

**Olszewska-Świetlik, Justyna /
Rozłucka, Zuzanna**

**Badania czerwonych laserunków
metodą mikroskopii fluorescencyjnej
UV**

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 34 (357),
141-160

2005

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

*Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK
Zakład Technologii i Technik Malarskich
Zakład Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej*

Justyna Olszewska-Świetlik, Zuzanna Rozłucka

BADANIA CZERWONYCH LASERUNKÓW METODĄ MIKROSKOPII FLUORESCENCYJNEJ UV

Zarys treści. Artykuł przedstawia zakres możliwości, jakie daje zastosowanie mikroskopii fluorescencyjnej UV do badań czerwonych laserunków w średniowiecznym malarstwie tablicowym na podstawie analizy przekroju próbek.

Punktem wyjścia były próbki czerwonych laserunków pochodzące z gdańskich obrazów tablicowych 2. połowy XV wieku. W celu prawidłowej interpretacji obserwacji mikroskopowych wykonano rekonstrukcję technologiczną, przypuszczalnie zastosowanych w tych dziełach laków. Przeprowadzone badania wykazały, że mikroskopia fluorescencyjna UV pozwala na określenie budowy laserunków i wstępną identyfikację rodzaju użytego laku.

Inspiracją do podjęcia tego tematu stały się prowadzone badania budowy technicznej gdańskiego malarstwa tablicowego z 2. połowy XV wieku.

Rozpoznanie budowy technicznej obrazu wymaga określenia układu warstw malarskich, co wiąże się z koniecznością pobrania próbek i wykonania mikroskopowej analizy przekrojów poprzecznych. Wcześniejsze prace dowiodły, że w badaniach budowy dzieł sztuki cenną techniką uzupełniającą mikroskopię konwencjonalną jest mikroskopia fluorescencyjna UV¹.

Zastosowanie mikroskopii fluorescencyjnej do analizy przekrojów próbek pozwala w wielu przypadkach uzyskać większą czytelność stratygrafii – wyodrębnić warstwy technologiczne i chronologiczne, oraz lepiej poznać ich strukturę wewnętrzną².

¹ Z. Rozłucka, M. Roznerska, J. Arsyńska, *Mikroskopia fluorescencyjna. Zastosowanie w badaniu budowy i procesów konserwacji malarstwa sztalugowego*, Toruń 2000; N. Bäschlin, *Fluoreszenzmikroskopie Möglichkeiten und Grenzen dieser Untersuchungsmethode bei Auswertung von Schichtquerschliffen*, Zeitschrift f. Kunsttechnologie u. Konservierung 1994, 8, h. 2. s. 318; R. E. de la Rie, *Fluorescence of paint and varnish layers*, Studies in Conservation 1982, 17, s. 1–7, 65–69, 102–108.

² Z. Rozłucka, M. Roznerska, J. Arsyńska, op. cit., s. 46–83.

Dzieje się tak dzięki zróżnicowaniu odcienia i natężenia fluorescencji spoiw w zależności od ich rodzaju i wieku, stąd też możliwość rozróżnienia warstw monochromatycznych. Dodatkowo uczytelnienie w promieniach UV spękań i zabrudzeń pomaga w ustaleniu chronologii warstw. Stosowanie tej techniki mikroskopowej może dostarczyć również informacji na temat struktury wewnętrznej warstwy, ponieważ na tle fluorescencji spoiw uwidaczniają się takie cechy pigmentów jak kształt cząstek, ich granulacja oraz rozkład w warstwie.

W analizie przekrojów warstw malarskich wykorzystuje się także obserwację fluorescencji o barwie charakterystycznej dla niektórych materiałów. Do nich zaliczyć należy także barwnik organiczny – kraplak o czerwonej fluorescencji i intensywności zależnej od rodzaju źródła³.

W celu prawidłowej interpretacji analiz próbek czerwonych laserunków pochodzących z malarstwa gdańskiego postanowiono przeprowadzić analizę porównawczą z materiałem zrekonstruowanym⁴.

Zastosowanie barwników organicznych w historii technologii malarskiej znane jest od dawna. W ostatnich latach w związku z doskonaleniem metod badawczych prowadzone są bardziej precyzyjne analizy rodzaju barwników organicznych, także tych stosowanych w malarstwie sztalugowym⁵.

Na ich podstawie stwierdzono, że w okresie średniowiecza do najbardziej popularnych czerwonych barwników organicznych należały między innymi kraplak, karmin i kermes⁶. Znane są różne metody ich otrzymywania z materiałów roślinnych lub zwierzęcych⁷.

³ Fluorescencja naturalnego kraplaku wywołana jest przypuszczalnie obecnością chelatowych związków purpuryny, barwnika z rodziny hydroksy-antrachinonu, głównego obok alizaryny składnika tego laku. Chelatowe związki hydroksy-antrachinonów z metalami znane są ze zdolności emisji silnej, pH-zależnej fluorescencji. Zaobserwowane różnice we fluorescencji próbek kraplaku z różnych źródeł mogą być spowodowane obecnością odmiennych substratów i zróżnicowaną zawartością purpuryny. Nie posiadające w swym składzie purpuryny syntetyczne czerwienie alizarynowe nie wykazują fluorescencji – za: R. E. de la Rie, *Ultraviolet radiation fluorescence of paint and varnish layers*, [w:] *Art and History, Scientific Examination of Easel Paintings, Xth Anniversary Meeting of the PACT Group*, Louvain – la Neuve 1986, s. 96.

⁴ Rekonstrukcję wykonała J. Olszewska-Świetlik w ZTiTM.

⁵ J. Kirby, R. White, *The identification of red lake pigment dyestuff and a discussion of their use*, National Gallery Technical Bulletin 1996, vol. 17, s. 64–67, 70–73; J. Stöbel, *Rote farblacke in der Malerei. Herstellung und Verwendung im deutschsprachigen Raum zwischen ca. 1400 und 1850*, Diplomarbeit zur Institut für Technologie der Malerei der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste in Stuttgart. Referent Ktl. F. Rieber, Korreferent Prof. Dr. E. L. Richter, Darmstadt 1985; *Die vier Flügel des Hochaltars aus dem Hamburger Dom; Cztery skrzydła ołtarza głównego z katedry hamburskiej. Ein deutsch-polnisches Restaurierungsprojekt. Niemiecko-polski projekt konserwatorski*, Hamburg 2001, s. 91.

⁶ Ibidem.

⁷ Przegląd metod otrzymywania barwników organicznych w aspekcie historycznym, patrz m.in.: Z. Brochwicz, *Interpretacja siarczanu ołowianego – PbSO₄ w trakcie identyfikacji barwników organicznych w zabytkowych obiektach polichromowanych*, Materiały Muzeum Budownictwa Ludowego w Sanoku, nr 23, Sanok 1977, s. 43–54.

W technikach malarskich z wykorzystaniem spoiw olejnych używano barwników organicznych osadzanych przede wszystkim na nośniku — substracie⁸. W związku z powyższym do wykonania rekonstrukcji wybrano trzy, jak się wydaje najbardziej popularne, metody uzyskiwania laków⁹.

W każdej z nich materiał roślinny lub zwierzęcy gotowano z ałunem glinowo-potasowym — $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$. W metodzie I do roztworu dodano węglanu potasu¹⁰, otrzymując barwniki osadzone na substracie, którym jest wodorotlenek glinu — $\text{Al}(\text{OH})_3$ ¹¹.

W metodzie II zastosowano kredę — CaCO_3 , w III biel ołowiową — $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$. Uzyskano w ten sposób substancje barwne osadzone na gipsie — $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ i siarczanie ołowiowym — PbSO_4 ¹².

Kraplak otrzymano z korzenia marzanny farbiarskiej (*Rubia tinctorium* L.). Źródłem karminu są owady z czerwców, do których należą między innymi: czerwiec polski (*Porphyrophora polonica* L.), czerwiec armeński (*Porphyrophora hameli*, Brandt) oraz znana w Europie po odkryciu Ameryki w 1498 roku — koszenila amerykańska (*Dactylopius coccus*, O. Costa). Ze względu na dostępność materiału zastosowano koszenilę amerykańską. Kermes otrzymano z owada *Coccus ilicis* (*Kermes vermilio*, Planchon).

W celu zbliżenia rekonstrukcji do oryginalnego XV-wiecznego opracowania malarskiego starano się zastosować podobną technikę wykonania. Laki — kraplak, karmin i kermes przygotowane w opisany powyżej sposób, osadzone na różnych substratach: wodorotlenku glinu, gipsie, siarczanie ołowiu, utarto ze spoiwem olejnym i położono na zaizolowaną zaprawę klejowo-kredową, a w niektórych przypadkach dodatkowo na olejne podmalowanie minią. Z takich rekonstrukcji laków pobrano próbki i wykonano przekroje poprzeczne oznaczone numerami od 1 do 9, które poddano analizie mikroskopowej w świetle VIS i promieniach UV¹³. Ze szczególną uwagą obserwowano

⁸ Ibidem.

⁹ W wyborze kierowano się przepisami zawartymi w źródłach pisanych oraz wcześniej wykonanych doświadczeniach, patrz m.in.: E. Berger, *Quellen und Technik der Fresco, Oel- und Tempera — Malerei des Mittelalters, von der Byzantinischen zeit bis Einschliesslich der Erfindung der Ölmalerei durch die Brüder van Eyck*, München 1912; M. Merrifield, *Original treatises in the arts of painting*, vol. I i II, New York 1967; S. Cyroń, *Żółte barwniki organiczne pochodzenia roślinnego w świetle dawnych traktatów, sposób ich otrzymywania i właściwości*, praca magisterska pod kier. prof. dr Z. Brochwicza, biblioteka Zakładu Technologii i Technik Malarskich, IZK UMK w Toruniu, maszynopis; Z. Brochwicz, op. cit.; M. Górzyska, J. Olszewska-Świetlik, *Wybrane żółte laki, rekonstrukcja technologiczna*, Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki 2002, vol. 13, No. 1–2, s. 26–33.

¹⁰ Ług drzewny — potaż jest węglanem potasu zanieczyszczonym węglanem sodu ok. 6%, siarczanem potasu ok. 25% i chlorkiem potasowym ok. 7% — za: Z. Brochwicz, op. cit., przyp. 14, s. 53.

¹¹ Podobny sposób opisany jest w Manuskrypcie z Lukki (VIII–IX w.), rozdz. 75 „De lazuri”, a także w Manuskrypcie Bolońskim, recepta nr 211, za: Z. Brochwicz, op. cit., s. 45; E. Berger, op. cit., s. 12; M. Merrifield, op. cit., s. 490.

¹² Metody zbliżone są do opisanych w Kodeksie Neapolitańskim z XIV w. — za: Z. Brochwicz, s. 44; E. Berger, op. cit., s. 135–136.

charakter fluorescencji kolejnych warstw laków. Wyniki badań ilustrują fot. 1–9.

Próbki zrekonstruowanych laków wykazały zróżnicowaną fluorescencję zarówno pod względem barwy, intensywności, jak i charakteru. Barwa fluorescencji zależała od rodzaju barwnika. I tak potwierdzono ciepłą w odcieniu, oranżową fluorescencję kraplaku (fot. 1B, 2B, 3B, 4B), dla karminu zaś zarejestrowano fioletową (fot. 5B, 6B, 7B, 8B), a dla kermesu różową barwę fluorescencji (fot. 9B).

Rodzaj substratu, na jakim osadzano barwnik, miał wpływ na właściwości malarskie i optyczne laków, w tym na intensywność fluorescencji. Te osadzone na wodorotlenku glinu wyróżniały się jakością, miały najlepsze właściwości laserunkowe, tworząc warstwy transparentne, jednolite, o nasyconym kolorze (fot. 1A, 2A, 5A)¹⁴. Jedynie w przypadku kermesu nie osiągnięto zadowalających rezultatów – barwnika nie udało się osadzić równomiernie, a zbyt mała jego ilość, którą dysponowano, nie wystarczyła na powtórzenie prób (fot. 9A).

Kraplak osadzony na tym substracie wykazywał najsilniejszą fluorescencję o najintensywniejszej barwie (fot. 1B, 2B), która już dla karminu była trudniejsza do oceny ze względu na występowanie zjawiska wygaszania fluorescencji¹⁵ wywołanego zbyt dużym stężeniem barwnika – koszenili (fot. 5B, 6B)¹⁶. Także w przypadku kermesu mamy do czynienia z miejscowym wygaszaniem fluorescencji (fot. 9B), choć tu fluorescencję należy oceniać jako silną przy tak małym stężeniu barwnika – barwa warstwy laserunku jest lekko różowa (fot. 9A), jej fluorescencja zaś intensywnie różowa (fot. 9B).

Pozostałe laki otrzymane poprzez osadzanie barwników na gipsie i siarczanie ołowiu ze względu na swój przełamany, rozbielony kolor (fot. 3A, 4A, 7A, 8A) nie nadają się do laserunków¹⁷. Przyczyną mogą być niewłaściwe proporcje barwnika do substratu – użycie zbyt dużej ilości bieli ołowiowej i kredy. Doświadczenie to sugeruje, że barwniki osadzone na tych substratach charakteryzują się bardziej kryjącymi właściwościami. Uznano, że formułowanie na ten temat ostatecznych wniosków wymaga jeszcze dalszych badań technologicznych.

¹³ Analiza przekrojów w świetle w świetle VIS, UV i fotografie mikroskopowe Z. Rozłucka, Zakład Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej UMK, mikroskop Nikon Eclipse 600, UV – lampa rtęciowa Nikon super HB 1010, blok filtrów Nikon UV 2A, Ex 330–380, DM 400BA 420.

¹⁴ Barwniki organiczne osadzone na wodorotlenku glinu $\text{Al}(\text{OH})_3$ wykazują lepsze właściwości laserunkowe w technice olejnej i olejno-żywicznej, za: Z. Brochwicz, op. cit., s. 44.

¹⁵ F. W. D. Rost, *Fluorescence microscopy*, vol. I, Cambridge University Press 1992, s. 34–36.

¹⁶ Duże zagęszczenie barwnika w przypadku tego laku osadzonego na $\text{Al}(\text{OH})_3$ mogło być spowodowane zachwianiem proporcji barwnika do substratu ze względu na małą cząstkę substratu umożliwiającą gęste „upakowanie” barwnika.

¹⁷ W traktatach zwracano już uwagę, że poprzez zwiększenie ilości bieli ołowiowej lub kredy otrzymano jaśniejsze odcienie barwników. Potwierdziły to także wykonywane próby malarskie, patrz m.in. Z. Brochwicz, op. cit., s. 44 i 46; M. Górznińska, J. Olszewska-Świetlik, op. cit., il. 1–9.

Barwa fluorescencji, jak już wyżej wspomniano, okazała się cechą charakterystyczną dla danego barwnika bez względu na substrat, choć dla barwników osadzonych na gipsie i siarczanie ołowiu (fot. 3B, 4B, 7B, 8B) jej intensywność była znacznie słabsza niż odpowiednio na wodorotlenku glinu.

W promieniach UV laki ujawniły w różnym stopniu swoją strukturę — tworzenie obwódek z barwnika wokół białych ziaren substratu, najlepiej widoczne dla koszenili osadzonej na siarczanie wapnia (fot. 7B), jak też dla kraplaku na tym samym substracie (fot. 3B). Również kraplak osadzony na wodorotlenku glinu ukazał swą strukturę w promieniach UV (fot. 1B).

Opisane fakty wskazują na rolę, jaką odgrywa zastosowana metoda otrzymywania laków, jak też proporcje, rodzaj i stężenie substratów, ich wpływ na intensywność obserwowanej fluorescencji oraz jej charakter. Uwarunkowania te należy brać pod uwagę podczas dalszych badań.

Omówione przykłady zrekonstruowanych laków stały się materiałem porównawczym dla próbek czerwonych laserunków pochodzących z oryginalnych obrazów.

Badaniami objęto zespół dzieł datowanych na lata od 1450 do 1500, stanowiących reprezentatywny przykład malarstwa schyłku średniowiecza¹⁸. Probki pobrano z partii najgłębszych cieni czerwonych szat, czego przykładem jest fot. 10 i wykonane przekroje poprzeczne.

Skład wybranych próbek został określony na drodze testów mikrochemicznych¹⁹ oraz analiz instrumentalnych²⁰ i przedstawiony w tabeli.

Na podstawie obserwacji mikroskopowych przekrojów poprzecznych próbek²¹ (fot. 10A — 13A) stwierdzono, że w większości przypadków modelunek malarski został wykonany w technice wielowarstwowej. Laserunki nakładano na czerwone lub różowe podmalowanie, zazwyczaj w jednej lub dwu warstwach.

Obserwacje przekrojów w promieniach UV uwiaryściły bardziej złożoną budowę laserunków (fot. 10B — 13B). Lepiej zaznaczył się podział na podmalowanie i warstwy laserunku — niejednokrotnie widoczne w świetle VIS jako jedno opracowanie (np. fot. 12A, B). Uczytelnia się również warstwowość laserunków (np. fot. 12 i 13). To ostatnie zdjęcie dowodzi też możliwości odróżnienia warstw wtórnych od opracowania oryginalnego. Dodatkowo promienie UV odkrywają strukturę wewnętrzną warstw technologicznych: kształt pigmentów czy cząstek substratów, jak też „agregatów” spoiw (fot. 11B). Na tej drodze stwierdzono, że zarówno warstwy podmalowań, jak

¹⁸ Malarstwo gdańskie 2 poł. XV wieku jest przedmiotem badań prowadzonych przez J. Olszewską-Świetlik w ramach rozprawy habilitacyjnej w Zakładzie Technologii i Technik Malarskich IZK, UMK w Toruniu.

¹⁹ Badania mikrochemiczne próbek nr 10–12 wykonała J. Olszewska-Świetlik, nr 13 A. Ruskowska pod kierunkiem autorki.

²⁰ Analizy spektralne wykonał mgr A. Cupa w Zakładzie Technologii i Technik Malarskich IZK, UMK w Toruniu; energodyspersyjną mikroanalizę rentgenowską z zastosowaniem mikrosondy elektronowej mgr M. Wróbel — „Geonafsta” Warszawa.

²¹ Rodzaj barwnika organicznego w malarstwie gdańskim zostanie zidentyfikowany także metodami instrumentalnymi, a wyniki w przyszłości opublikowane.

Tabela. Skład pierwiastkowy analizowanych próbek

NR PRÓBK	OPIS	PIERWIASTKI GŁÓWNE
10	Czerwona szata św. Doroty, lewe skrzydło wewnętrzne, awers Retabulum ze scenami z życia Marii z Kaplicy Bractwa Kapłańskiego, Bazylika Mariacka w Gdańsku	Al, C, Hg, Si, Fe, Pb
11	Czerwona szata Judy Tadeusza, predella ze sceną męczeństwa św. Adriana z kaplicy św. Krzyża, Bazylika Mariacka w Gdańsku	Pb, Hg, Al, Fe
12	Czerwona szata św. Katarzyny Aleksandryjskiej, predella ołtarza z legendą św. Barbary, z kaplicy Zbawiciela, Bazylika Mariacka w Gdańsku	Ca, Pb, Fe, Cu
13	Czerwona szata św. Piotra, rewers kwatery Odpoczynek w czasie ucieczki do Egiptu — św. Piotr z kaplicy we Wróblewie, Muzeum Narodowe w Gdańsku	Ca, Pb, Hg, Fe

i laserunków tworzą mieszaniny pigmentów i barwników organicznych, co potwierdziły analizy chemiczne i instrumentalne (tabela). Na szczególną uwagę zasługuje przykład próbki 10 (fot. 10A, B), w której zidentyfikowano obecność werniksu między laserunkami, co pozwoliło na prawidłową interpretację techniki malarskiej.

Zróznicowana barwa fluorescencji zależna od rodzaju barwnika pozwala stwierdzić występowanie odmiennych rodzajów laków, także w jednym opracowaniu malarskim (fot. 13B).

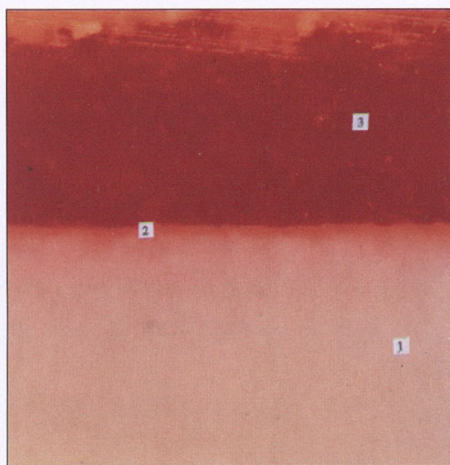
Jednoznaczna identyfikacja barwników organicznych na podstawie barwy fluorescencji była utrudniona prawdopodobnie ze względu na dodatek do spoiwa olejnego żywicy naturalnej o zdecydowanej zielonkawej fluorescencji (fot. 10B) czy występowanie mieszaniny takich pigmentów jak np. minia, cynober, azuryt naturalny (fot. 12B, 13B).

Niemalą wpływ miały także procesy starzenia materiałów czy niemożność odtworzenia w zrekonstruowanych lakach ich wszystkich dawnych cech: źródła pochodzenia i rodzaju materiałów służących do ich uzyskania.

Przeprowadzone badania dowodzą, że na podstawie barwy fluorescencji możliwa jest wstępna klasyfikacja rodzaju laku, w tym też substratu.

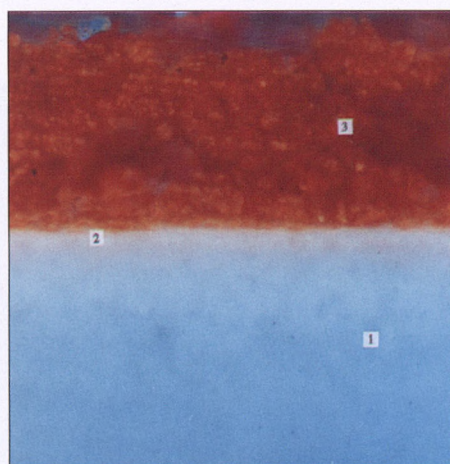
Uczytelnienie budowy laserunków — ich warstwowości i wewnętrznej struktury dostarcza cennych informacji na temat techniki wykonania obrazu. Umożliwia także rozpoznanie dodatków innych pigmentów czy spoiw trudnych do interpretacji w świetle widzialnym (VIS).

Wykonanie takich szczegółowych badań mikroskopowych pomocne jest dla prawidłowego wytypowania obszarów do dalszych analiz instrumentalnych, jak też ich interpretacji i osadzenia wyników analiz w kontekście stratygrafii obrazu.



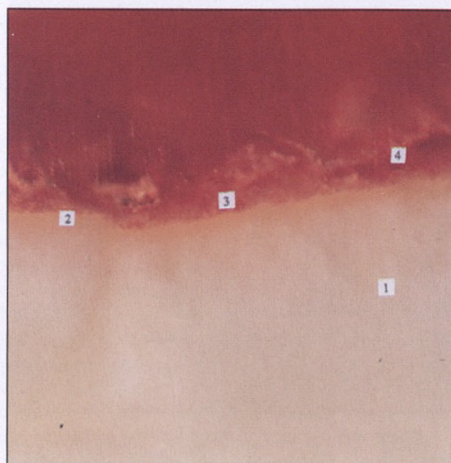
Fot. 1A. Próbkę nr 1, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: kropłak – korzeń marzanny farbiarskiej (*Rubia tinctorium* L.), substrat – $\text{Al}(\text{OH})_3$, spoiwo – pokost lniany



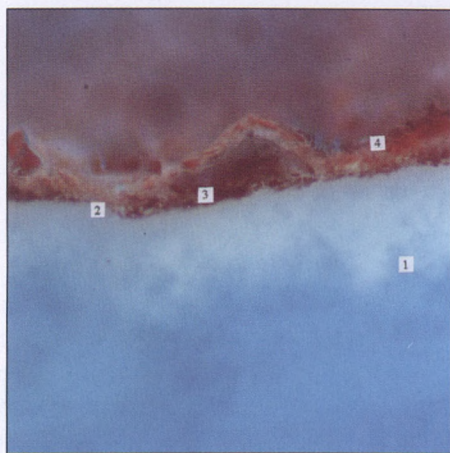
Fot. 1B. Próbkę nr 1 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – żółtawobiała fluorescencja izolacji olejnej; 3 – czerwona w ciepłym odcieniu intensywna fluorescencja kropłaku



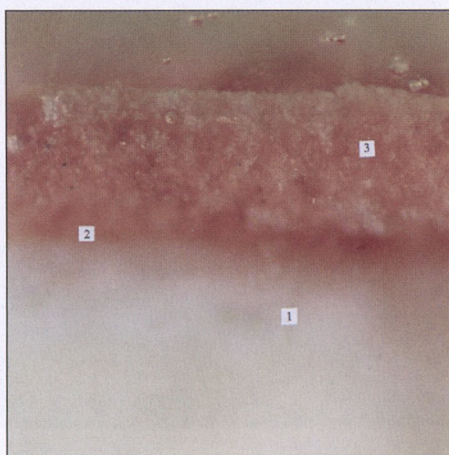
Fot. 2A. Próbkę nr 2, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – podmalowanie – minia w spoiwie olejnym;
4 – warstwa laserunku: kropak – korzeń marzanny farbiarskiej (*Rubia tinctorium* L.), substrat – $\text{Al}(\text{OH})_3$, spoiwo – pokost lniany



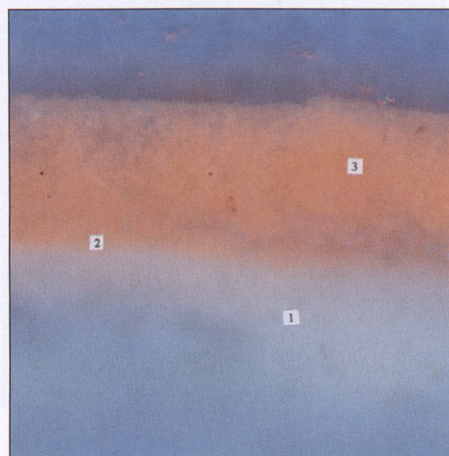
Fot. 2B. Próbkę nr 2 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna o słabej żółtawej fluorescencji oleju;
3 – ciemnoczerwona warstwa podmalowania o bardzo słabej – nikłej fluorescencji; 4 – oranżowa silna fluorescencja kropaku, dzięki której warstwy 3 i 4 lepiej się różnicują



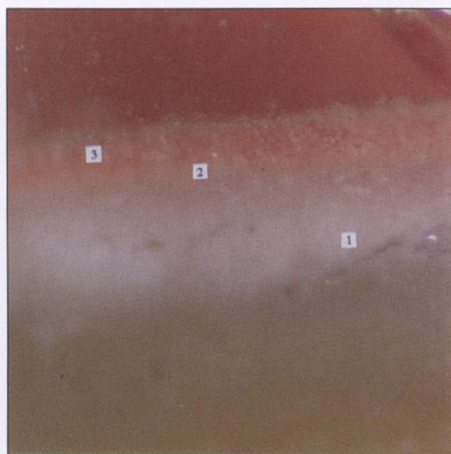
Fot. 3A. Próbkę nr 3, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: kraplak – korzeń marzanny farbiarskiej (*Rubia tinctorum* L.), substrat CaSO_4 , spoiwo – pokost olejny



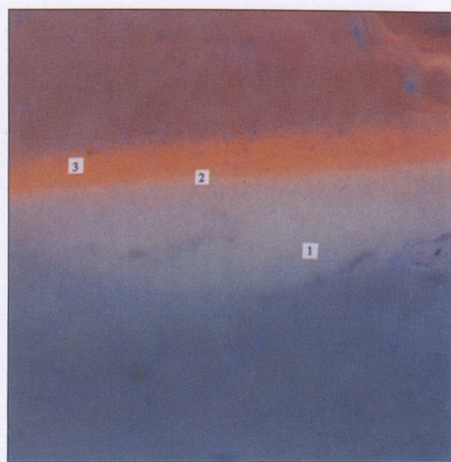
Fot. 3B. Próbkę nr 3 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna w niktłej białawej fluorescencji; 3 – jasnooranżowa silna fluorescencja kraplaku



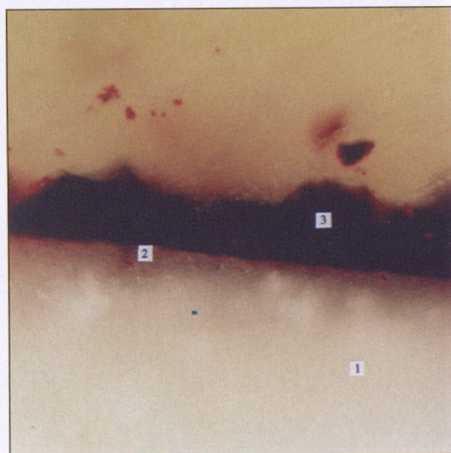
Fot. 4A. Próbkę nr 4, przekrój poprzeczny

1 — zaprawa klejowo-kredowa; 2 — izolacja olejna; 3 — warstwa laserunku: kropalak — korzeń marzanny farbiarskiej (*Rubia tinctorium* L.), substrat PbSO_4 , spoiwo — pokost lniany



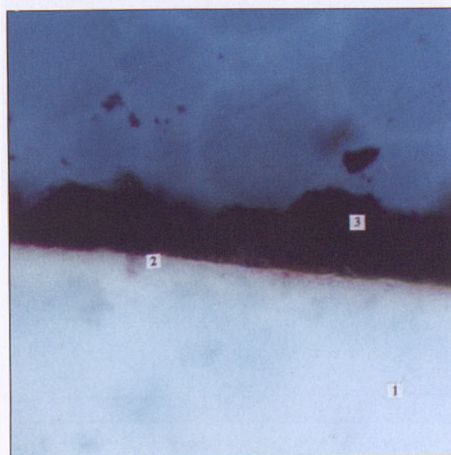
Fot. 4B. Próbkę nr 4 w promieniach UV

1 — zaprawa klejowo-kredowa; 2 — izolacja olejna o żółtawej fluorescencji oleju; 3 — jasnooranżowa silna fluorescencja kropalaku



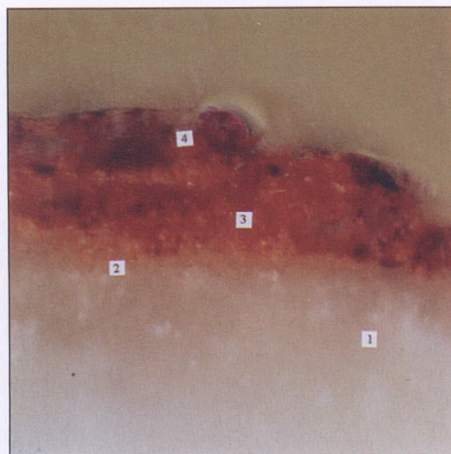
Fot. 5A. Próbkę nr 5, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: karmin – koszenila amerykańska (*Dactylopius coccus*, O. Costa), substrat $\text{Al}(\text{OH})_3$, spoiwo – pokost lniany



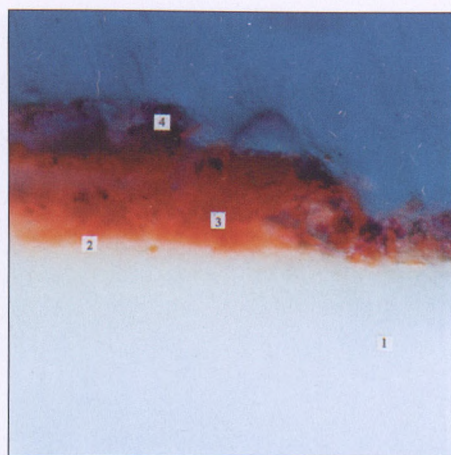
Fot. 5B. Próbkę nr 5 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna o żółtawej słabo zaznaczonej fluorescencji; 3 – ciemnoczerwona o fioletowym odcieniu bardzo słaba fluorescencja koszenili, duże skupiska zbyt stężonego barwnika wygaszają fluorescencję



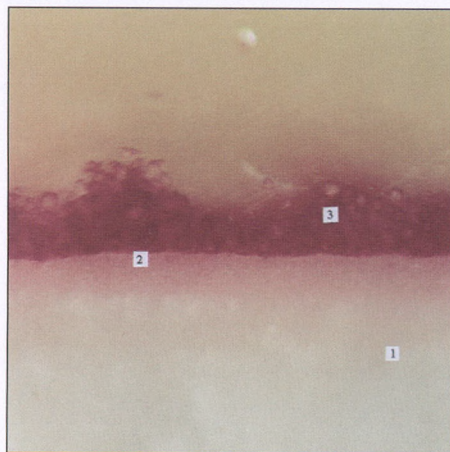
Fot. 6A. Próbkę nr 6, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – podmalowanie – minia w spoiwie olejnym; 4 – warstwa laserunku: karmin – koszenila amerykańska (*Dactylopius coccus*, O. Costa), substrat – $\text{Al}(\text{OH})_3$, spoiwo – pokost lniany



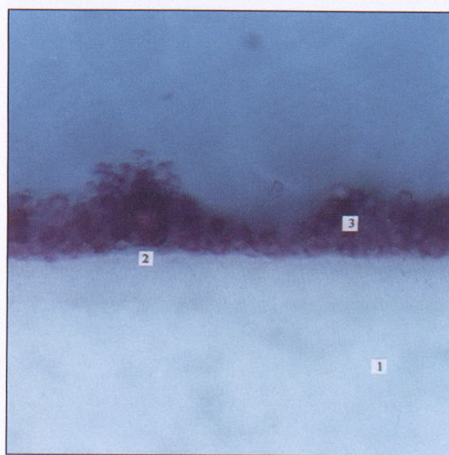
Fot. 6B. Próbkę nr 6 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – żółtawobiała fluorescencja izolacji olejnej; 3 – lepiej widoczny zakres warstwy podmalowania; 4 – słabo widoczna fioletowa fluorescencja koszenili, skupiska zbyt stężonego barwnika wygaszają fluorescencję



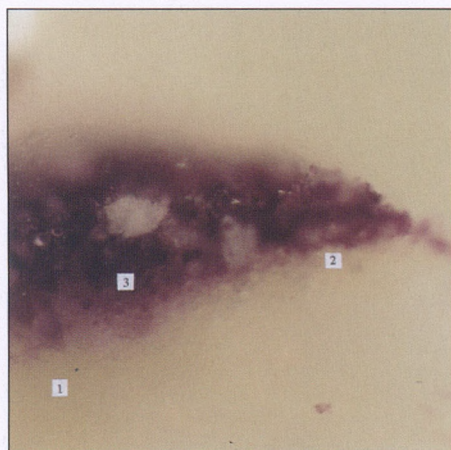
Fot. 7A. Próbkę nr 7, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: karmin – koszenila amerykańska (*Dactylopius coccus*, O. Costa), substrat – $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, spoiwo – pokost lniany



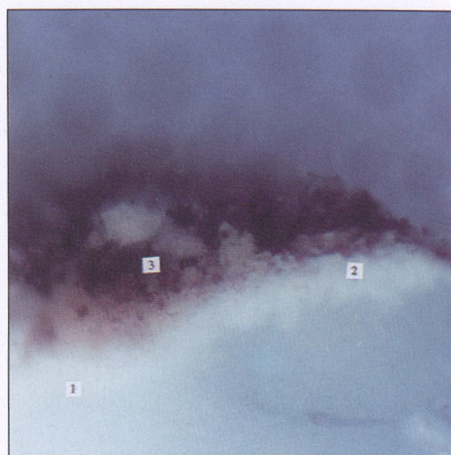
Fot. 7B. Próbkę nr 7 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – biaława fluorescencja izolacji olejnej; 3 – fioletowa, dość silna fluorescencja koszenili



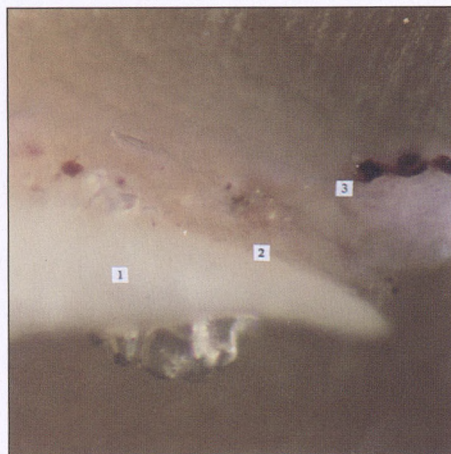
Fot. 8A. Próbkę nr 8, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: karmin – koszenie amerykańskie (*Dactylopius coccus*, O. Costa), substrat $PbSO_4$, spoiwo – pokost lniany



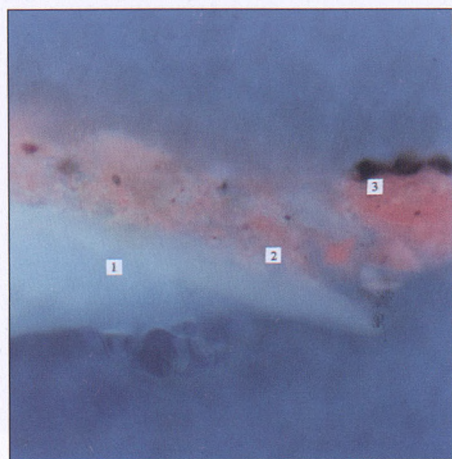
Fot. 8B. Próbkę nr 8 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna o białawej fluorescencji; 3 – fioletowa, dość silna fluorescencja koszenia



Fot. 9A. Próbkę nr 9, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna; 3 – warstwa laserunku: kermes (*Coccus ilicis*, *kermes vermilio*, Planchon), substrat – $\text{Al}(\text{OH})_3$, spoiwo – pokost lniany

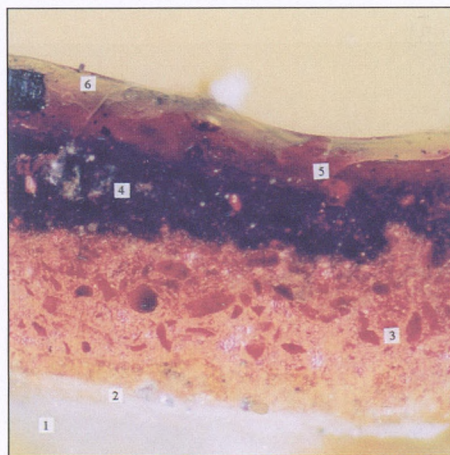


Fot. 9B. Próbkę nr 9 w promieniach UV

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – izolacja olejna o białawej fluorescencji widocznej miejscami; 3 – różowa, intensywna fluorescencja kermesu, skupiska barwnika o zbyt dużym stężeniu wygaszają fluorescencję

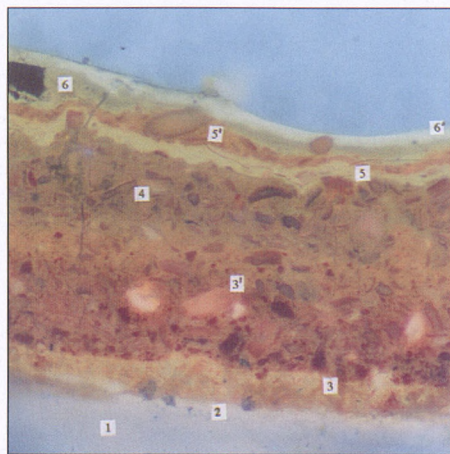


Fot. 10. Retabulum ze scenami z życia Marii z kaplicy Bractwa Kapłańskiego, Bazylika Mariacka w Gdańsku, skrzydło wewnętrzne lewe — awers, fragment postaci św. Doroty. Widoczny sposób opracowania czerwonego płaszcza (fot. A. Skowroński, światło rozproszone)



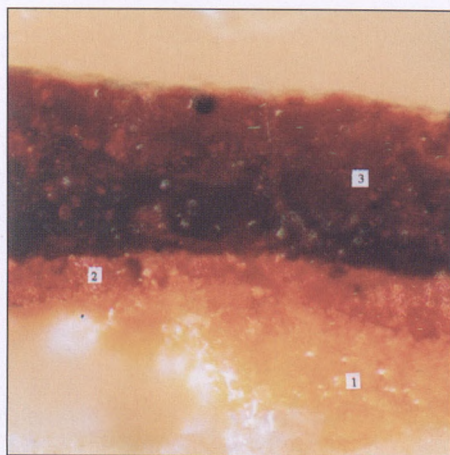
Fot. 10A. Próbkę nr 10, św. Dorota, szata, przekrój poprzeczny

1 – zaprawa klejowo-kredowa; 2 – białe podmalowanie – biel ołowiowa; 3 – ciemnoróżowe podmalowanie u dołu w cieplejszej tonacji: minia, cynober, żółty pigment żelazowy ze wskazaniem na ugię, czerwień organiczna; 4 – ciemnoczerwona warstwa laserunku – czerwień organiczna; 5 – czerwona warstwa laserunku – czerwień organiczna; 6 – werniks



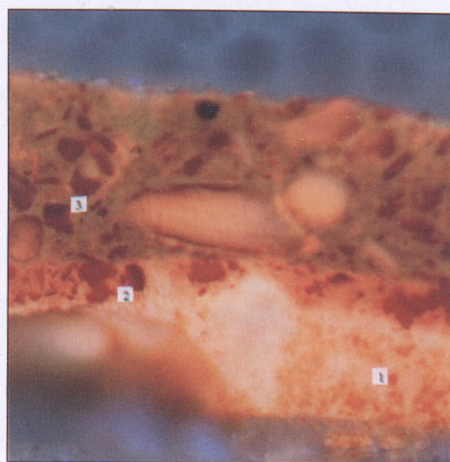
Fot. 10B. Próbkę nr 10 w promieniach UV

1–2 – bez dodatkowych informacji; 3 – wyraźnie widoczna ugięta warstwa podmalowania; 3' – różowa fluorescencja może wskazywać na inny rodzaj czerwień niż kraplak u góry warstwy, u dołu więcej cynobru; 4 – różowa słumiona fluorescencja czerwień organicznej i zielonkawa spoiwa żywicznego; substratem jest prawdopodobnie wodorotlenek glinu; 5 – uczytniona złożoność warstwy: u dołu zielonkawa fluorescencja żywicy; 5' – wyżej oranżowa barwnika organicznego – kraplak; 6 – zielonkawa fluorescencja naturalnej żywicy werniksu; 6' – werniks wtórny



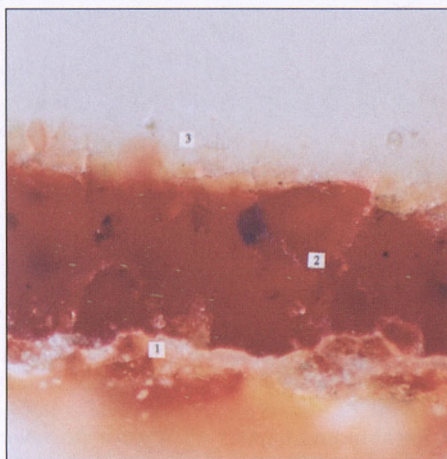
Fot. 11A. Próbka nr 11. Predella ze sceną Męczeństwa św. Adriana, Bazylika Mariacka w Gdańsku, szata Judy Tadeusza, przekrój poprzeczny

1 – żółtooranżowa warstwa podmalowania: żółty pigment żelazowy ze wskazaniem na ugię, cynober, minia; 2 – różowa warstwa podmalowania: cynober, biel ołowiowa; 3 – czerwony laserunek, u dołu bardzo ciemny – czerwień organiczna

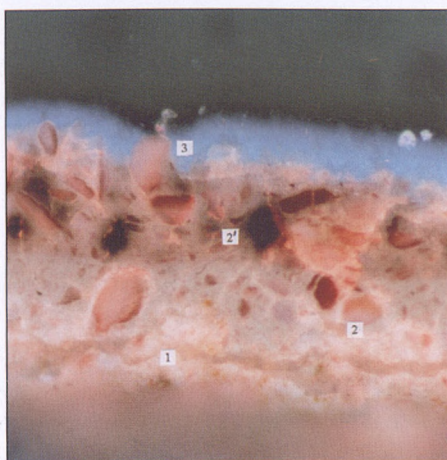


Fot. 11B. Próbka nr 11 w promieniach UV

1 – wyraźniej widoczny dodatek cynobru; 2 – dzięki fluorescencji „tła” widoczne duże cząstki naturalnego cynobru; 3 – obok czerwień organicznej – kraplak o oranżowej fluorescencji, obecny także cynober, duże ziarna o silnej białej fluorescencji mogą być gruboziarnistym substratem – siarczan ołowiu, jak też skupiskiem spoiwa

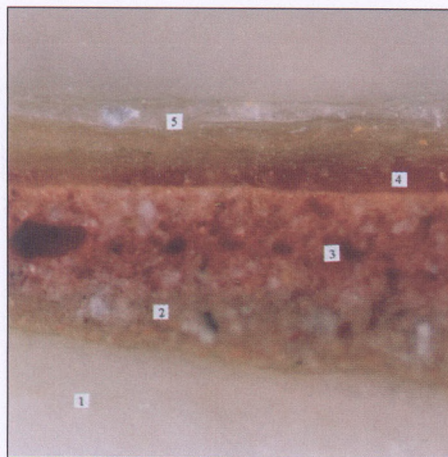


Fot. 12A. Próbkę nr 12. Predella ołtarza z Legendą św. Barbary, Bazylika Mariacka w Gdańsku, szata św. Katarzyny Aleksandryjskiej, przekrój poprzeczny
1 – różowa nieregularna warstwa podmalowania: czerwień organiczna, biel ołowiowa, żółty pigment żelazowy ze wskazaniem na ugię; 2 – czerwona warstwa laserunku: czerwień organiczna, niewielki dodatek azurytu naturalnego; 3 – bezbarwna warstwa werniksu



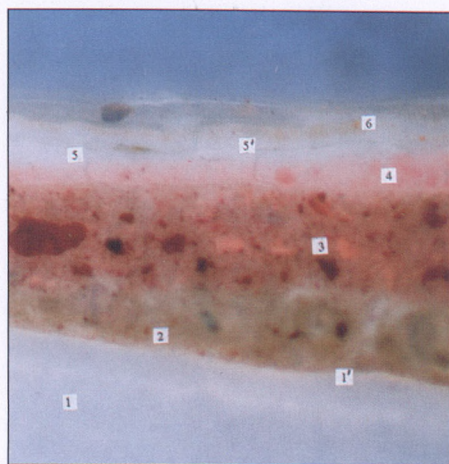
Fot. 12B. Próbkę na 12 w promieniach UV

Ze względu na różowo-oranżową fluorescencję czerwieni organicznej – kraplaku warstwa 1 i dolna część warstwy; 2 – wykazują podobieństwo w ramach warstwy; 2' – wyodrębnia się warstwa; 2' – dzięki wygaszaniu fluorescencji przez dodatek azurytu i obecność cynobru: substratem jest prawdopodobnie siarczan ołowiu; 3 – błękitna fluorescencja żywicy syntetycznej



Fot. 13A. Próbkę nr 13. Retabulum z kaplicy we Wróblewie, rewers kwatery — św. Piotr, Muzeum Narodowe w Gdańsku, szata św. Piotra, przekrój poprzeczny

1 — zaprawa klejowo-kredowa; 2 — ugrów warstwa podmalowania: minia, biel ołowiowa, żółty pigment żelazowy ze wskazaniem na ugieć; 3 — jasnoczerwona warstwa malarska: cynober, biel ołowiowa, czerwień organiczna; 4 — czerwona warstwa laserunku — czerwień organiczna; 5 — wielowarstwowy werniks



Fot. 13B. Próbkę nr 13 w promieniach UV

1 — bez zmian; 1' — biaława fluorescencja izolacji olejnej; 2 — dzięki jasnoczerwonej fluorescencji widoczny niewielki dodatek barwnika organicznego; 3 — oranżowo-różowa fluorescencja barwnika organicznego — kraplaku osadzonego prawdopodobnie na wodorotlenku glinu i ciemnoczerwone duże cząstki naturalnego cynobru; 4 — jasnoróżowa fluorescencja wskazująca na obecność kermesu osadzonego na wodorotlenku glinu; 5 — werniks oryginalny, widoczna ciemna granica zabrudzenia wyznaczająca zakres opracowania oryginalnego; 5' — widoczne spękania biegnące poprzez górne warstwy oryginalne; 6 — laserunek wtórny kraplaku i werniksy wtórne