je korištena analogna vaga s infracrvenom grijalicom. Uzorci za analizu prikupljeni su bušenjem zida u okomitoj ravnini (Sl. 7.), na visinama od 18 cm, 45,5 cm te 71,5 cm od razine poda. Dobiven je jedan uzorak opeke (U1) i dva uzorka žbuke sljubnica (U2 i U3), od kojih je svaki težio oko 5 g. Nakon mjerenja početne težine uzoraka te njihova zagrijavanja na oko 100 °C, na vazi se mogao iščitati postotak vlage. Uzorak U1 sadržavao je 17,8 % vlage, U2 9,6 % vlage te U3 1,5 % vlage. Uzorci su spremljeni za kvalitativnu i semikvantitativnu analizu soli.

REZULTATI I PRIJEDLOG SANACIJE

Budući da se udio vlage od tek 4-5 % smatra prihvatljivim, rezultati mjerenja su pokazali povišenu vlažnost donje zone zida, što ukazuje na kapilarnu vlagu. S obzirom da vrijednosti nisu znatno iznad granične razine, prijedlog za sanaciju vlage bio bi odsoljavanje zidova kao prvi korak, a zatim, prema potrebi, izvedba drenaže. Iako se ovdje radilo tek o vježbi i nedovoljnom broju mjernih točaka, ova procjena može se iskoristiti kao preliminarna. Za potpune i mjerodavne rezultate potrebno je provesti sustavna mjerenja, koja uključuju višemjesečni *monitoring* (dva puta godišnje) pomoću detektora vlage postavljenih na svaki zid, na više točaka.

ANALIZA SOLI

Za ove je analize i mjerenja potrebno adekvatno pripremiti uzorke. Uzorkovani materijal (5 g) se usitnjava u tarioniku, preljeje destiliranom vodom (250 ml) te ostavi da odstoji 24 sata. Zatim se filtrira do postizanja bistrog vodenog ekstrakta (Sl. 9.).

ANALIZA KLORIDA I SULFATA - METODA TALOŽENJA

Analizirana je prisutnost aniona u bistrim vodenim ekstraktima. Nakon kemijskih reakcija promatra se stupanj zamućenja. Veće zamućenje znači veću količinu aniona. Stupanj zamućenja označava se kao: +++ (maksimalno), ++ (puno), + (malo), - (nema zamućenja). Za analizu klorida, u tri epruvete uliveno je 5 mL vodenog ekstrakta U1, U2 i U3, zatim je dodano par kapi razrijeđene dušične kiseline (HNO₃) te 1%-tnog srebrovog nitrata (AgNO₃) (Sl. 10.). Kod U1 i U2 nije bilo reakcije (-), dok je kod U3 došlo do blagog zamućenja (+). Za analizu sulfata, u tri epruvete uliveno je 5 mL vodenog ekstrakta U1, U2 i U3, uz dodatak par kapi razrijeđene kloridne kiseline (HCl) te 10%-tnog barijevog klorida (BaCl₂). Kod U2 nije bilo reakcije (-), kod U1 došlo je do blagog zamućenja (+), a kod U3 do jačeg zamućenja (++) (Sl. 11.).

ANALIZA NITRITA I NITRATA - INDIKATORSKE TRAKICE

Nitrati i nitriti analizirani su indikatorskim trakicama (Sl. 12.) koje sadržavaju reagens za date ione. Promjena boje na trakici ukazuje na aproksimativnu količinu iona u vodenom ekstraktu. Niti jedan uzorak nije sadržavao nitrite. Uzorak U1 sadržavao je 0,125% nitrata, U2 nije sadržavao nitrate, a U3 je sadržavao 0,4% nitrata.

MJERENJE ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I PH

Vodljivost raste s porastom količine iona u otopini. Ukoliko vodeni ekstrakt sadrži soli, vodljivost će biti visoka. Električna vodljivost mjerena je digitalnim konduktometrom LAQUAtwin-EC-33 (Sl. 12.). Na senzor konduktometra kapaljkom je nanescena jedna kap vodenog ekstrakta svakog uzorka. Vodljivost uzorka U1 bila je 429 µS/cm, U2 273 µS/cm, a U3 537 µS/cm. Riječ je o niskim vodljivostima prema kojima ne bi bilo potrebe za odsoljavanjem zidova. Voda u kojoj nema soli bit će pH neutralna (pH 7), dok će otopina koja sadrži soli pokazivati povišenu ili sniženu pH vrijednost. Za mjerenje pH vodenih ekstrakata korištene su indikatorske trakice. Kod uzoraka U1 i U3 izmjeren je pH 7, dok je kod U2 pH bio 7,5.



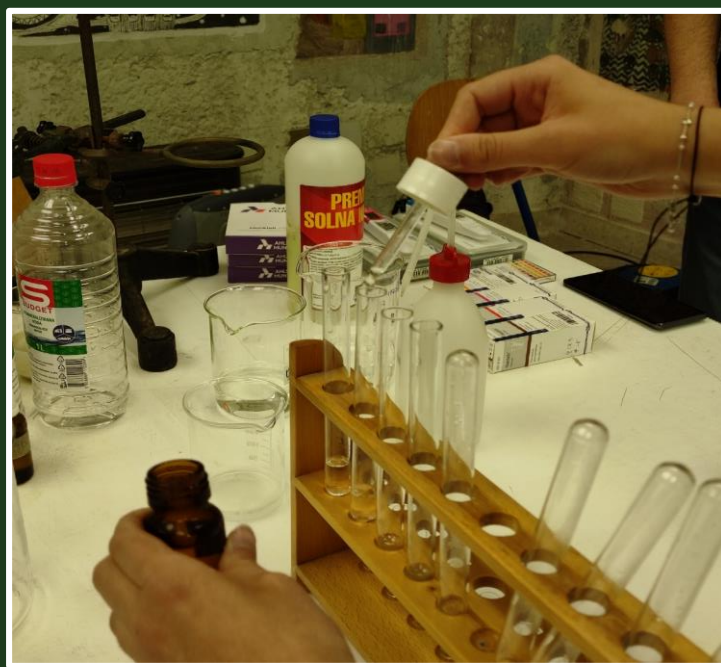
Sl. 7. Uzimanje uzorka za mjerenje sadržaja vlage u zidu.



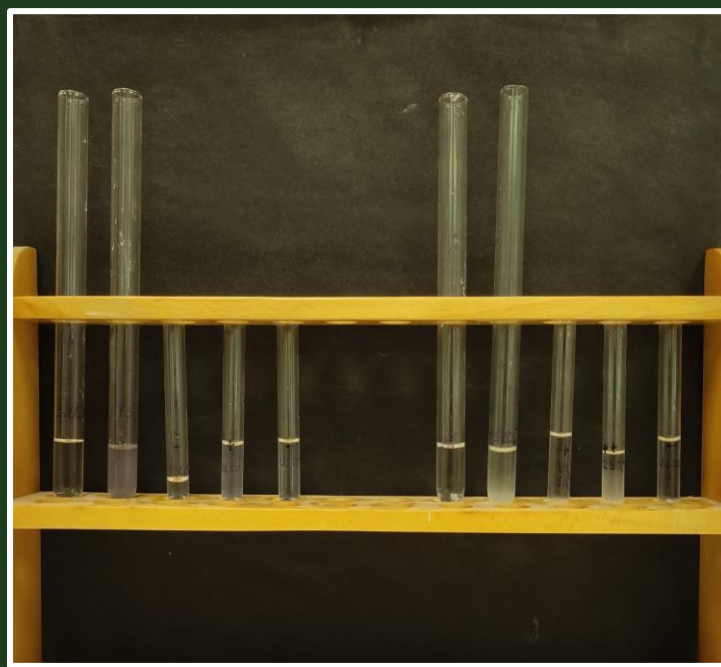
Sl. 8. Mjerenje vlage uzoraka vagon s infracrvenom grijalicom.



Sl. 9. Filtriranje vodenih ekstrakata uzoraka.



Sl. 10. Kapanje srebrovog nitrata u vodeni ekstrakt uzorka U1.



Sl. 11. Rezultati analize klorida i sulfata metodom taloženja.



Sl. 12. Rezultati analize nitrata i pH vrijednosti.



Sl. 13. Privremeno učvršćivanje nestabilne srednjovjekovne žbuke japanskim papirom i 1,5%-tnom otopinom Tylose MH300.

Primjeri oštećenosti srednjovjekovnog zidnog oslika



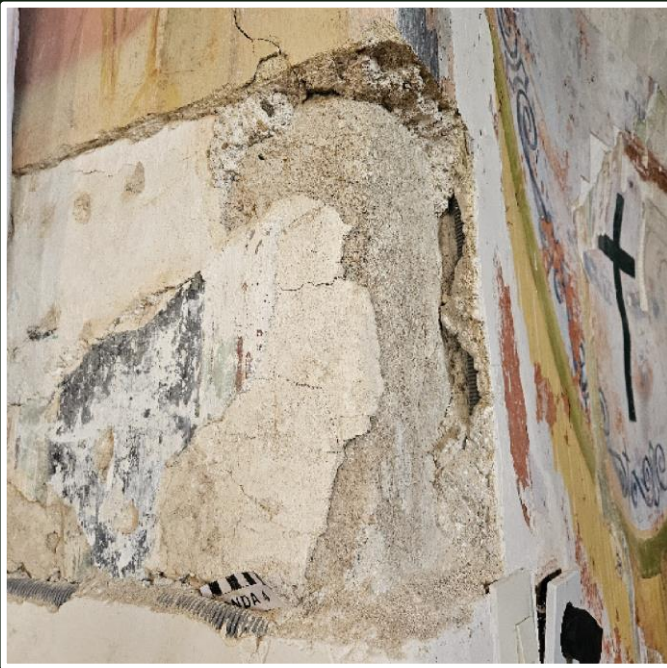
Ljuškanje slikanog sloja.



Urezani grafiti.



Odvajanje žbukanih slojeva.



Pukotine u žbuci *intonaco*.

Zaključak

Preliminarnom procjenom stanja ustanovljeno je da u/na samoj građevini nema kritičnih problema koji bi zahtijevali hitnu sanaciju, velikim dijelom zahvaljujući nedavnoj obnovi krovišta. Ono na što bi se prvo trebalo usredotočiti su recentne, cementne žbuke na pročeljima, koje valja ukloniti jer doprinose zadržavanju vlage u strukturi, te na izvedbu drenaže. U pogledu srednjovjekovnog zidnog oslika, zaključeno je da valja poduzeti hitne mjere zaštite, prije svega privremeno učvrstiti mjestimično vrlo nestabilne žbukane slojeve odvojene od nosioca ili međusobno. U tu svrhu podlijepljeni su najkritičniji dijelovi zidne slike kojima je prijetio trenutni gubitak (Sl. 13.).