

Analiza składu chemicznego
warstw zapraw i folii pozłotniczych
oraz monochromatycznych warstw malarskich
antependium z kościoła
pw. św. Klemensa w Głogowie

WERONIKA KORYCKA

Muzeum Archeologiczno-Historyczne w Głogowie

e-mail: weronika.korycka@muzeum.glogow.pl

ORCID: 0009-0001-9023-8076

BARBARA WAGNER

Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski

e-mail: barbog@chem.uw.edu.pl

ORCID: 0000-0002-5398-6438

BARBARA ŁYDŻBA-KOPCZYŃSKA

Wydział Chemii, Uniwersytet Wrocławski

e-mail: barbara.lydzba-kopczynska@uwr.edu.pl

ORCID: 0000-0002-2483-9711

MAGDALENA IWANICKA

Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu

e-mail: miwanicka@umk.pl

ORCID: 0000-0001-5799-6425

Keywords: antependium, altarpiece, gilding, elemental analysis, LA-ICP-MS, SEM-EDS, VIS-UV microscopy

Słowa kluczowe: antependium, nastawa ołtarzowa, pozłotnictwo, analiza pierwiastkowa, LA-ICP-MS, SEM-EDS, mikroskopia VIS-UV



Abstract

Analysis of the Chemical Composition of Ground Layers, Gilding Foils, and Monochrome of the Antependium from the Church of St Clement in Głogów

The antependium from the church of St Clement is a remnant of the former furnishings of Głogów's sacral interiors. The object survived the wartime and postwar destruction.. The interiors of Głogów churches before the Second World War were considered very rich. During the defence of Festung Glogau, most of them were destroyed. Among the archival sources, there are only two surviving photographs showing the antependium: from the years before 1945 and from the 1950s. The conducted research focused on the chemical composition of primers and decorative layers. Research results allowed to address the issue of preciousness of materials that were used in original and secondary layers. The research enabled the identification of the technological and chronological stages of the creation of the monument.

Abstrakt

Antependium z kościoła pw. św. Klemensa jest pozostałością dawnego wyposażenia głogowskich wnętrz sakralnych. Obiekt przetrwał zniszczenia wojenne. Wnętrza głogowskich kościołów przed drugą wojną światową zaliczano do bardzo bogatych. Podczas obrony Festung Glogau większość z nich uległa zniszczeniu. Wśród źródeł archiwalnych do naszych czasów zachowały się jedynie dwie fotografie, przedstawiające antependium: sprzed 1945 roku oraz z lat 50. XX wieku. Badania obejmowały analizę chemiczną składu pierwiastkowego zapraw oraz folii pozłotniczych. Wyniki badań pozwoliły na ustalenie szlachetności materiałów zastosowanych w warstwach wtórnych i pierwotnych. Przeprowadzone badania miały umożliwić rozpoznanie etapów technologicznych oraz chronologicznych powstawania zabytku.

Wstęp

W styczniu 2020 roku, dzięki uprzejmości proboszcza parafii OO. Redemptorystów ojca Łukasza Wójcika, do zbiorów Muzeum Archeologiczno-Historycznego w Głogowie włączono zabytkowe antependium z głogowskiego kościoła pw. św. Klemensa. Jest ono pozostałością dawnego wyposażenia głogowskich wnętrz sakralnych, które przed drugą wojną światową zaliczane były do bardzo bogatych. Podczas obrony Festung Glogau większość z nich uległa całkowitemu zniszczeniu. Omawiany obiekt przetrwał drugą wojnę światową.

Antependium głogowskie zostało wykonane z drewna, ze snycersko opracowanym ornamentem i obramowaniem. Ornament wzbogacono złoceniami oraz monochromatyczną warstwą malarską. Wstępna obserwacja techniki wykonania zdobień wskazywała na wcześniejsze ingerencje konserwatorskie i restauratorskie. Wśród źródeł archiwalnych do naszych czasów zachowały

się jedynie dwie fotografie przedstawiające antependium: sprzed 1945 roku oraz z lat pięćdziesiątych XX wieku.

Ze względu na unikatowość zabytku, przed podjęciem prac konserwatorskich zaplanowano szczegółową analizę użytych materiałów. Badania obejmowały analizę chemiczną składu pierwiastkowego zapraw, monochromii oraz folii pozłotniczych¹. Wyniki badań pozwoliły na ocenę materiałów zastosowanych w warstwach wtórnych i pierwotnych pod względem ich szlachetności.

Zarys historyczny

Opisywane antependium jest fragmentem nieistniejącego ołtarza pw. Matki Boskiej Nieustającej Pomocy, znajdującego się niegdyś w kaplicy bocznej modernistycznego kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie. Zachowało się jedno zdjęcie nastawy z lat międzywojennych, wykonane przez Hansa Andricka (il. 1); jak wskazują fotografie, wyróżniała się ona spośród innych ołtarzy w tym kościele, jednolitych stylistycznie. Dotychczas przyjmowano, że antependium stanowiło część wtórnej nastawy o cechach kompilacyjnych i jest dużo wcześniejsze niż kościół św. Klemensa – najprawdopodobniej należało do wyposażenia jednej ze starszych głogowskich świątyń, na co wskazuje informacja o barokowym wyposażeniu wnętrza przeniesionym z magazynów kościelnych do wybudowanego w 1928 roku kościoła św. Klemensa². Biorąc jednak pod uwagę cechy ornamentu nie można wykluczyć, że omawiany tu zabytek jest kreacją neobarokową, tym bardziej że nastawa była złożona z elementów o różnej proveniencji.

W okresie nowożytnym istniały na terenie Głogowa dwa zespoły poklasztorne z kościołami franciszkanów (wzniesiony w XII wieku)³ i klarysek (z XIII wieku)⁴, kościół św. Mikołaja (wybudowany w latach trzydziestych–czterdziestych XIII wieku)⁵ oraz kolegiata na Ostrowie Tumskim (z XII wieku, w XVIII stuleciu jej wnętrze poddano barokizacji)⁶; w roku 1928 postawiono

¹ Pełne rozpoznanie dzieła sztuki było możliwe dzięki badaniom wykonanym w ramach oferty polskiego Konsorcjum dla Badań nad Dziedzictwem Kulturowym E-RIHS.pl współfinansowanym przez NIMOZ. Tytuł projektu: „Analiza składu chemicznego warstw zapraw i folii pozłotniczych oraz monochromii antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie”, kierownik projektu: Weronika Korycka.

² Stanisław Brasse, „Redemptoryści,” w *Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*, red. Marek Robert Górniak (Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009), 143.

³ Roland Prejs, „Franciszkanie,” w *Zakony i zgromadzenia zakonne*, 87.

⁴ Paweł Łachowski, „Klaryski,” w *Zakony i zgromadzenia zakonne*, 144–152.

⁵ Karl Kastner, *Die Glogauer Stadtpfarkirche zum hl. Nikolaus*. Neu herausgegeben von Joseph Wagner (Hildesheim: 1961, pierwodruk: Schweidnitz 1922), 52.

⁶ Magdalena Świdarska, „Zarys dziejów kapituły kolegiackiej i kolegiaty w Głogowie,” w *Z dziejów kapituły kolegiackiej w Głogowie – 900-lecie powołania*, red. Waldemar Hass (Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2021), 35 i 38.

kościół pw. św. Klemensa. Większość tych świątyń została w znaczącym stopniu zniszczona podczas obrony Festung Glogau. Kościół pw. św. Klemensa spłonął 17 marca 1945 roku – ocalała jedynie kaplica pw. Matki Boskiej Nieustającej Pomocy⁷. Powojenne losy zabytku nie są znane, zachowała się tylko jedna fotografia z lat pięćdziesiątych (il. 2). Później pozbawione funkcji kultowej antependium przechowywano na strychu plebanii parafii OO. Redemptorystów w Głogowie.

Omawiany zabytek nawiązuje do form reprezentowanych przez obiekty takie jak antependium ołtarza głównego z 1740 roku z kościoła pw. św. Szymona i Judy Tadeusza w Rudnie (il. 3)⁸. Podobną formę mają antependia z kościoła św. Wawrzyńca na Brzostowie – jednej z dzisiejszych dzielnic Głogowa. Barokowe ołtarze umieszczone w kościele św. Wawrzyńca po roku 1810 pochodziły z innych kościołów głogowskich, poddanych sekularyzacji: ołtarz główny – z kaplicy różańcowej kościoła dominikańskiego pw. św. Piotra⁹, ołtarze boczne zaś – z kościoła franciszkańskiego pw. św. Stanisława¹⁰. Kilka nieistniejących już antependiów zostało udokumentowanych na fotografiach kolegiaty głogowskiej z lat trzydziestych XX wieku; były one wykonane z zastosowaniem kurdybanów¹¹.

W roku 2020 antependium będące przedmiotem tego artykułu zostało włączone do zbiorów Muzeum Archeologiczno-Historycznego w Głogowie pod numerem inwentarza MG/H/1706 oraz przekazane do Pracowni Konserwatorskiej Ośrodka Archeologiczno-Numizmatycznego.

Stan zachowania zabytku i przyczyny zniszczeń

Opis zabytku

Drewniane antependium stanowi opracowany snycersko ażurowy ornament ujęty w prostokątną, profilowaną ramę snycerską, osadzony na podłożu z desek. Symetryczny układ elementów dekoracji rozchodzących się od umieszczonego centralnie medalionu z Koroną Cierniową i tytułusem *IN-RI* tworzy ornament manierystyczny z elementami ornamentu regencyjnego (tzw. wstęgowo-cęgowego), wzbogacony o florystyczne dekoracje rokokowe

⁷ Brasse, „Redemptoryści,” 146.

⁸ Ostatnia konserwacja i restauracja odbyła się w 2016 r.

⁹ Rafał Rokaszewicz, „Utracone na zawsze,” w *Zakony i zgromadzenia zakonne*, 210–212.

¹⁰ Rokaszewicz, „Utracone na zawsze,” 214–216.

¹¹ Zob. https://www.herder-institut.de/bildkatalog/index/index?searchfield_parameter=altar+im+dom+glogau&tree%5BOrte%5D=1258 (dostęp 26.05.2021).

oraz motywy ornamentyki średniowiecznej (ażurowe czwórliście). Łączenie i przenikanie plastycznych form z różnych okresów wskazuje na kreację neostylu, co sugeruje, że jest to dzieło eklektyczne. Statyka całości układu i symetria odpowiadają wcześniejszym manierystycznym cechom dekoracji, pozostającym pod silnym wpływem wzorników Vredemana de Vries¹². Ornament – ze względu na jego warstwowość, wywinięcie taśm, esowate, asymetryczne kształty przenikające się z motywami roślinnymi, tworzące symetryczny, statyczny układ z osią w centrum w formie medalionu – ma charakter pojawiającego się już w latach dwudziestych XVI wieku i kontynuowanego w wiekach późniejszych przestrzennego rollwerku¹³.

Ornamenty regencyjne przenikają się, tworząc dwie warstwy: pierwsza warstwa jest statyczna, druga dynamiczna. Ornament wstęgowo-cęgowy stanowi warstwę spodnią, bardziej statyczną. Charakteryzuje ją symetryczna kompozycja z wyraźnych taśm, które układają się pod różnymi kątami, tworząc motywy zbliżone do „rozwartych nożyc” lub „kruczych dziobów”, a ich fragmenty wieńczą medalion i rozchodzą się symetrycznie w kierunku krótszych boków. Ostre, zgeometryzowane taśmy ornamentu wstęgowo-cęgowego, datowanego na okres po 1720 roku, są zestawione z ornamentem wstęgowym, który stanowi warstwę wierzchnią, dynamiczną. Tworzą ją taśmy o łagodnych liniach przechodzących w stylizowane ceowniki i esownice z karbowanymi grzebieniami o motywach roślinnych w kształcie półotwartych pąków oraz ozdobne ażurowe motywy, takie jak czwórliść nawiązujący do gotyku (głównie do odlewnictwa). Dwie pary ceowników flankują medalion z obu stron, wspólnie tworząc układ S-kształtny. Dwie esownice ornamentu znajdują się w górnych narożach aplikacji. Elementy te są charakterystyczne dla ornamentu wstęgowego, który był stosowany w Europie w pierwszej połowie XVIII wieku¹⁴. Taśmy ornamentu wstęgowego przenikają się z ornamentem roślinnym o motywie gałązek i stylizowanych liści akantu, różyczek lub ich całych skupisk oraz dzwoneczków – tzw. kampanuli, typowych dla rokoka i neorokoka.

¹² Michał Woźniak, „Uwagi o recepcji manierystycznych wzorników w Gdańsku i Prusach Królewskich,” w *Niderlandyzm w sztuce polskiej: Materiały Sesji Stowarzyszenia Historyków Sztuki*, red. Teresa Hrankowska (Toruń: SHS, 1992), 239–240.

¹³ Woźniak, „Uwagi o recepcji,” 46.

¹⁴ Wiesław Rządek i Konrad Tomaszewski, *Ornamentyka i motywy dekoracyjne* (Poznań: Instytut Historii Sztuki UAM, 1991), 58.

Na ramie widoczny jest ornament ciągły ze stylizowanym motywem roślinnym z elementami ornamentu okuciowego. Obrazowanie składa się z czterech listew. Tło wykonane jest z trzech desek zamocowanych od strony awersu przy użyciu gwoździ. Widoczne są dwa gniazda po wcześniejszym mocowaniu, być może za pomocą szpong.

Cały ornament jest pokryty warstwą złocenia. Medalion został wykończony srebrzeniem. Obrazowanie pokryte złoceniem i wykończono marmoryzacją w kolorach fioleto. Marmoryzacja ramy została wykonana na trzech bokach oraz w zewnętrznym pasie rewersu. Bok dolnej listwy ramy antependium pozostawiony został bez opracowania malarskiego, jako surowe drewno.

Tło ornamentu opracowano w kolorze błękitnym na podmalowaniu z minii. Najprawdopodobniej całe deski tła od strony rewersu pomalowano farbą w kolorze minii, a następnie obwiedziono ornament błękitną farbą w dwóch warstwach. Możliwe, że każda z warstw błękitu pochodzi z innego okresu.

Stan zachowania

Po zniszczeniach wojennych obiekt nie został właściwie zabezpieczony, czego skutkiem była jego dalsza degradacja. W najgorszym stanie jest dolna część antependium. Fragmenty ramy zostały zaatakowane przez owady z gatunku kołatków (kołatek domowy), z tego powodu dolna listwa oraz dolne fragmenty listew bocznych są wyraźnie osłabione, widać na nich skupiska otworów wylotowych. Na dolnej listwie występują szerokie ubytki warstw zapraw i złocień. Duże ilości otworów wylotowych – skutek działalności owadów – znajdują się również na deskach awersu (il. 4, 5). Pojedyncze otwory zauważalne są na ornamencie ze złoceniem, kilka ich grup w miejscach z marmoryzacją. Na deskach awersu widać skutki wahań wilgotności i temperatury w postaci zmian kolorystycznych drewna. Drewno jest miejscowo pociemniałe, pojawiły się również zabielenia. Pęknięcie na całej długości ornamentu najprawdopodobniej powstało przy demontażu, w wyniku urazu mechanicznego spowodowanego [dodatkowym ?] mocowaniem z użyciem dwóch gwoździ/śrub. Konsekwencją zacisku mogą być mniej wyraźne, równoległe pęknięcia widoczne w górnej i dolnej części antependium.

Kompozycja ornamentu w kilku miejscach – w dolnej partii antependium oraz po prawej stronie w górnej partii – została pozbawiona całych fragmentów. Pozostałe nieznaczne ubytki zostały scalone kolorystycznie, a niektóre wypełniono stylizowanymi rekonstrukcjami (il. 4), co jest widoczne w górnej partii antependium w dwóch miejscach: po prawej i po lewej stronie oraz

w dolnej partii po prawej stronie. Są to elementy przybite współczesnymi gwoździami, pokrytymi w całości ciemnobrunatnymi produktami korozji żelaza. Obok gwoździ na powierzchni pozłoty widoczne są zielonej barwy produkty korozji miedzi. Prawdopodobnie zabiegi restauratorskie zostały wykonane przy użyciu materiałów nieszlachetnych.

Spękania na powierzchni obiektu odzwierciedlają spękania warstw spodnich. Spodnie warstwy ukazują powtarzalność warstw złocien. Zauważalne jest użycie w warstwach wtórnych nieszlachetnych materiałów. Podczas wstępnej obserwacji możliwe było rozróżnienie grubości zapraw. Wyróżniają się miejsca uzupełnień ubytków, gdzie wykorzystano kit o innej strukturze, dużo twardszy niż zastosowana zaprawa.

Ubytki marmoryzacji są bardzo widoczne na krótszych listwach ramy, a dolna listwa jest niej w większości pozbawiona. Na pasie okalającym ornament na górnej listwie w miejscach odspojen warstwy malarskiej obecne są odbarwione na biało pęcherze – trudno określić przyczynę ich powstania. Pod warstwą marmoryzacji uwypukla się nadmiar zaprawy, tworząc nieregularną granicę podkładu pod złocenie.

Badania

Cel badań

Celem badań instrumentalnych było określenie składu chemicznego warstw zapraw, monochromii i folii pozłotniczych, a także rozpoznanie etapów technologicznych oraz chronologicznych w procesie powstawania zabytku. Zaplanowano wykonanie badań niszczących i nieniszczących próbek materiału pobranego z miejsc najmniej widocznych oraz z luźnych fragmentów o określonej lokalizacji. Wybrano miejsca najbardziej reprezentatywne dla różnych części antependium, umożliwiające wgląd w rodzaj zastosowanych technik polichromii i złocien. Ważnym zadaniem było określenie obecności warstw pierwotnych oraz liczby warstw wtórnych, ze szczególnym uwzględnieniem warstw pozłotniczych. Przeprowadzone badania wspomagały datowanie obiektu.

Metody badawcze

Do analizy pobrano osiem próbek materiału badawczego. Miejsca ich pobrania przedstawiono w tabeli 1. Materiał badawczy analizowano wybranymi metodami, umożliwiającymi uzyskanie odpowiedzi na postawione pytania. W pierwszej kolejności wybrane próbki, zatopione w żywicy, poddano analizie mikroskopowej VIS-UV.

Tabela 1. Miejsca pobrania próbek (por. il. 6)

Lp.	Oś x [cm]	Oś y [cm]	Opis miejsca pobrania próbki	Liczba warstw technologicznych
1	158	27	ornament	9
2	188	26	ornament	9
3	2	42	marmoryzacja	8
4	208	70	ornament na ramie („fryz”)	12
5	16	78	ultramaryna bok ramy	10
6	183	22	ultramaryna tło	4
7	101	49	tondo	7
8	188	66	wcześniejsze restauracje	10–12

Źródło: oprac. własne, W. Korycka, M. Iwanicka.

Analizę wykonano na przekrojach próbek osadzonych w żywicy akrylowej Duracryl Plus (SpofaDental) w temperaturze pokojowej. Podczas mikroskopowej obserwacji wizualnej w świetle widzialnym i w promieniach ultrafioletowych badano stratygrafię przekrojów próbek, w tym liczbę i kolorystykę warstw, ich strukturę i charakterystyczne cechy (m.in. kształt i barwę ziaren pigmentu). Obraz przekrojów w świetle widzialnym (VIS) i ich fluorescencji wzbudzanej promieniowaniem UV udokumentowano fotograficznie za pomocą mikroskopu Nikon Eclipse E600 z przystawką fluorescencyjną i blokiem filtrów UV-2A (EX 330–380 nm, DM 400 nm, A 420 nm)^{15,16}.

W kolejnym etapie pracy, w celu poszerzenia zakresu analizy wizualnej przekrojów stratygraficznych, jako badanie komplementarne wybrano

¹⁵ Badanie stratygrafii w świetle VIS i UV wykonała dr hab. Magdalena Iwanicka, prof. UMK, w Katedrze Konserwacji i Restauracji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej Wydziału Sztuk Pięknych w UMK w Toruniu. Wyniki i podsumowanie badań zob. Magdalena Iwanicka, „Badanie techniki wykonania antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie. Analiza wyników badań mikroskopowych VIS-UV przekrojów próbek pobranych z obiektu zabytkowego” (dokumentacja badawcza, Katedra Konserwacji i Restauracji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej Wydziału Sztuk Pięknych UMK, Toruń 2021).

¹⁶ Barbara H. Berrie i Mathieu Thoury, „Examination of Luminescence of Cross Sections (Fluorescence Microscopy),” w *UV-Vis Luminescence Imaging techniques*, red. Laura Fuster López (València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2019), 119–137.

analizę SEM-EDS, którą wykonano na próbkach wcześniej osadzonych w żywicy akrylowej^{17,18}. Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM) pozwala rejestrować obraz powierzchni próbek w dużych powiększeniach za pomocą rejestracji elektronów wtórnych lub wstecznie rozproszonych. W odróżnieniu od mikroskopii optycznej, dzięki SEM uzyskuje się znacznie większe powiększenia z nieporównywalnie wyższą rozdzielczością obrazu. W wyniku zastosowania skanowania powierzchni próbek wiązką elektronów w prosty i szybki sposób otrzymuje się obrazy odzwierciedlające różnice w składzie elementarnym próbki. Dodatkowe wyposażenie w postaci mikroanalizatora EDS umożliwia szybkie wyznaczenie składu elementarnego zarówno w punktach, jak i na różnej wielkości obszarach. Identyfikacja pierwiastków opiera się na rejestracji widma energii promieniowania rentgenowskiego emitowanego przez atomy próbki wzbudzone wiązką elektronów. Oprogramowanie automatycznie wyznacza skład elementarny próbki na podstawie promieniowania charakterystycznego. Połączenie mikroskopii elektronowej z analizą elementarną pozwala rejestrować wysokorozdzielcze obrazy w bardzo dużych powiększeniach, wyznaczać skład elementarny bardzo małych obiektów (nawet poniżej 1 μm), tworzyć profile zmian zawartości pierwiastków i dwuwymiarowe kolorowe mapy rozmieszczenia pierwiastków na powierzchni próbek. Metoda uważana jest za nieniszczącą, gdyż bardzo rzadko dochodzi do niszczącego działania wiązki elektronów na próbki, w dodatku jeśli tak się zdarza, to w mikroskopowej skali. Skaningowy mikroskop elektronowy dzięki specjalnemu trybowi pomiarów w niskim ciśnieniu (zwanemu pomiarem w niskiej próżni) nie wymaga napyłania warstw przewodzących na powierzchnię badanych materiałów. Jak każda metoda, mikroskopia elektronowa ma też swoje ograniczenia – nie pozwala na pomiar próbek płynnych, wilgotnych, parujących lub sublimujących. W omawianych badaniach została zastosowana metoda mikroskopii skaningowej z mikrofluorescencją rentgenowską SEM-EDS. Wykonano je za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego Hitachi S-3400N z detektorem EDS Thermo Scientific Ultra Dry

¹⁷ Badania z zastosowaniem SEM-EDS wykonali dr Barbara Łydzba-Kopczyńska i dr Wojciech Gil na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. Wyniki i podsumowanie badań zob. Barbara Łydzba-Kopczyńska, „Badanie techniki wykonania antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie. Opracowanie wyników z zastosowaniem SEM-EDS” (dokumentacja badawcza, Wydział Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2021).

¹⁸ Marcin Ciba i Barbara Łydzba-Kopczyńska, „Badania fizyko-chemiczne wybranych obrazów Michaela Willmanna oraz palety pochodzącej z jego pracowni,” w *Obrazy Michaela Willmanna pod lupą*, red. Andrzej Kozieł (Jawor: Muzeum Regionalne, 2010), 42–43.

na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. Pomiary przeprowadzono w niskiej próżni przy zastosowaniu energii 30 kV i powiększeń w zakresie od 200 do 1000 razy¹⁹.

W kolejnym etapie badań użyto metody LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* – spektrometria mas z jonizacją próbki w plazmie indukcyjnie sprzężonej po ablacji laserowej)²⁰, która charakteryzuje się wysoką czułością i niskimi granicami wykrywalności dla większości pierwiastków układu okresowego; z tego powodu jest szeroko wykorzystywana do oznaczeń pierwiastków głównych i śladowych w próbkach stałych²¹. Ablację laserową stosuje się na etapie mikroprobkowania, powodując wyrwanie materiału bezpośrednio z powierzchni próbki i powstanie aerozolu w gazie nośnym (Ar). Uzyskany aerozol wprowadzany jest do plazmy argonowej, w której następuje jonizacja atomów poszczególnych pierwiastków obecnych w materiale pobranym z próbki. Zasada działania spektrometru mas polega na wytworzeniu jonów, które następnie są rozdzielane pod względem stosunku masy do ładunku (m/z). Intensywność rejestrowanych sygnałów dla poszczególnych m/z odzwierciedla zawartość danego izotopu w próbce i może być wykorzystana do przeliczania zawartości pierwiastków w badanych obiektach. W omawianych badaniach użyto spektrometru ICP-MS NexION 300D firmy Perkin Elmer sprzężonego z układem do ablacji laserowej LSX-213 firmy CETAC (USA). Układ do ablacji laserowej LSX-213 składa się ze stałego lasera Nd:YAG, który wysyła wiązkę promieniowania o długości fali 213 nm. Maksymalna energia układu do ablacji laserowej wynosi 5mJ, z możliwością regulowania częstotliwości pracy lasera w granicach od 1 do 20 Hz. Układ pozwala na skupienie energii wiązki lasera na obszarze o średnicy od 10 do 300 μm na powierzchni analizowanej próbki. Parametry

¹⁹ Łydźba-Kopczyńska, „Badanie techniki”.

²⁰ Badania wykonała dr hab. Barbara Wagner w Interdyscyplinarnym Laboratorium Badań Archeometrycznych Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego. Badania zostały przeprowadzone, opracowane i zinterpretowane przez dr hab. Barbarę Wagner. Wyniki i podsumowanie badań zob. Barbara Wagner, „Analiza składu chemicznego warstw zapraw i folii pozłotniczych oraz monochromii antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie metodą LA-ICP-MS” (dokumentacja badawcza, Interdyscyplinarne Laboratorium Badań Archeometrycznych, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2021).

²¹ Barbara Wagner et al., „Critical Assessment of the Elemental Composition of Corning Archaeological Reference Glasses by LA-ICP-MS.” *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 402 (2012): 1667–1677, DOI: 10.1007/s00216-011-5597-8.

opisujące warunki pracy lasera zostały przedstawione razem z parametrami opisującymi pracę układu ICP-MS w tabeli 2.

Tabela 2. Parametry pracy układu pomiarowego ICP-MS

Parametry pracy układu pomiarowego ICP-MS	
Moc plazmy	1400 W
Przepływ gazu nośnego / Ar	0,94 l/min
Liczba przemian widma	1
Liczba odczytów	2155
Liczba powtórzeń	1
Czas odczytu intensywności sygnału dla jednego izotopu	5 ms
Warunki ablacji laserowej	
Długość fali lasera	213 nm
Energia lasera	5 mJ
Średnica wiązki lasera	150 μ m
Częstotliwość pracy lasera	20 Hz
Sposób ablacji	ablacja liniowa (n=11)

Źródło: oprac. własne, B. Wagner.

Analiza metodą LA-ICP-MS obejmowała następujące etapy pracy. W pierwszym etapie umieszczano szlify wewnątrz komory ablacyjnej na stoliku pomiarowym. Potem obserwowano próbki za pomocą kamery CCD i wybrano odpowiednie miejsca do analizy. W kolejnym kroku zarejestrowano sygnały ślepej próby (przepływ samego gazu nośnego) oraz próbki uzyskanej w wyniku ablacji laserowej dla określonych izotopów²². Następnie przeniesiono uzyskane dane do programu Microsoft Excel i dokonano stosownych

²² Zarejestrowane sygnały izotopów: 7Li, 11B, 23Na, 26Mg, 27Al, 29Si, 31P, 35Cl, 39K, 43Ca, 45Sc, 49Ti, 51V, 53Cr, 55Mn, 57Fe, 59Co, 60Ni, 65Cu, 66Zn, 71Ga, 75As, 79Br, 82Se, 85Rb, 88Sr, 89Y, 90Zr, 93Nb, 95Mo, 109Ag, 111Cd, 115In, 118Sn, 121Sb, 133Cs, 137Ba, 139La, 140Ce, 141Pr, 143Nd, 147Sm, 153Eu, 157Gd, 159Tb, 163Dy, 165Ho, 166Er, 169Tm, 173Yb, 175Lu, 178Hf, 181Ta, 182W, 197Au, 208Pb, 209Bi, 232Th, 238U.

obliczeń. W końcowym etapie zaprezentowano wyniki w postaci map znormalizowanych względem najwyższego sygnału dla danego pierwiastka²³.

Wyniki badań

Interpretacja wyników badań opiera się na przeprowadzonej analizie wyglądu próbek w obserwacji mikroskopowej w świetle widzialnym i fluorescencji UV oraz analizie składu chemicznego metodami SEM-EDS i LA-ICP-MS (szczegółowo metody te omówiono wyżej, w opisie metod badawczych).

W próbkach nr 1 i 2 przebadano warstwy złocenia ornamentu. Próbką nr 1 składa się z dziewięciu warstw. Warstwę wierzchnią stanowi imitująca złocenie farba ze zmielonych płatków metalu („brąza”). W świetle widzialnym obserwowana jest jako brunatna, szklista warstwa z żółtymi refleksami. Fluorescencja spoiwa tej warstwy w promieniach UV jest żółtozielona. W strukturze warstwy widać drobne „igły” odpowiadające fragmentom płatków metalowych, których fluorescencja jest wygaszana (il. 7: nr 9). W płatkach metalu zidentyfikowano miedź i cynk, co pozwoliło na zinterpretowanie ich jako mosiężnych, a farby jako imitacji złocenia na bazie zmielonych płatków mosiężnych. Warstwa „brązy” została oddzielona od spodnich warstw izolacją niewyodrębniającą się w świetle widzialnym, ale widoczną na obrazie fluorescencji wzbudzonej promieniowaniem UV jako cienka warstwa leżąca na warstwie nr 7. W tej warstwie najprawdopodobniej użyto lakieru olejno-żywicznego (il. 7: nr 8). Lakierem zaizolowana została warstwa folii metalowej żółtej. W obserwacji mikroskopowej w świetle widzialnym warstwa folii słabo się wyodrębnia, zauważalne są nieliczne żółte refleksy, a jej obraz w promieniowaniu UV jest coraz mniej widoczny. Podczas analizy chemicznej rozpoznano w niej duże ilości miedzi i cynku, co pozwoliło stwierdzić, że użyto folii mosiężnej (il. 7: nr 7). Folia mosiężna została nałożona na warstwę izolacji olejnej, widoczną w obserwacji mikroskopowej jako brunatna szklista warstwa o żółtozielonej fluorescencji (il. 7: nr 6). Pod izolacją olejną zaobserwowano warstwę czerwonej zaprawy z widocznymi w strukturze czerwonymi i czarnymi ziarnami (il. 7: nr 5). W promieniach UV nastąpiło wygaszanie fluorescencji charakterystyczne dla pigmentów żelazowych. Wyniki badań wykazały duży udział żelaza oraz mniejszy manganu, krzemu i glinu. Pierwiastki te są typowe dla czerwieni żelazowej pochodzenia naturalnego. Wśród czerwieni uzyskiwanych przez prażenie ziemi sienneńskiej i umbry

²³ Wagner, „Analiza składu chemicznego.”

obok tlenku żelaza (III) występują domieszki, między innymi tlenek manganu, kwarc oraz krzemiany glinu. W warstwie zaprawy wykryto też silny sygnał pochodzący od węgla, co potwierdza występowanie czerni roślinnej w czarnych ziarnach. Kolejna warstwa jest w kolorze ciemnobrunatnym. W świetle widzialnym można zaobserwować ciemne smugi o niejednorodnej grubości, natomiast w promieniach UV następuje wygaszanie fluorescencji. Prawdopodobnie warstwa ta jest zabrudzeniem powierzchniowym lub częścią warstwy nr 4 (il. 7: nr 4). W warstwie leżącej niżej w trakcie obserwacji mikroskopowej w świetle widzialnym zauważono metaliczne refleksy w kolorze złotym oraz brak produktów korozji, wskazujący na użycie metali szlachetnych, a w promieniach UV wygaszanie fluorescencji. Analiza chemiczna potwierdziła zastosowanie złota w tej warstwie (il. 7: nr 3). Złocenie nałożone zostało na żółtoczerwonym podkładzie położonym dość cienko – warstwa ta jest wygaszana w promieniach UV. W jej składzie stwierdzono typowy dla czerwieni żelazowej duży udział żelaza oraz manganu, a także wysokie wskazania glinu i krzemu, pierwiastków właściwych dla składu gliniek (bolusów) (il. 7: nr 2). Pod pulmentem pod złocenie leży jasnobieżowa zaprawa drobnodziarnista o słabej fluorescencji (il. 7: nr 1). W zaprawie wykorzystano kredę lub gips prawdopodobnie w spoiwie klejowym z dodatkiem pigmentów żelazowych, co częściowo potwierdziły wyniki badań – odnotowano w nich znaczące ilości wapnia i węgla, wskazujących na użycie zaprawy kredowej, zidentyfikowano również żelazo, świadczące o (niewielkim) udziale pigmentów żelazowych.

Próbka nr 2 została pobrana z partii ornamentu ze złoceniem, z miejsca obok zaprawy, prawdopodobnie wykonanej z materiałów wtórnych²⁴. Różni się ona od próbki nr 1 składem kilku warstw, głównie izolacji. Podobnie jak w próbce nr 1 wierzchnią powłokę stanowi farba na bazie płatków mosiężnych (il. 8: nr 9). Izolację pomiędzy „brzązą” a warstwą folii metalowej żółtej tworzy warstwa szelaku. Charakterystyczna dla szelaku oranżowa fluorescencja występuje lokalnie w lewej części próbki (il. 8: nr 8). Szelakiem zaizolowano folię mosiężną o cechach takich jak folia wykorzystana w próbce nr 1. Folia mosiężna (il. 8: nr 7) leży na warstwie izolacji z żywicy naturalnej. Żywica, która w obserwacji mikroskopowej w świetle widzialnym prezentuje się jako szklista żółtawa warstwa o żółtawej fluorescencji (il. 8: nr 6), została nałożona na powłokę z szelaku (il. 8: nr 5). Pod izolacją z szelaku widoczna

²⁴ Część zaprawy prawdopodobnie stanowiło uzupełnienie ubytku drewna, widoczne jako gruba warstwa jasnego kitu pod warstwą technologiczną ze złoceniem.

jest warstwa jasnobieżowej zaprawy (il. 8: nr 4). W świetle widzialnym jest to warstwa nieciągła, o niejednorodnej grubości, biała z widocznym pojedynczym czerwonym ziarnem. Jest to warstwa o słabej fluorescencji i o barwie podobnej do warstwy nr 1. Badanie LA-ICP-MS ujawniło w niej duże ilości wapnia i niewielkie ilości siarki; takie odczyty wskazują na użycie zaprawy kredowej z dodatkiem gipsu. Czerwone ziarna w zaprawie to pigmenty żelazowe. Pod jasnobieżową zaprawą rozpoznano warstwę zaprawy czerwonej z widocznymi w strukturze czerwonymi i czarnymi ziarnami (il. 8: nr 3). Podobnie jak w próbce nr 1, ziarna w zaprawie stanowiły pigmenty czerwieni żelazowej i czerni roślinnej. Pod warstwami zapraw zidentyfikowano przedostatnią warstwę w postaci folii metalowej żółtej (il. 8: nr 2). W obserwacji mikroskopowej w świetle widzialnym zauważono metaliczne refleksy w kolorze złotym oraz brak produktów korozji, wskazujący na użycie metali szlachetnych. W promieniach UV obraz tej warstwy nie jest czytelny. Założono, że użyto w niej folii złotej, prawdopodobnie nałożonej na cienką warstwę pulmentu (który nie jest wyraźnie widoczny w tej warstwie, za to dosyć dobrze zaznacza się w próbce nr 1 jako warstwa nr 3). Analizy instrumentalne SEM-EDS i LA-ICP-MS potwierdziły obecność złota. Ostatnią warstwę stanowi zaprawa jasnobieżowa z drobnoziarnistym wypełniaczem, nałożona w około pięciu warstwach (il. 8: nr 1a–1e). Fluorescencja w UV jest słaba o jasnym żółtawym odcieniu. Potwierdzono występowanie w niej wapnia i węgla, co wskazuje na użycie zaprawy kredowo-klejowej, oraz żelaza w niewielkich ilościach, co świadczy o użyciu jako dodatku pigmentów żelazowych (podobnie jak w próbce nr 1).

Próbka pobrana z centralnego medalionu umożliwiła rozpoznanie materiałów zastosowanych przy wykończeniu powierzchni metodą srebrzenia (il. 9: nr 7). W próbce rozpoznano siedem warstw. Wierzchnią powłokę tonda stanowi imitacja złocień z metali nieszlachetnych (il. 9: nr 7). W obserwacji mikroskopowej jest to gruba warstwa widoczna tylko lokalnie, w świetle widzialnym warstwa z widocznymi srebrzystymi refleksami, a w promieniach UV następuje wygaszanie fluorescencji. Na podstawie obserwacji mikroskopowej oraz instrumentalnej analizy chemicznej wywnioskowano, że imitacja złocień tonda została przygotowana na bazie sproszkowanego aluminium, na co wskazują odczyty intensywności pierwiastka w badaniu SEM-EDS. Wierzchnia warstwa nałożona została na izolacji z szelaku (il. 9: nr 6). Pod izolacją rozpoznano warstwę z resztkami folii metalowej białej (il. 9: nr 5): w świetle widzialnym warstwa ta jest cienka z widocznymi srebrzystymi

refleksami, a w promieniach UV cienka i w formie nieciągłej linii, której fluorescencja wzbudzona UV jest wygaszana. W ramach badań składu pierwiastkowego warstwy zidentyfikowano za pomocą techniki SEM-EDS znaczne ilości aluminium. Poniżej rozpoznano dwie warstwy izolacji. Pierwsza to żółta, przejrzysta warstwa lakieru w formie powłoki z żywicy naturalnej o widocznej typowej dla żywic pochodzenia naturalnego żółtozielonej fluorescencji w promieniach UV (il. 9: nr 4). Pod warstwą żywicy zauważalna jest druga warstwa izolacji: pas warstwy szelaku (il. 9: nr 3). Pod warstwami izolacji rozpoznano warstwę jasnobieżowej porowatej zaprawy o szaroniebieskiej słabej fluorescencji (il. 9: nr 2). Założono możliwość użycia gipsu i bieli barytowej. Stwierdzono znaczny udział wapnia i siarki, co wskazuje na użycie gipsu. Zaobserwowano niewielkie ilości baru w zaprawie (LA-ICP-MS). Może to wskazywać na użycie domieszki bieli barytowej w tej warstwie przy jednoczesnym zastosowaniu gipsu jako podstawowego składnika. Ostatnia warstwa to czerwona zaprawa o ciemnej rdzawoczerwonej barwie (il. 9: nr 1). Następuje wygaszanie fluorescencji wzbudzonej promieniowaniem UV w tej warstwie, charakterystyczne dla pigmentów żelazowych. Silny sygnał żelaza wskazuje na wykorzystanie w zaprawie czerwieni żelazowej. W dolnej części czerwonej zaprawy zidentyfikowano za pomocą techniki LA-ICP-MS niewielkie ilości srebra obecne punktowo wzdłuż nieciągłej linii (il. 10).

Podczas obserwacji wizualnej rozpoznano elementy ze srebrzeniem w jeszcze jednym miejscu antependium – w partii obramienia. W próbce nr 4 (il. 11) pobranej z ramy zabytku zaobserwowano dwanaście warstw. Ich układ prezentuje się następująco: powierzchnię powłokę stanowi „brąza” ze zmielonych płatków mosiężnych (il. 11: nr 12). Wygląd mikroskopowy oraz skład pierwiastkowy wskazuje na to, że warstwa jest tożsama z warstwą nr 9 próbek 1 i 2 (il. 7 i il. 8: nr 9). Pod warstwą „brązy” rozpoznano żółtą folię metalową (il. 11: nr 11), która podobnie jak w innych miejscach zabytku stanowi warstwę z nielicznymi żółtymi refleksami, o wygaszanej fluorescencji wzbudzonej promieniowaniem UV. Badania potwierdziły użycie folii mosiężnej, oddzielonej dwiema warstwami izolacji: bezpośrednio folia styka się ze szklistą i brunatną warstwą lakieru lub żółtego spoiwa o żółtawej fluorescencji (il. 11: nr 10), o wyglądzie przypominającym żywicę naturalną, pod którą widoczna jest druga warstwa izolacji, o intensywnej oranżowej fluorescencji, wskazującej na zastosowanie szelaku (il. 11: nr 9). Pod warstwami izolacji występuje biała zaprawa z widocznymi białymi, czarnymi i nielicznymi czerwonymi ziarnami (il. 11: nr 8). W promieniach UV fluorescencja warstwy

jest wygaszana, co wskazuje na użycie bieli barytowej lub bieli tytanowej. W badaniach instrumentalnych zidentyfikowano tytan, co świadczy o obecności bieli tytanowej. Pod zaprawą widoczna jest kolejna warstwa farby ze zmielonych płatków metalu (il. 11: nr 7). W świetle widzialnym jest to brunatna, szklista warstwa z widocznymi żółtymi refleksami, w promieniach UV fluorescencja jest całkowicie wygaszana przez płatki metalu. Badania potwierdziły, że użyto „brązy” na bazie zmielonych płatków mosiężnych, która została naniesiona na czerwoną zaprawę o ciemnej, rdzawoczerwonej barwie i wygaszanej fluorescencji (il. 11: nr 6). W badaniach rozpoznano duże ilości żelaza, co wskazuje na użycie czerwieni żelazowej. Pod izolacją z żółtawego lakieru w spoiwie olejno-żywicznym (il. 11: nr 5) widoczna jest folia metalowa biała (il. 11: nr 4).. W świetle widzialnym w warstwie folii są widoczne nieliczne srebrzyste refleksy oraz brak produktów korozji. Badanie LA-ICP-MS wykazało występowanie srebra. Folia została nałożona na dwóch warstwach zapraw. Pierwszą stanowi cienka warstwa czerwonej zaprawy – jest to czerwony pulment (il. 11: nr 3). Duży pierwiastkowy udział żelaza oraz niewielkie ilości glinu i krzemu wskazują na skład odpowiadający bolusowi (domieszce glinokrzemianów). W tej warstwie fluorescencja jest wygaszana, co jest charakterystyczne dla pigmentów żelazowych. Poniżej położona jest biała zaprawa (il. 11: nr 2), która w świetle widzialnym ma porowatą strukturę i składa się z czterech warstw. W promieniach UV pojawia się słaba szaroniebieska fluorescencja, w prawej części próbki intensywna żółtawa fluorescencja. Prawdopodobnie w zaprawie wykorzystano gips, biel barytową, a w prawej części próbki doszło do przesylenia spoiwem olejnym lub olejno-żywicznym. W badaniach odnotowano wysokie odczyty wapnia i węgla, co świadczy o użyciu węglanu wapnia. W warstwie zaprawy najbliższej podłoża stwierdzono dodatkowo wysoki udział siarki, co wskazywałoby na użycie w tej warstwie uwodnionego siarczanu wapnia gipsu. Śladowe ilości baru zostały rozpoznane miejscowo w kilku punktach warstwy zaprawy, co widoczne jest w wynikach LA-ICP-MS (il. 12). W badaniu SEM-EDS w odczytach ilościowych baru nie zarejestrowano wyraźnych pików (il. 13). Można zatem wnioskować, że w warstwie została użyta zaprawa kredowa. Ostatnią warstwę próbki nr 4 stanowi przejrzyste spoiwo – przeklejenie (il. 11: nr 1). Warstwa ta jest szklista i żółtawa, o niebieskawe fluorescencji wzbudzonej UV, co wskazuje na wykorzystanie kleju glutynowego.

Marmoryzacja ramy została zbadana w ramach analizy próbki nr 3, składającej się z ośmiu warstw. Wierzchnią szklisto-brunatną powłokę stanowi

lakier o zielonkawej fluorescencji widocznej w promieniach UV (il. 14: nr 8). W prawej części warstwy widoczne są ziarna błękitne i czerwone, co sugeruje, że zastosowano w niej lakier olejno-żywiczny z domieszkami pigmentów: błękitu pruskiego oraz cynobru. Badania potwierdziły obecność ziaren cynobru (siarka, rtęć) i błękitu pruskiego (niewielkie ilości żelaza, węgla i azotu). Pod warstwą lakieru znajdują się dwie warstwy malarskie: szara i jasnoszara. Szara warstwa malarska w swojej strukturze zawiera ziarna czarne, błękitne i czerwone (il. 14: nr 7). W promieniach UV w tej warstwie następuje wygaszanie fluorescencji. Stwierdzono w niej obecność czerni, błękitu pruskiego oraz możliwość użycia szelaku jako spoiwa. W badaniach próbki nr 3 zaobserwowano pierwiastki wskazujące na różne rodzaje użytych błękitów. Potwierdzona została obecność błękitu pruskiego, ze względu na niewielkie ilości żelaza, węgla, azotu i siarki, oraz kobaltu, który może sugerować dodatek błękitu kobaltowego lub ceruleum, ze względu na rozpoznany w badaniu LA-ICP-MS dodatek cyny. Z powodu niewielkich ilości tych pierwiastków nie można jednak wykluczyć użycia także innych pigmentów o trudnym do określenia składzie. Ziarna czerwone reprezentują czerwień żelazową, na co wskazuje rozpoznanie obecności żelaza, natomiast duży udział węgla świadczy o zastosowaniu czerni roślinnej. Druga – jasnoszara warstwa malarska zawiera drobne białe ziarna (il. 14: nr 6) i w promieniach UV ma intensywną oranżową fluorescencję. Na podstawie obserwacji mikroskopowej stwierdzono prawdopodobieństwo użycia w tej warstwie bieli ołowiowej oraz szelaku jako spoiwa. W badaniach próbki nr 3 przeprowadzonych obu wymienianymi metodami rozpoznano duży udział baru oraz siarki, co wskazywałoby na biel barytową. Nieznaczące ilości ołowiu wykazało badanie LA-ICP-MS, co sugeruje dodanie niewielkich ilości bieli ołowiowej. Pod warstwami malarskimi rozpoznano izolację w postaci szklistej brunatnej warstwy o intensywniej oranżowej fluorescencji, charakterystycznej dla szelaku (il. 14: nr 5) – prawdopodobnie nałożonego w celu zmiany saturacji warstw nr 3 i 4. Pod warstwą szelaku znajduje się podkład pod marmoryzację w dwóch warstwach. Pierwszą tworzy biała warstwa malarska z widocznymi w strukturze drobnymi ziarnami oraz nielicznymi elementami o kształcie wielobocznym (il. 14: nr 4). W promieniach UV widoczna jest słaba fluorescencja tej warstwy. Prawdopodobnie wykorzystano w niej biel barytową i/lub gips. W trakcie badań zarejestrowano duże ilości baru i siarki wskazujących na zastosowanie bieli barytowej oraz niewielkie ilości wapnia, co świadczyłoby o użyciu również gipsu. Drugą warstwę podkładu pod marmoryzację stanowi czerwona warstwa

malarska (il. 14: nr 3), w której strukturze widoczne są drobne rdzawoczerwone ziarna. W promieniach UV następuje wygaszanie fluorescencji charakterystyczne dla pigmentów żelazowych. W analizach instrumentalnych rozpoznano duże ilości żelaza oraz wapnia – może to wskazywać na czerwień żelazową otrzymywaną sztucznie, ze względu na domieszki węgla wapniowego i gipsu. Przedostatnią warstwą jest żółta zaprawa (il. 14: nr 2), w jej strukturze widoczne są ziarna żółte, drobne białe, duże owalne białe, drobne czerwone, czarne w formie pałeczek, nieliczne drobne błękitne. Fluorescencja wzbudzana UV jest wygaszana przez ziarna żółte, czerwone i czarne. Drobne białe ziarna emitują charakterystyczną dla bieli cynkowej cytrynowozieloną fluorescencję. Na podstawie obserwacji i uzyskanych wyników wywnioskowano, że w składzie pozostałych ziaren są pigmenty ugru, bieli cynkowej, czerwieni żelazowej, czerni organicznej, bieli ołowiowej oraz błękitu kobaltowego. W badaniach rozpoznano duży udział cynku oraz ołowiu, co wskazuje na występowanie bieli cynkowej i ołowiowej. Drobniejsze ziarna białe są cząsteczkami bieli barytowej, co potwierdza rozmieszczenie baru widocznych w wynikach badań LA-ICP-MS. Czarne ziarna rozpoznano jako czerń organiczną, co jest wskaźnikiem dużego udziału węgla. W badaniach wykazano także obecność czerwieni żelazowej, poświadczoną przez rozmieszczenie żelaza w ziarnach. Nie stwierdzono natomiast w badaniach błękitów kobaltu; zidentyfikowane pierwiastki, czyli sód, glin i siarka, wiązały się z występowaniem ultramaryny. Najniżej w strukturze położoną warstwę próbki nr 3 tworzyła farba ze zmielonych płatków metalu (il. 14: nr 1). Została ona użyta do wtórnego opracowania ornamentów (jest tożsama z warstwą nr 9 w próbkach nr 1 i 2) i najprawdopodobniej na tym poziomie dlatego że podczas wtórnego zabiegu renowacyjnego wpłynęła pod odspojoną strukturę starszych warstw.

Monochromię tła analizowano badając próbkę nr 6. Próbkę składa się z czterech warstw. Wierzchnią warstwę stanowi warstwa malarska o intensywnej błękitnej barwie, która w promieniach UV emituje słabą czerwonałą fluorescencję. Wyniki badań wskazują na użycie w niej ultramaryny (prawdopodobnie (il. 15: nr 4) sztucznej). Podczas analizy SEM-EDS i LA-ICP-MS wykryto wysokie wartości kilku pierwiastków: sodu, glinu, krzemu i siarki (il. 15, 16). Warstwa malarska została naniesiona na podkład z izolacji z użyciem spoiwa olejno-żywicznego, na co wskazuje intensywna zielonkawa fluorescencja. Pod izolacją znajduje się czerwona zaprawa w dwóch warstwach. Wierzchnia (il. 15: nr 3) ma rdzawoczerwoną barwę, dosyć ciemną;

w ultrafiolecie następuje wygaszanie fluorescencji. Zarejestrowany silny sygnał żelaza potwierdził (il. 15: nr 2) założenie, że w tej warstwie użyto czerwieni żelazowej. W drugiej warstwie zaprawy widoczne są czerwone oraz przejrzyste (mleczne?) owalne ziarna. W promieniach (il. 15: nr 1) UV zaobserwowano jasnopomarańczową fluorescencję tła warstwy oraz intensywną białą fluorescencję owalnych ziaren i ciemnoczerwonych pojedynczych ziaren. Podejrzewano, że w warstwie jest obecny barwnik organiczny, cynober, minia i mydła ołowiowe. W badaniu LA-ICP-MS wysokie odczyty ołowiu zarejestrowano w całej warstwie czerwonej zaprawy. Badanie SEM-EDS wykazało obecność wysokich pików siarki wraz z odczytami ołowiu (il. 16), w badaniu LA-ICP-MS siarka zauważalna jest w dolnej części warstwy. Intensywność występowania ołowiu i siarki o podobnych wartościach wskazuje na obecność minii oraz cynobru (?). W górnej strefie czerwonej zaprawy analizowanej metodą badawczą LA-ICP-MS udało się zidentyfikować w niedużych ilościach rtęć, co potwierdza użycie cynobru.

Próbka nr 5 została pobrana z boku ramy. Miejsce to zawiera złączenia oraz niebieski pigment. Błękit na ramie powinien stanowić kontynuację warstwy malarskiej zastosowanej w partii tła. W próbce rozpoznano jako pierwszą powłokę farbę ze zmielonych płatków metalu, identyczną z warstwami wierzchnimi poprzednio omówionych próbek. Pod „brzązą” zarejestrowano błękitną warstwę malarską, której skład chemiczny i wygląd wskazywał jednak na użycie błękitu pruskiego, a nie ultramaryny, która została zauważona i zidentyfikowana w monochromii tła. W wyniku obserwacji mikroskopowej rozpoznano warstwę ciemnobłękitnego pigmentu w formie aglomeratów, dodatkowo widoczne są zielone skupiska pigmentów; w promieniach UV następuje prawie całkowite wygaszenie fluorescencji tej warstwy. Badania potwierdziły obecność błękitu pruskiego z dodatkiem zieleni miedziowej, z zastrzeżeniem, że zieleń może być produktem korozji warstwy 8 – w procesie korozji powstają zasadowe siarczany, węglany i chlorki. W przeprowadzonej analizie rozpoznano pierwiastki składowe produktów korozji, takie jak miedź, wapń, siarka i chlor, a ten skład wskazuje na obecność zielonego octanu miedzi jako produktu korozji. Złączenie w próbce nr 5 wykonane zostało w podobnym układzie warstw technologicznych jak w innych próbkach ze złączeniem. Oprócz warstwy „brązy” z płatków mosiężnych również w tej próbce stwierdzono użycie folii mosiężnej, nałożonej na zaizolowaną czerwoną zaprawę zawierającą w składzie czerwień żelazową. Pod zaprawą zarejestrowano ciemną, cienką warstwę, której fluorescencja w promieniach

UV jest wygaszana. Przewidywano występowanie w jej składzie resztek izolacji olejno-żywicznej lub srebrzenia, a w wyniku analiz instrumentalnych zidentyfikowano srebro. Srebro naniesiono na warstwie białej zaprawy z wykorzystaniem kredy i bieli tytanowej. Przedostatnią warstwą tej próbki jest czerwona zaprawa na bazie pigmentów żelazowych, a jako ostatnią, spodnią warstwę w próbce rozpoznano przeklejenie w postaci kleju glutynowego.

Próbka nr 8 została pobrana z fragmentu ornamentu będącego wcześniejszą restauracją. W próbce użyto podobnych materiałów, jak w ornamencie, ale widoczne są pewne różnice. W próbce rozpoznano dziesięć do dwunastu warstw. Ostatnia powłoka z lakieru (z żywicy naturalnej) jedną lub dwie warstwy. Pod tą powłoką leży warstwa farby ze sproszkowanego metalu. W świetle widzialnym widoczne są jej złociste refleksy, a w promieniach UV następuje wygaszanie fluorescencji. W trakcie badań zarejestrowano wysokie odczyty miedzi i cynku, co pozwoliło na identyfikację farby imitującej złocenie, na bazie sproszkowanego mosiądzu. Jako kolejną warstwę rozpoznano izolację w formie lakieru, pod którą znajduje się folia metalowa z dużym udziałem pierwiastkowym aluminium, miedzi i cynku. Folia została naniesiona na bazę z żywicy naturalnej, która pokryła warstwę zaizolowanej szelakiem białej zaprawy. W strukturze zaprawy widoczne są białe ziarna oraz lokalne zażółcenie, a w jej składzie rozpoznano duże ilości wapnia, co wskazywałoby na zastosowanie gipsu. Pod zaprawą dostrzeżono brunatną warstwę w formie cienkiej, ciemnej, nieciągłej linii (ze względu na wygaszanie fluorescencji wzbudzonej UV). Warstwa ta jest trudna do zidentyfikowania w obserwacji mikroskopowej. Wstępnie założono, że mogą występować w tej warstwie resztki folii metalowej. W badaniu SEM-EDS rozczłonkowane fragmenty folii widoczne są w dwóch pasach. W jednym pasie zarejestrowano wysokie sygnały srebra i złota. Nad tym pasem w kilku punktach zaobserwowano pozostałości płatków mosiężnych, na co wskazują duże ilości miedzi i cynku. Pod warstwą pozostałości folii metalowych leży biała zaprawa, lekko porowata; w promieniach UV emituje ona słabą szaroniebieską fluorescencję. W wyniku obserwacji mikroskopowej stwierdzono, że najprawdopodobniej występuje w tej warstwie gips i biel barytowa. W badaniach instrumentalnych rozpoznano dużą ilość wapnia i fosforu, co wskazywać może na użycie bieli kostnej. Ze względu na duże ilości wapnia (SEM-EDS) oraz siarki (LA-ICP-MS) można postawić hipotezę, że zastosowano tu zaprawę gipsową zmieszaną z bielą kostną. Drewno przeklejone zostało klejem glutynowym.

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań ustalona została technologia i technika wykonania zabytkowego antependium, ze szczególnym uwzględnieniem użycia folii pozłotniczych. Określono miejsca występowania folii metalowych i warstw izolacji oraz rodzaje podkładu pod złocenie. Zarówno w partiach złocenia, jak i srebrzenia zachowały się warstwy pierwotne oraz warstwy wtórne. Można domniemywać, że późniejsze przeróbki pochodzą nawet z lat pięćdziesiątych XX wieku, co można zauważyć na zdjęciach archiwalnych z tego okresu. Niestety, nie zidentyfikowano w sposób jednoznaczny materiałów występujących wyłącznie w XIX i XX wieku, co spowodowało, że nie było możliwe dokładne określenie czasu powstania elementów antependium. Na podstawie analizy stylistycznej można zakładać czas powstania antependium na przełom XIX/XX lub początek XX wieku. Nie można jednak wykluczyć, że do jego konstrukcji użyto wtórnie również elementów osiemnastowiecznych lub wcześniejszych.

Pierwsza faza

W pierwszej fazie powstał układ warstw folii z metali szlachetnych oraz zapraw wykonanych zgodnie z technologią pozłotniczą. Pierwotny układ składał się z podkładu pod złocenie w postaci jasnobeżowej zaprawy kredowo-klejowej, naniesionej na nią warstwy żółto-czerwonego pulmentu na bazie czerwieni żelazowej pochodzenia naturalnego z dodatkiem glinokrzemianów oraz nałożonej na pulment warstwy folii metalowej złotej. Fazę rozpoznano w próbkach nr 1 i 2.

Badanie wykazało występowanie w ostatniej warstwie czerwonej zaprawy medalionu śladowych ilości srebra, które mogą być pozostałością bardzo zniszczonej i szczątkowo zachowanej folii srebrnej, zakrytej przez późniejsze retusze. Pierwotny układ warstw złocenia ornamentu jest zgodny z technologią pozłotniczą opisywaną w traktatach malarskich, między innymi przez mnicha Teofila w XII wieku i Cennino Cenniniego w XV stuleciu.

Błękitna monochromia tła wykonana została przy użyciu ultramaryny nałożonej na czerwoną zaprawę zawierającą w składzie żelazo oraz cynober, zaizolowanej spoiwem olejno-żywicznym. Czerwona warstwa pod czerwoną zaprawą jest warstwą minii. Tło zostało opracowane zgodnie z technologią malarską, w której minia wykorzystywana była do zabezpieczenia odwrotu obrazów na drewnie. Do nałożenia warstwy błękitu użyto prawdopodobnie sztucznej ultramaryny, którą w malarstwie sztalugowym powszechnie

stosowano od roku 1832²⁵. We Francji i Niemczech wytwórnice ultramaryny działały od 1830 roku, w Warszawie jej produkcję rozpoczęto w 1875 roku. Należy podkreślić, że wyniki badań nie pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że wykorzystano ultramarynę sztuczną. Zróżnicowany rozmiar i kształt ziaren ultramaryny, wyraźnie widoczny w obserwacji mikroskopowej (il. 15: nr 4) jest bowiem zgodny z morfologią ultramaryny naturalnej.

W fazie pierwszej prawdopodobne ramy czasowe dla zastosowanych technik pozłotniczych można określić jako okres do około połowy XIX wieku. Pewne cechy stylistyczne obiektu świadczą o tym, że mógł powstać jako neobarokowa kreacja lub konstrukcja łącząca elementy starsze, pochodząca z przełomu XIX i XX wieku.

Druga faza

Renowacja antependium polegała na wykonaniu zabiegu złocenia przy użyciu mosiężnej folii metalowej, zabezpieczonej lakierem olejno-żywicznym lub szelakiem, i z wykorzystaniem podkładu w formie zaprawy zaizolowanej w dwóch warstwach: lakierem z żywicy naturalnej oraz powłoką z szelaku. Pod izolacją naniesiono, zależnie od miejsca pobrania próbki: czerwoną zaprawę na bazie czerwieni żelazowej z dodatkiem glinokrzemianów (próbka nr 1, nr 5), jasnobieżową zaprawę kredowo-klejową z dodatkiem gipsu (próbka nr 8) lub jasnobieżową zaprawę z dodatkiem gipsu i niewielkich ilości bieli barytowej (próbka nr 7) albo z dodatkiem bieli tytanowej (próbka nr 4) oraz dwóch warstw zaprawy: jasnobieżowej zaprawy kredowo-klejowej z dodatkiem gipsu oraz czerwonej zaprawy na bazie czerwieni żelazowej z czarnymi ziarnami czerni roślinnej (próbka nr 2).

Srebrzenie zostało wykonane w podobnym układzie warstw na ramie antependium. Układ tworzyły następujące warstwy: przeklejenie klejem glutynowym na drewnie, podkład z zaprawy białej lub jasnobieżowej z dodatkiem gipsu i bieli barytowej, czerwony pulment na bazie czerwieni żelazowej oraz srebrna folia metalowa zaizolowana lakierem olejno-żywicznym.

Srebrzenie ramy w partii fryzu również zostało wykonane w tradycyjnym systemie pozłotniczym. Nieznacznym udział bieli barytowej w zaprawie może być różnego pochodzenia: naturalnego (baryt) lub syntetycznego. Syntetyczny siarczan baru zaczęto produkować na podstawie procesu technologicznego

²⁵ *Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*, red. Nicolaus E Staugh et al. (Routledge Series in Conservation and Museology) (London: Routledge, 2008), 381–382.

odkrytego pod koniec XIX wieku²⁶. Ramy czasowe dla drugiej fazy można określić na okres pomiędzy połową XIX wieku a latami trzydziestymi XX wieku (1928).

Trzecia faza

Trzecia faza technologiczna dotyczy ostatniej renowacji ornamentu, to jest nałożenia warstwy imitacji złocen na bazie mosiężnych płatków metalowych. W kilku próbkach warstwa ta została oddzielona od pozostałych warstw olejno-żywniczną izolacją (próbki nr 1, 8) lub izolacją z szelaku (próbki nr 2, 7). W próbkach nr 4, 5 izolacji nie rozpoznano. Srebrzenie medalionu polegało na nałożeniu warstwy imitacji ze sproszkowanego aluminium. Kolejną warstwę srebrzenia stanowiły płatki aluminium, zaizolowane szelakiem. Według Wentina wykonując „brązowanie” metodą malowania, łączy się proszek metalowy z lakierem spirytusowym z dodatkiem szelaku lub werniksem damarowym, rozcieńczonym olejem terpentynowym²⁷. Brązowanie stosowano dekorując ramy, meble i wnętrza. W Polsce metodą brązowania dekorowano między innymi ramki do oprawiania grafik, tzw. ramki simmlerowskie²⁸. Początek działania Simmlerów określa się na rok 1775²⁹. W składzie dostępnych obecnie w handlu „brąz” w płynie spoiwem jest zazwyczaj roztwór szelaku³⁰.

Pigmenty występujące w warstwach malarskich marmoryzacji oraz w zaprawie wskazują na użycie współczesnych materiałów. W warstwach malarskich rozpoznano pigmenty: błękit pruski i kobaltowy. Produkcję błękitu pruskiego rozpoczęto około 1750 roku, a kobaltowy zidentyfikowano po raz pierwszy w obrazach z lat 1806–1807³¹. W warstwach malarskich szarej i jasnoszarej z partii marmoryzacji rozpoznano szereg pigmentów białych, w tym bieli barytowej i cynowej, które zaczęto produkować od około połowy XIX wieku, oraz bieli tytanowej, którą produkowano od lat dwudziestych XX wieku, a upowszechniona została w drugiej połowie stulecia³².

Na sztorcach desek ramy, po wewnętrznej stronie obramowania, widoczna jest warstwa malarska błękitna, zbliżona w barwie do monochromii tła.

²⁶ Robert L. Feller, „Barium Sulfate,” w *Artists Pigments*, t. 1, red. Robert L. Feller (Cambridge: Cambridge University Press, 1986), 47–64.

²⁷ Zdzisław Engelman, *Pozłotnictwo* (Zielona Góra: Wydawnictwo Testori, 2007), 97–98.

²⁸ Engelman, *Pozłotnictwo*, 97.

²⁹ Piotr Nowicki, „Simmlerowie – dwa wieki meblarstwa warszawskiego: ze studiów nad meblarstwem warszawskim XIX w.,” *Rocznik Warszawski* 16 (1981): 385.

³⁰ Engelman, *Pozłotnictwo*, 98.

³¹ https://cameo.mfa.org/wiki/Cobalt_blue (dostęp: 17.10.2025).

³² Marilyn Laver, „Titanium Dioxide Whites,” w *Artists Pigments*, t. 3, red. Elisabeth West FitzHugh (Oxford University Press: Oxford, 1997), 295–355.

W badaniu boku ramy rozpoznano inny rodzaj błękitu niż ultramaryna, czyli błękit pruski, co wskazywałoby na retusz ramy w innym czasie (błękit pruski odkryto w 1704 roku, a szeroko stosowano już w latach sześćdziesiątych XVIII wieku³³).

Obecność pigmentów: bieli barytowej, bieli cynkowej, bieli tytanowej oraz błękitu pruskiego i kobaltowego wskazuje na wykonanie marmoryzacji i retuszy w XX wieku (datowanie przesuwają obecność bieli tytanowej, pigmentu znanego od lat dwudziestych).

Czwarta faza

Jest to faza dotycząca złocień, które stwierdzono na obramowaniu i w dwóch innych miejscach (przykładem jest próbka nr 8), gdzie występują stylizowane elementy stanowiące uzupełnienie ubytków ornamentu, różniące się w detalu przez graficzne opracowanie (dekoracyjne ślady dłuta na powierzchni, których nie ma na pozostałych częściach ornamentu) oraz mocowanie za pomocą gwoździ. Możliwe też, że stanowi ona ostatni etap prac przy fazie trzeciej. Próbka pobrana w miejscu, w którym stwierdzono działania restauratorskie, zawiera warstwy podobne do drugiej i trzeciej fazy technologicznej. Warstwa, która znajduje się pod nimi, różni się od warstw rozpoznanych jako oryginalne i określonych w fazie pierwszej. Występują w niej zarówno pozostałości metali szlachetnych, jak i nieszlachetnych.

Dodatkowe warstwy lakieru nałożone na pozłocie, które zaobserwowano na ramie oraz na fragmencie ornamentu, w którego opracowaniu malarskim stwierdzono wcześniejsze restauracje (próbka nr 8), świadczą o próbie zabezpieczenia powierzchni tych elementów lub ich scalenia w okresie tożsamym z fazą trzecią lub późniejszym z całością ornamentu. Możliwe, że fragmenty ornamentu określone jako restauracje oraz retusze fazy czwartej zostały dodane w latach pięćdziesiątych XX wieku.

Podziękowania

Autorki składają serdeczne podziękowania za współpracę z konsorcjum E-RIHS.pl, wspieranym przez NIMOZ, dzięki której mógł powstać niniejszy artykuł. Za możliwość udziału w projekcie i bardzo pozytywny kontakt w początkowych etapach projektu dziękują przewodniczącemu Rady Konsorcjum E-RIHS.pl, prof. Piotrowi Targowskiemu. Dziękują również dyrekcji Muzeum Archeologiczno-Historycznego w Głogowie za udostępnienie obiektu do badań w celu prowadzenia projektu oraz napisania artykułu.

³³ Rosamond Drusilla Harley, *Artists' Pigments c. 1600–1835. A Study in English Documentary Sources* (London: Butterworth Scientific, 1982).



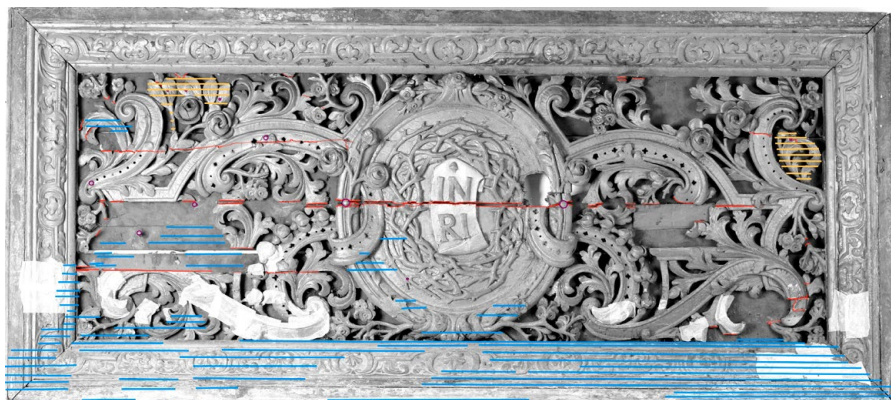
Il. 1. Głogów, kościół św. Klemensa. Ołtarz w kaplicy Matki Bożej Nieustającej Pomocy, stan przed 1945 r. Fot. H. Andrick, archiwum klasztoru OO. Redemptorystów w Głogowie



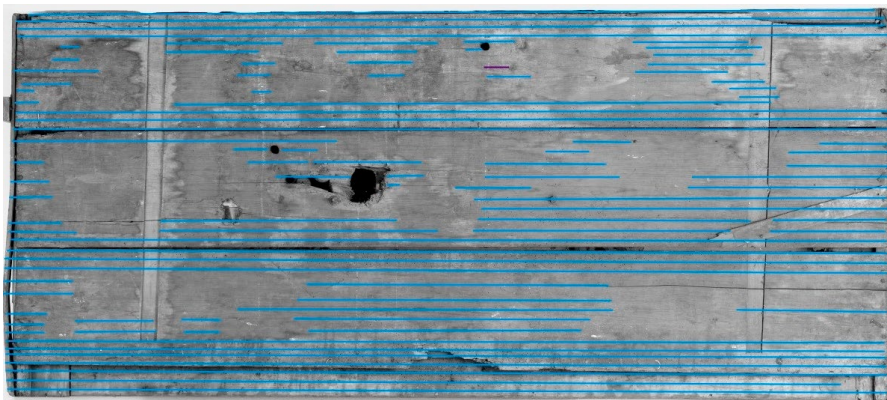
Il. 2. Głogów, kościół św. Klemensa. Ołtarz z badanym antependium, lata 50. XX w. Fot. z archiwum klasztoru OO. Redemptorystów w Głogowie



II. 3. Rudno, woj. lubuskie. Kościół pw. św. Szymona i Judy Tadeusza, antependium z 1740 r. Źródło: <http://www.parafialubieszow.pl/rudno/> (dostęp: 22.04.2020)



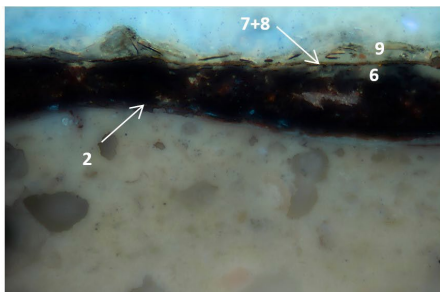
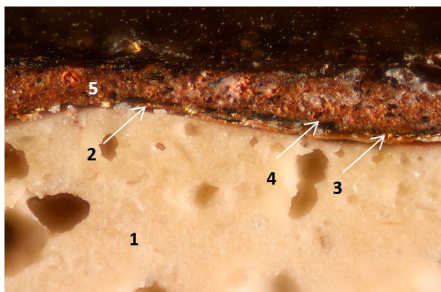
II. 4. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Histeryczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Mapa zniszczeń rewersu; kolory oznaczają miejsca aktywności owadów (niebieski), miejsca pęknięć drewna (czerwony), miejsca wcześniejszych restauracji (żółty), lokalizację gwoździ (fioletowy). Fot. i oprac. W. Korycka



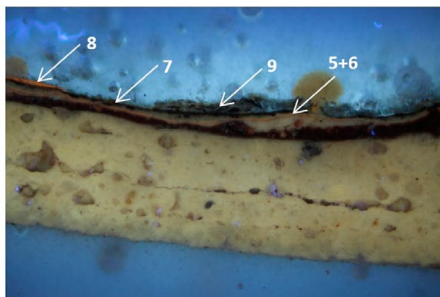
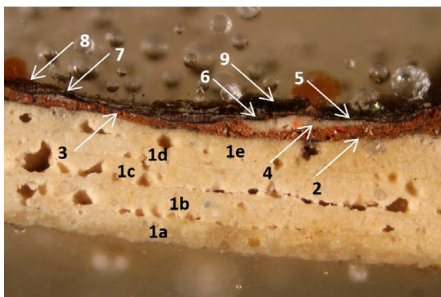
Il. 5. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Mapa zniszczeń awersu; kolor niebieski oznacza miejsca aktywności owadów. Fot. i oprac. W. Korycka



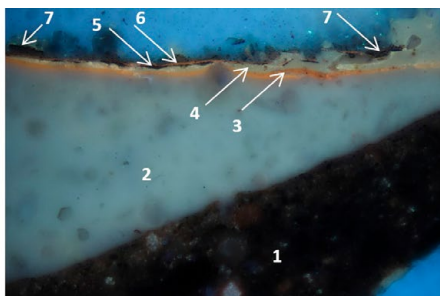
Il. 6. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Miejsca pobrania próbek. Fot. i oprac. W. Korycka



Il. 7. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 1: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 10×. Fot. i oprac. M. Iwanicka

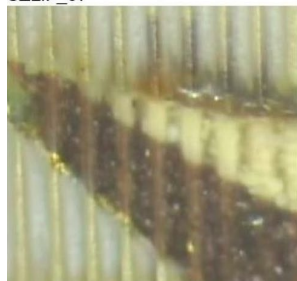


Il. 8. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 2: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 10×. Fot. i oprac. M. Iwanicka

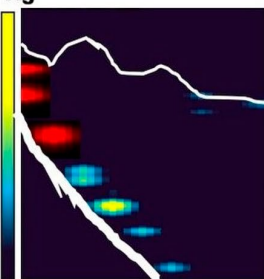


Il. 9. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 7: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 10×. Fot. i oprac. M. Iwanicka

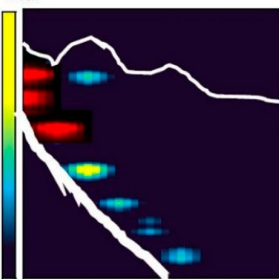
SZLiF_o7



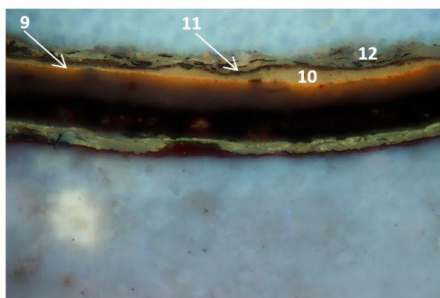
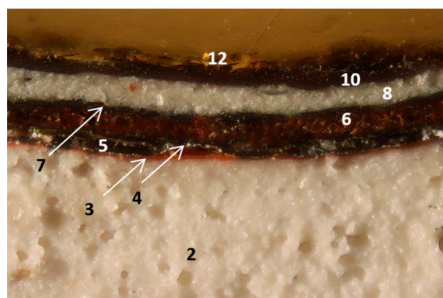
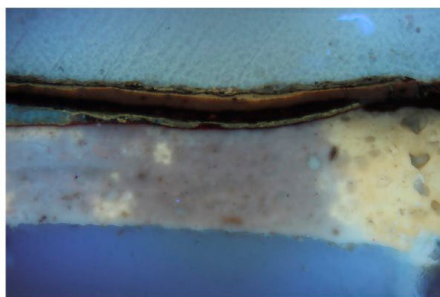
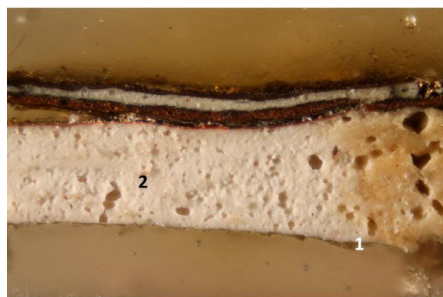
Ag



Au

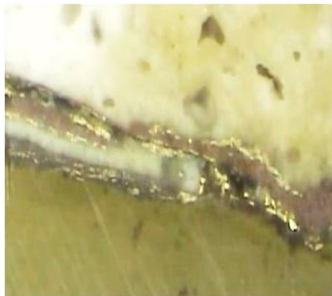


Il. 10. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Analiza chemiczna metodą LA-ICP-MS próbki nr 7: rozkład występowania srebra i złota. Wyk. i oprac. B. Wagner

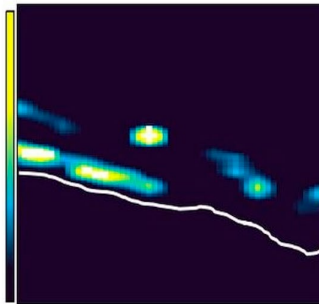


Il. 11. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 4: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 4× (na górze) oraz 10× (na dole). Fot. i oprac. M. Iwanicka

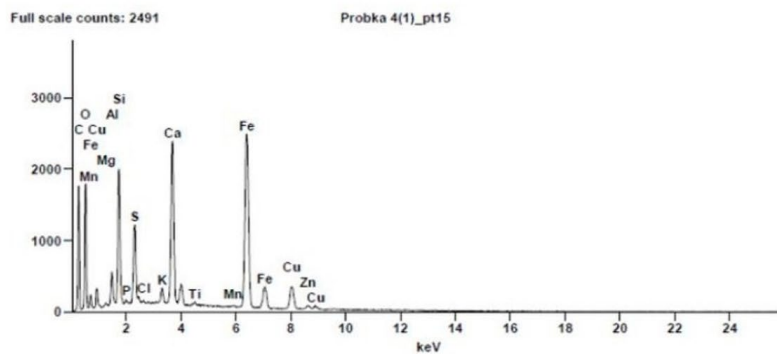
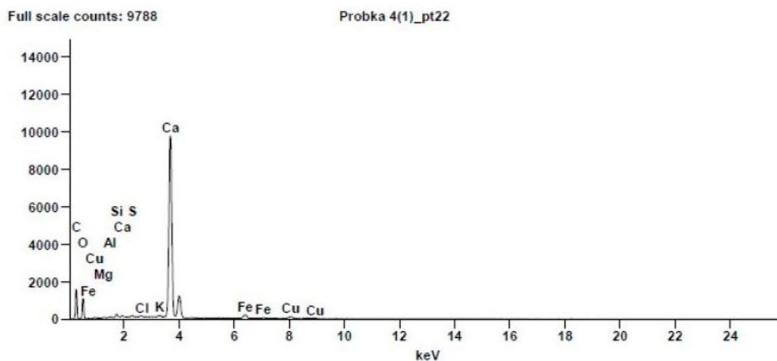
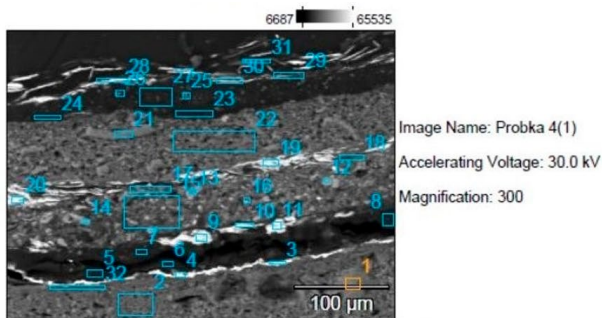
SZLiF_o4



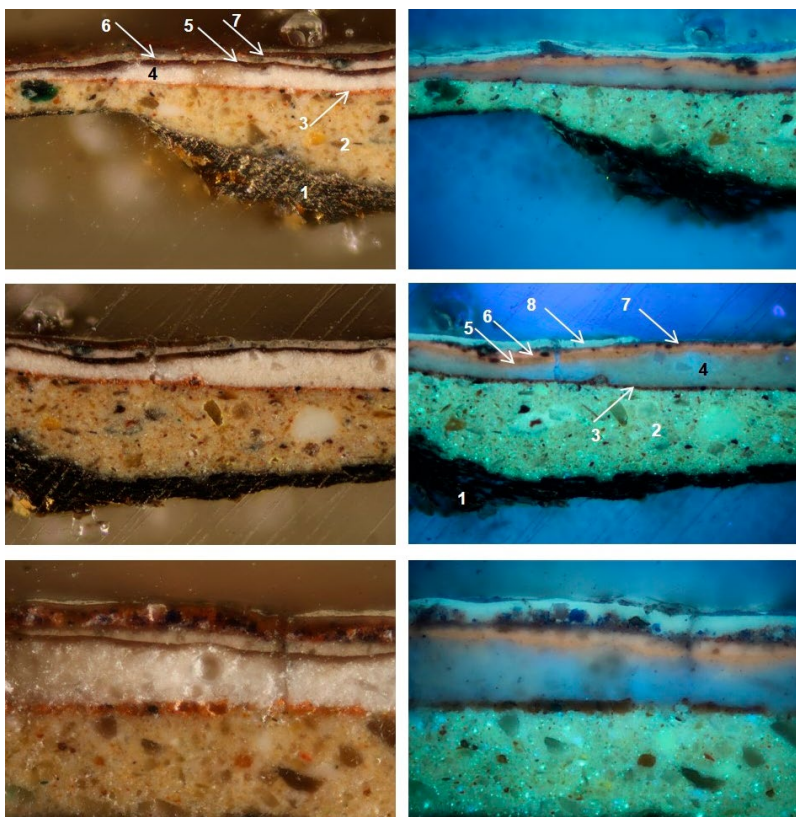
Ba



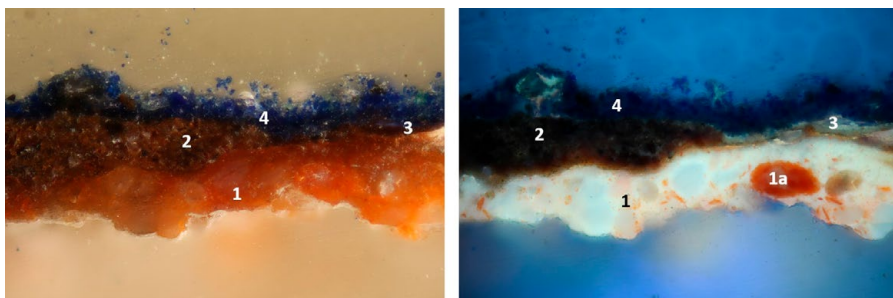
Il. 12. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościółka pw. św. Klemensa. Analiza chemiczna metodą LA-ICP-MS próbki nr 4: rozkład występowania baru. Wyk. i oprac. B. Wagner



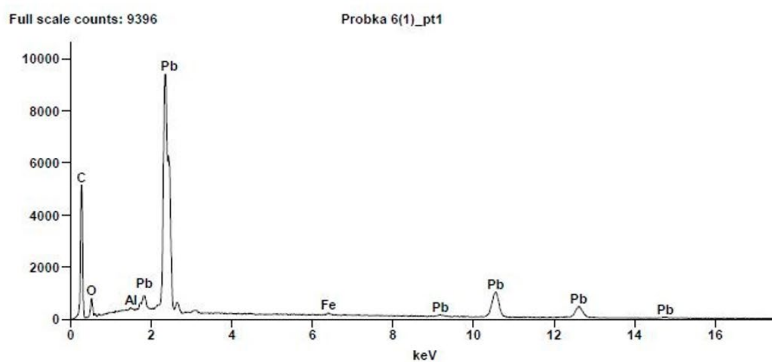
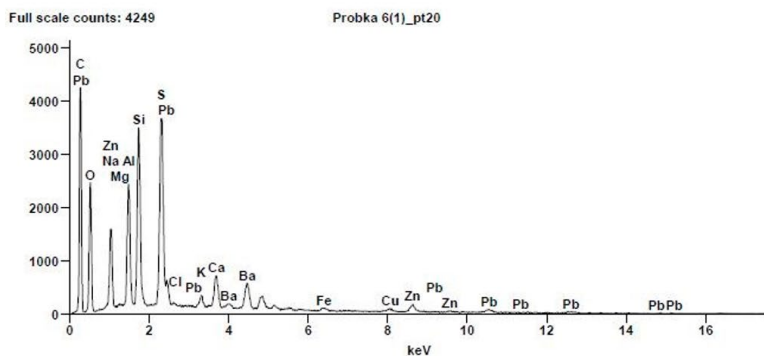
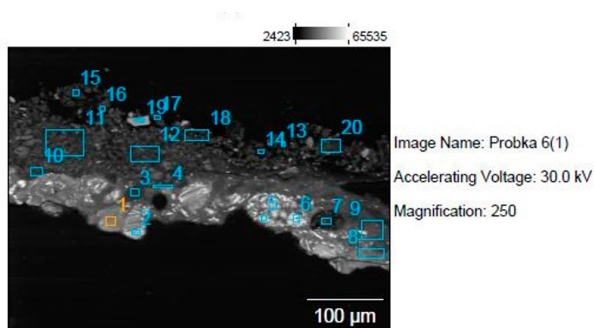
II. 13. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Analiza chemiczna metodą SEM-EDS, próbka nr 4, od góry: badanie miejsca oznaczone na niebiesko; obszar pomiarowy 22, obszar pomiarowy 15. Wyk. i oprac. B. Łydzba-Kopczyńska



Il. 14. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 3: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 10× (górny i środkowy rząd – lewa część próbki) oraz 20x (dolny rząd – prawa część próbki). Fot. i oprac. M. Iwanicka



Il. 15. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Przekrój poprzeczny próbki nr 6: fotografia w świetle widzialnym oraz fotografia fluorescencji wzbudzonej UV, powiększenie 20×. Fot. i oprac. M. Iwanicka



Il. 16. Głogów, Muzeum Archeologiczno-Historyczne. Antependium z kościoła pw. św. Klemensa. Analiza chemiczna metodą SEM-EDS, próbka nr 6, od góry: badanie miejsca oznaczone na niebiesko, obszar pomiarowy 20, obszar pomiarowy 1. Wyk. i oprac. B. Łydźba-Kopczyńska

Bibliografia

- Berrie, Barbara H., i Mathieu Thoury. „Examination of Luminescence of Cross Sections (Fluorescence Microscopy).” In *UV-Vis Luminescence Imaging Techniques*, ed. Laura Fuster López, 119–137. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2019.
- Brasse, Stanisław. „Redemptoryści.” W *Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*, red. Marek Robert Górniak, 141–154. Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009.
- Ciba, Marcin i Barbara Łydźba-Kopczyńska. „Badania fizyko-chemiczne wybranych obrazów Michaela Willmanna oraz palety pochodzącej z jego pracowni.” W *Obrazy Michaela Willmanna pod lupą*, red. Andrzej Kozieł. Jawor: Muzeum Regionalne, 2010.
- Engelman, Zdzisław. *Pozłotnictwo*. Zielona Góra: Wydawnictwo Testori, 2007.
- Feller, Robert L. „Barium Sulfate.” W *Artists' Pigments*, t. 1, red. Robert L. Feller, 47–64. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- Harley, Rosamond Drusilla. *Artists' Pigments c. 1600–1835. A Study in English Documentary Sources*. London: Butterworth Scientific, 1982.
- Iwanicka, Magdalena. „Badanie techniki wykonania antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie. Analiza wyników badań mikroskopowych VIS-UV przekrojów próbek pobranych z obiektu zabytkowego. Dokumentacja badawcza, Katedra Konserwacji i Restauracji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej Wydziału Sztuk Pięknych UMK, Toruń 2021.
- Kastner, Karl. *Die Glogauer Stadtpfarkirche zum hl. Nikolaus*. Neu herausgegeben von Joseph Wagner. Hildesheim: 1961 (pierwodruk: Schweidnitz 1922).
- Laver, Marilyn. „Titanium Dioxide Whites.” W *Artists Pigments*, t. 3, red. Elisabeth West FitzHugh, 295–355. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- Łachowski, Paweł. „Klaryski.” W *Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*, red. Marek Robert Górniak, 129–140. Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009.
- Łydźba-Kopczyńska, Barbara. „Badanie techniki wykonania antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie. Opracowanie wyników z zastosowaniem SEM-EDS. Dokumentacja badawcza, Wydział Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2021.
- Nowicki, Piotr. „Simmlerowie – dwa wieki meblarstwa warszawskiego: ze studiów nad meblarstwem warszawskim XIX w.” *Rocznik Warszawski* 16 (1981): 385–400.
- Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. Red. Nicholas Eastaugh, Valentine Walsh, Tracey Chaplin, i Ruth Siddall. Routledge Series in Conservation and Museology. London: Routledge, 2008.
- Prejs, Roland. „Franciszkanie.” W *Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*, red. Marek Robert Górniak, 75–90. Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009.

- Rokaszewicz, Rafael. „Utracone na zawsze.” W *Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*, red. Marek Robert Górniak, 207–216. Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009.
- Rządek, Wiesław, i Konrad Tomaszewski. *Ornamentyka i motywy dekoracyjne*. Poznań: Instytut Historii Sztuki UAM, 1991.
- Świdarska, Magdalena. „Zarys dziejów kapituły kolegiackiej i kolegiaty w Głogowie.” W *Z dziejów kapituły kolegiackiej w Głogowie – 900-lecie powołania*, red. Waldemar Hass, 33–42. Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2021.
- Wagner, Barbara. „Analiza składu chemicznego warstw zapraw i folii pozłotniczych oraz monochromii antependium z kościoła pw. św. Klemensa w Głogowie metodą LA-ICP-MS.” Dokumentacja badawcza, Interdyscyplinarne Laboratorium Badań Archeometrycznych, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2021.
- Wagner, Barbara, Anna Nowak, Ewa Bulska, Karin Hametner i Dietmar Günther. „Critical Assessment of the Elemental Composition of Corning Archeological Reference Glasses by LA-ICP-MS.” *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 402 (2012): 1667–1677. DOI: 10.1007/s00216-011-5597-8.
- Woźniak, Michał. „Uwagi o recepcji manierystycznych wzorników w Gdańsku i Prusach Królewskich.” W *Niderlandyzm w sztuce polskiej: Materiały Sesji Stowarzyszenia Historyków Sztuki*, red. Teresa Hrankowska, 225–248. Toruń: SHS, 1992.
- Zakony i zgromadzenia zakonne na ziemi głogowskiej*. Red. Marek Robert Górniak. Głogów: Towarzystwo Miłośników Ziemi Głogowskiej, 2009.
- Z dziejów kapituły kolegiackiej w Głogowie – 900-lecie powołania*. Red. Waldemar Hass. Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2021.