

# Roznerska, Maria

---

## Badania nad strukturalnym utwardzaniem malowideł ściennych roztworami polietylenu o niskim ciężarze cząsteczkowym : wstępne próby laboratoryjne

---

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 6 (77), 139-160

---

1977

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*Zakład Technologii i Technik  
Sztuk Plastycznych*

*Maria Roznerska*

BADANIA NAD STRUKTURALNYM UTWARDZANIEM  
MALOWIDEŁ ŚCIENNYCH ROZTWORAMI POLIETYLENU  
O NISKIM CIĘŻARZE CZĄSTECZKOWYM

WSTĘPNE PRÓBY LABORATORYJNE \*

1. WSTĘP

Malowidła ściennie niszczone są przez czynniki chemiczne, fizykochemiczne i biologiczne. Wszystkie one łącznie sprawiają, że malowidła znajdujące się wewnątrz pomieszczeń, jak i na zewnętrznych ścianach budynków, z czasem ulegają niszczeniu. Objawia się to pudrowaniem warstwy malarskiej, utratą przyczepności warstw malowideł ściennych, zniszczeniem struktury fizycznej poszczególnych materiałów, odpadaniem malowideł ze ścian itd.

Od dawna prowadzone są badania nad zastosowaniem różnych materiałów i metod konserwacji, zmierzających do likwidacji wyżej wymienionych czynników. Dostępna literatura konserwatorska nie omawia jednak badań dotyczących strukturalnej impregnacji malowideł ściennych, natomiast wynika z niej, że do utrwalania osypującej się warstwy malarskiej najczęściej stosuje się roztwory tworzące na powierzchni powłoki.

W wypadku stosowania emulsji wodnych tworzenie się powłok uzależnione jest od wielkości cząsteczek a także od stabilizacji emulsji wodnej. Te dwa czynniki mają decydujący wpływ na zdolność przenikania dyspersji w głąb malowideł. Wnikanie następuje w wyniku stosowania emulsji o drobnej koloidalnej cząsteczce. Wiadomo jednak, że stosowanie emulsji

---

\* Badania przeprowadzone zostały w Instytucie Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu. Za konsultacje w trakcie ich przeprowadzania dziękuję doc. dr. hab. W. Domańskiemu.

o takich właściwościach do utrwalania malowideł ściennych do tej pory nie jest znane <sup>1</sup>.

Żywice w rozpuszczalnikach tworzą powłoki przez odparowanie rozpuszczalnika. Przy stosowaniu roztworów o dużym stężeniu mają one znaczny połysk zmieniający całkowicie wygląd malowidła. W przypadku dużej lepkości zachodzi również obawa całkowitego uszczelnienia powierzchni malowidła. Jest to z punktu widzenia konserwatorskiego niedopuszczalne ze względu na możliwość zniszczenia polichromii wskutek późniejszego jej łuszczenia i osypywania. Ażeby takiemu procesowi zapobiec, należałoby malowidła wzmocnić strukturalnie. Biorąc pod uwagę wymagania konserwatorskie stosowane do utwardzania substancji powinny:

- 1) posiadać dobre własności penetrujące w głąb i wiążące tynk z polichromią;
- 2) posiadać wysokie własności hydrofobowe, uodparniające malowidła ścienne przeciwko wpływom wody i wilgoci;
- 3) posiadać odporność na działanie światła, słabych kwasów i zasad oraz na zmiany temperatury;
- 4) być odporne na działanie czynników biologicznych.

Natomiast nie powinny:

- 1) powodować zmian powierzchni malowideł,
- 2) tworzyć plam, wykwitów i zacieków,
- 3) tworzyć na powierzchni malowideł powłok uszczelniających.

W praktyce konserwatorskiej nie dysponujemy substancjami, które odpowiadałyby wszystkim tym wymaganiom. Spośród żywic znajdujących coraz większe zastosowanie w konserwacji zabytków na specjalną uwagę

---

<sup>1</sup> Przebadano pod względem przydatności do strukturalnego utwardzania tynków emulsję poliocetanu winylu. W celu sprawdzenia jej własności wykonano następujące doświadczenie: próbki tynku z temperową warstwą malarską dzielono na dwie części, z których jedną pozostawiono suchą, a drugą część powierzchni zwilżono wodą. Do badań stosowano emulsję wodną poliocetanu winylu „Vinawil” o stężeniu od 1—10%, oraz te same stężenia emulsji z dodatkiem niewielkiej ilości alkoholu etylowego jako środka zmniejszającego napięcie powierzchniowe. Emulsję наносzono na powierzchnię próbek przy pomocy pipety oraz pędzla, zaczynając od najmniejszego stężenia. Czynność tę powtarzano do momentu uzyskania na powierzchni próbki widocznej powłoki. Kilkakrotne nanoszenie kropli środka możliwe było jedynie przy emulsjach 1%, natomiast przy większych stężeniach tworzyły się powłoki natychmiast po zetknięciu się emulsji z powierzchnią próbki. Podobne rezultaty uzyskano przez pędzlowanie. Również przy stosowaniu emulsji wodnej z dodatkiem alkoholu nie otrzymano pozytywnych wyników. Na podstawie doświadczeń stwierdzono, że powłoki tworzą się już przy stosowaniu 1% roztworów poliocetanu winylu, są one jednak niewidoczne. Faktem jednak jest, że cząsteczki żywicy zawieszone w ośrodku dyspersyjnym nie przenikają w pory tynku, ponieważ dyspresja ulega koagulacji na jego powierzchni. Nie wykluczone, że specjalnie spreparowane emulsje poliocetanu winylu o cząsteczkach wielkości koloidalnej przenikałyby w głąb. U nas taka emulsja na razie jest jednak nieznaną.

zasługują żywice epoksydowe. W świetle badań<sup>2</sup>, są to żywice najbardziej nadające się do strukturalnego utwardzania materiałów porowatych. Ze względu jednak na możliwość ściemniania polichromii nie mogą być użyte do strukturalnego utwardzania malowideł.

Biorąc pod uwagę potrzebę utwardzania malowideł ściennych w głąb, podjęto badania nad możliwością zastosowania roztworów niskocząsteczkowego polietylenu do strukturalnego utwardzania. Pomimo wielu wzmianek w literaturze o jego zastosowaniu, wiadomo, że nie był stosowany do utwardzania malowideł ściennych.

## 2. MATERIAŁY STOSOWANE W BADANIACH

Do badań stosowano polietylen niskocząsteczkowy, tzw. воск polietylenowy noszący nazwę Hoechst — Wachs PA-520. Jest to produkt chemicznie obojętny, bezbarwny, bez zapachu, o niskiej cząsteczce i małej lepkości. W handlu występuje w postaci proszku lub drobnych granulek. W podwyższonej temperaturze miesza się z parafiną, woskami estrowymi i żywicami sztucznymi. W wodzie jest nierozpuszczalny, a w alkoholach, estrach i ketonach rozpuszcza się minimalnie. Posiada oprócz wysokiego punktu topnienia wysoką twardość i elastyczność, a także mrozoodporność. W mieszaninie z innymi tworzywami obniża ich kurczliwość i lepkość. Odnacza się również dobrymi własnościami elektrycznymi, odpornością na starzenie i na działanie promieni UV<sup>3</sup>. Szczegółowe własności polietylenu PA-520 podano w tab. 1.

Polietylen niskocząsteczkowy praktycznie nie rozpuszcza się w żadnym rozpuszczalniku w temperaturze poniżej 80°C. Powyżej tej temperatury rozpuszcza się w terpentynie, toluenie, ksylenie, tworząc z nimi roztwory, które podczas chłodzenia żelują.

Do badań własnych stosowano roztwory żywicy rozpuszczonej w toluenie. Przygotowano je w następujący sposób: w osobnym naczyniu stapiano polietylen i mieszając dodawano do niego uprzednio ogrzany na łaźni wodnej do 70°C rozpuszczalnik. Ażeby uniknąć żelowania roztworu, trzymano go przez dłuższy czas na łaźni wodnej. Polietylen można rozpuszczać bezpośrednio w rozpuszczalniku na gorąco. Takie rozpuszczenie żywicy następuje jednak wolniej, przez co proces otrzymywania roztworów znacznie się przedłuża.

Do badań stosowano próbki z wapienia „Wełcz”, którego własności zo-

---

<sup>2</sup> W. Domaśowski, *Badania nad strukturalnym wzmacnianiem kamienia roztworami żywic epoksydowych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, Warszawa 1966.

<sup>3</sup> Własności polietylenu PA-520 podano na podstawie prospektu Hoechst-Wachs PA-520, Druckschrift-Farbwerke Hoechst/AG.

Tabela 1  
Własności polietylenu „Hoechst-Wachs” PA-520

| Punkt<br>krzepnięcia 0° | Liczba  |           | Gęstość<br>przy 20°C | Stopień<br>penetracji 100 g<br>25°C/5 sek. | Lepkość<br>przy 120°C | Temp.<br>zapłonu wg<br>Mercusona<br>w °C | Temp.<br>palenia wg<br>Mercusona<br>w °C |
|-------------------------|---------|-----------|----------------------|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                         | kwasowa | zmydlania |                      |                                            |                       |                                          |                                          |
| 91—93                   | 0       | 0         | 0,915—0,920          | 3—5                                        | 1300—1700             | 285—290                                  | 330—335                                  |

stały podane w tabeli 2, jak również próbki tynku polichromowanego, pochodzące z wykopalisk zamku krzyżackiego w Toruniu <sup>4</sup>.

Tabela 2  
Własności kamienia stosowanego w badaniach

| Kamień            | Ciężar<br>objętościowy<br>g/cm <sup>3</sup> | Porowatość<br>otwarta<br>w % | Nasiąkliwość<br>wodą po<br>24 godz. | Odporność<br>kostkowa<br>5 × 5 × 5 cm<br>na ściskanie<br>kg/cm <sup>2</sup> | Odporność<br>na ściskanie<br>po 48 godz.<br>działania<br>wody<br>kg/cm <sup>2</sup> | Odporność<br>na zamraża-<br>nie<br>(Rśc po 50<br>cyklach)*<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Wapień<br>„Wełcz” | 1560                                        | 29,3                         | 16,5                                | 98                                                                          | 56                                                                                  | 62                                                                               |

\* Rśc — odporność na ściskanie

### 3. IMPREGNACJA PRÓBEK

Substancje utwardzające wprowadzano do próbek w postaci roztworów przez zanurzenie i pędzlowanie.

Do badań stosowano próbki z wapienia „Wełcz” o wymiarach 5 × 5 × 5 cm. Impregnacja metodą pierwszą polegała na zanurzaniu nagrzaných do temperatury 100° C i 50° C i nienagrzewanych próbek wapienia do roztworu polietylenu o temp. 90° C. Znajdowały się one w roztworze do chwili, kiedy na powierzchni nie ukazywały się już pęcherzyki powietrza. Ten moment przyjmowano za stan nasycenia (trwał on przeważnie około 5 minut). Po nasyceniu wyjmowano je i zawijano w folię polietylenową. W tych warunkach uniknięto gwałtownego ulatniania się rozpuszczalnika, a także zapobiegnięto zjawisku migracji żywicy do powierzchniowych porów. W opisanych warunkach próbki trzymano aż do całkowitego ostygnięcia. Po tym czasie suszono je najpierw w temperaturze pokojowej, a następnie w suszarce w temp. 50° C. Do impregnacji stosowano roztwory 1,5, 10, 15 i 20%. Doświadczenia przeprowadzano w trzech powtórzeniach dla każdego stężenia z próbkami nagrzanymi i nienagrzanymi. Ilość wchłoniętego impregnatu określano wagowo, a następnie jedną próbkę z każdej serii przepiłowano i określano głębokość utwardzenia. Wyniki obrazujące ilość wchłoniętego polietylenu ilustruje tab. 3. Wynika z niej, że próbki nasyczone

<sup>4</sup> Prócz wapienia „Wełcz” stosowano kawałki tynku z oryginalną temperową warstwą malarską, które znaleziono podczas odkopywania toruńskiego zamku krzyżackiego. Wobec ich niejednorodnej struktury nie można ich było stosować wyłącznie do badań, w których chodziło o dokładność otrzymywanych wyników. Przeszkodą w ich wyłącznym stosowaniu była również ich niewielka ilość, jak i nieregularne kształty. Dokładne wyniki można było otrzymać stosując materiał jednorodny strukturalnie o jednakowych wymiarach próbek i zbliżony swoją strukturą do stosowanego pod malowidła tynku. Stwierdzono, że najlepiej do tego celu nadają się próbki wapienia „Wełcz” i dlatego stosowano je do badań.

1<sup>0</sup>/o roztworem wosku polietylenowego mają podobne procentowe przyrosty wagowe. Przy pozostałych najwięcej impregnatu wchłonęły próbki nagrzane do temp. 100° C. Porównując wyniki przyrostów wagowych próbek ogrzewanych do temp. 50 i 100° C można stwierdzić, że ze wzrostem stężenia roztworów, rośnie ilość wchłoniętego polietylenu. Największe różnice przyrostów w stosunku do poprzedniego stężenia obserwujemy przy roztworach 5 i 10<sup>0</sup>/o. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z 5,5-krotnym wzrostem ciężaru suchej masy, w drugim wynosi on 2,2, natomiast w próbkach nagrzanych do temp. 50° C, kolejno 2,3 i 4,1<sup>0</sup>/o. Analizując różnice przyrostów wagowych stwierdzamy, że stopień nasycenia w próbkach nagrzanych do temp. 50° C jest średnio o ok. 60<sup>0</sup>/o mniejszy niż w próbkach nagrzanych do 100° C (oprócz roztworów 1<sup>0</sup>/o). Obserwując głębokość wniknięcia roztworów na przełomach próbek wapienia „Wełcz”, stwierdzono całkowite nasycenie próbek nagrzewanych do 100° C, natomiast stopień nasycenia próbek nagrzanych do 50° C wahał się w granicach 60—65<sup>0</sup>/o. Najbardziej zróżnicowane wyniki otrzymano z próbkami nienagrzanymi i tak np. przy stężeniu 15<sup>0</sup>/o ilość wchłoniętego polietylenu wynosiła 1,4<sup>0</sup>/o, przy 20<sup>0</sup>/o tylko 1,2<sup>0</sup>/o, podczas gdy przy analogicznych stężeniach i nagrzanych próbkach wapienia do temp. 100° C stwierdzono przy-

Tabela 3  
Stopień nasycenia próbek wapienia „Wełcz” roztworami polietylenu PA-520  
(impregnowanych przez zanurzenie)

| Stężenie<br>roztworów<br>w %     | Ciężar próbki w g                     |                              | Przyrost<br>ciężaru<br>w g | Stopień<br>nasycenia<br>czystą<br>żywicą |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
|                                  | przed<br>nasyceniem                   | po nasyceniu<br>i wysuszeniu |                            |                                          |
|                                  | Temperatura nagrzania próbek w 100° C |                              |                            |                                          |
| 1                                | 86,3966                               | 86,5145                      | 0,1179                     | 0,1                                      |
| 5                                | 90,6976                               | 91,3635                      | 0,6699                     | 0,7                                      |
| 10                               | 82,9125                               | 84,3590                      | 1,4465                     | 1,8                                      |
| 15                               | 82,7952                               | 84,6040                      | 1,9088                     | 2,2                                      |
| 20                               | 82,2708                               | 84,7082                      | 2,4374                     | 2,9                                      |
| Temperatura nagrzania próbek 50° |                                       |                              |                            |                                          |
| 1                                | 84,3681                               | 84,4713                      | 0,1032                     | 0,1                                      |
| 5                                | 83,0610                               | 83,0610                      | 0,2343                     | 0,2                                      |
| 10                               | 82,9135                               | 83,8667                      | 0,9532                     | 1,1                                      |
| 15                               | 79,6435                               | 80,7680                      | 1,1245                     | 1,3                                      |
| 20                               | 92,5762                               | 94,2085                      | 1,6323                     | 1,7                                      |
| Próbki nienagrzewane             |                                       |                              |                            |                                          |
| 1                                | 82,7761                               | 82,9195                      | 0,1434                     | 0,1                                      |
| 5                                | 80,4153                               | 81,1440                      | 0,7287                     | 0,9                                      |
| 10                               | 73,0362                               | 73,8053                      | 0,8691                     | 1,1                                      |
| 15                               | 86,9625                               | 88,2442                      | 1,2817                     | 1,4                                      |
| 20                               | 78,3742                               | 79,3455                      | 0,9713                     | 1,2                                      |

rost 2,2 i 2,9<sup>0</sup>/. Przekroje próbek nieogrzewanych wykazały również małą nasiąkliwość, gdyż tylko na zewnętrznych ściankach można było zaobserwować warstwę polietylenu. Przyrost ciężaru w tym wypadku nie wynika więc z pochłoniętego w głąb struktury impregnatu, ale raczej z ciężaru żywicy, która pozostała w postaci powłoki na powierzchni próbek. Na podstawie powyższych badań możemy wnioskować, że temperatura nagrzania tynku ma istotne znaczenie, gdyż wraz z jej wzrostem, rośnie ilość wchłoniętego impregnatu.

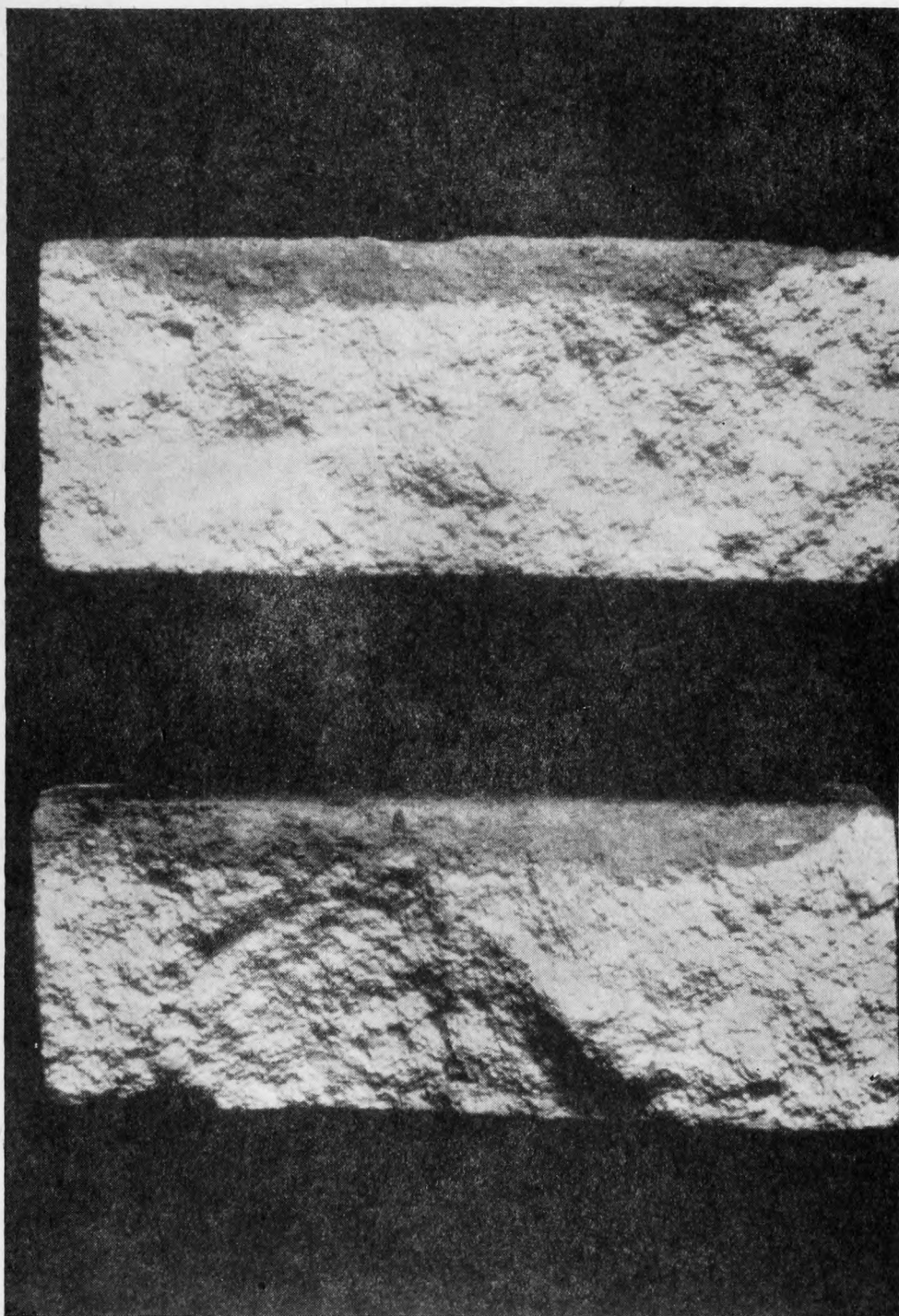
Przy nanoszeniu impregnatu pędzlem, do badań stosowano różnej wielkości i kształtu kawałki tynków polichromowanych oraz próbki wapienia „Wełcz”. Stosowano następujące stężenia roztworów: 1, 2, 5 i 10<sup>0</sup>/, oraz temperatury 50 i 100° C. Równocześnie prowadzono badania z próbkami nienagrzanymi. Wobec braku większej ilości kawałków tynku o jednako- wym rodzaju polichromii, doświadczenie przeprowadzono z każdym stężeniem tylko na jednej próbce.

Impregnat наносzono pędzlem od strony polichromii. W zależności od stężenia roztworu dwu- lub kilkakrotnie. Następny raz zawsze wtedy, kiedy powierzchniowa warstwa wniknęła w głąb. W celu uzyskania lepszej widoczności nanoszonego roztworu na próbki wapienia, zabarwiano go barwnikiem S dan IV, który część impregnowaną barwił na kolor czerwony (fot. 1). Po 24 godzinach próbki przepiłowano i mierzono głębokość wniknięcia. Pomiarów dokonywano z dokładnością do 1 mm. Uzyskane wyniki zestawione w tab. 4, wskazują na zmniejszanie się głębokości wnikania roztworów w miarę obniżania temperatury materiału, jak również w miarę wzrostu stężenia roztworów. Stwierdzono, że wnikanie roztworów polietylenu do próbek nienagrzanych daje negatywne rezultaty. Dobre wyniki otrzymano na próbkach nagrzanych do 50° C i 100° C. W przypadku nanoszenia 10<sup>0</sup>/ roztworu różnice w głębokości wnikania są nieznaczne i wynoszą: w tynkach polichromowanych 0,2 mm, w wapieniu „Wełcz” 0,3 mm.

Tabela 4  
Stopień nasycenia próbek polietylenem  
(impregnowanych przez pędzlowanie)

| Rodzaj próbki        | Temperatura w °C |          | Stężenie roztworów w %          |     |     |     |
|----------------------|------------------|----------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|                      | próbki           | roztworu | 1                               | 2   | 5   | 10  |
|                      |                  |          | średnia głębokość wnikania w mm |     |     |     |
| Tynki polichromowane | —                | 90       | —                               | —   | —   | —   |
|                      | 50               | 90       | 2,9                             | 2,4 | 2,0 | 1,9 |
|                      | 100              | 90       | 6,0                             | 5,9 | 4,0 | 2,1 |
| Wapień „Wełcz”       | —                | 90       | 1,5                             | 1,0 | —   | —   |
|                      | 50               | 90       | 3,0                             | 2,5 | 2,1 | 1,9 |
|                      | 100              | 90       | 6,5                             | 6,2 | 4,1 | 2,2 |





1. Przełom próbek wapienia „Wieliczka” impregnowanych polietylenem PA-520 przez pędzlowanie. Na próbkach widoczna głębokość wniknięcia impregnatu

W badaniach nad utwardzaniem malowideł przy pomocy polietylenu PA-520 podjęto próbę ogrzania malowideł przy pomocy promiennika podczerwieni.

Tynk polichromowany z fragmentem cegły pochodził z zamku krzyżackiego i był identyczny z tynkami używanymi do poprzednich doświadczeń. Źródło ciepła ustawiono w odległości 15 cm od obiektu. Od strony lica, do tynku przymocowano termometr, na którym odczytywano temperaturę powierzchni. W cegle na głębokości 1,5 cm od powierzchni, a 3 mm od tylnej strony tynku wywiercono głęboki otwór, w którym umieszczono drugi termometr do odczytywania temperatury odwrocia. W celu ochrony przed działaniem temperatury zewnętrznej osłonięto go od strony lica płytką azbestową. Odczytu temp. dokonywano co 15 minut przez okres 1 godz. (fot. 2).

Tabela 5  
Temperatura nagrzania tynku polichromowanego  
przy użyciu promiennika podczerwieni

| Nagrzewanie<br>(w minutach) | Temperatura w °C |          |
|-----------------------------|------------------|----------|
|                             | powierzchni      | odwrocia |
| 15                          | 98               | 45       |
| 30                          | 104              | 60       |
| 45                          | 110              | 69       |
| 60                          | 115              | 75       |

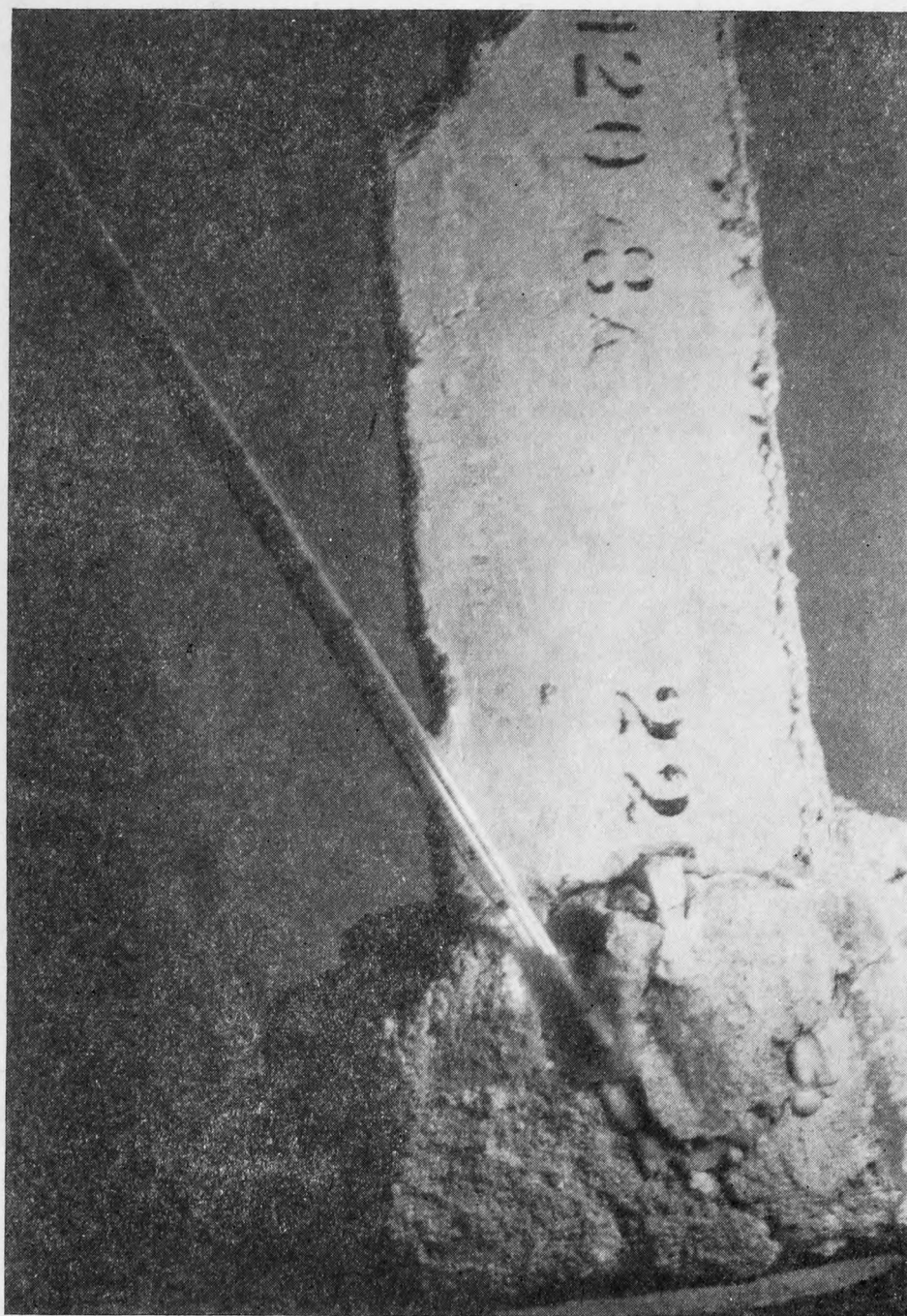
Na nagrany tynk nanoszono pędzlem roztwór impregnatu. Powierzchnię tynku podzielono na dwie części. Na górną naniesiono roztwór 10<sup>0</sup>%, na dolną 5<sup>0</sup>%. Podobnie jak w poprzednich próbkach, zabezpieczono je folią i pozostawiono tak przykryte przez 24 godziny. Kontrolę wnikięcia impregnatu badano jak poprzednio. Porównując wyniki otrzymane przez nagrzewanie powierzchni tynku polichromowanego w suszarce i przy pomocy promienników podczerwieni, możemy stwierdzić ich podobieństwo. W opisanym wyżej wypadku, roztwór 10<sup>0</sup>% przy temperaturze powierzchni próbki 98° C i odwrocia 45° C wniknął na głębokość 2,5 mm. W tych samych warunkach roztwór 5<sup>0</sup>% wniknął 4,5 mm.

Podobnie jak w poprzednich doświadczeniach stwierdzono, że obniżenie temperatury materiału impregnowanego zmniejsza ilość i głębokość wnikań impregnatu. Przy niedostatecznym nagrzaniu tynku polichromowanego powstają na powierzchni malowideł powłoki żywicy lub zabielenia.

#### 4. BADANIE WŁASNOŚCI PRÓBEK IMPREGNOWANYCH STRUKTURALNIE

Doświadczenia przeprowadzono na impregnowanych i nieimpregnowanych próbkach wapienia „Welcz”, które poddano badaniom na:





2. Kontrola wzrostu temperatury nagrzewania tynku w zależności od czasu ogrzewania promiennikiem podczerwieni

- a) nasiąkliwość przez zanurzenie w wodzie,
- b) nasiąkliwość wskutek działania „sztucznego deszczu”,
- c) porowatość otwartą.

Badania te wykonano w następujący sposób:

W pierwszym przypadku próbki wapienia impregnowano przez zanurzenie, jak w poprzednich doświadczeniach, używając 1, 5, 10, 15 i 20% roztworów PA-520. W wodzie wodociągowej o temp. 20°C zanurzano próbki impregnowane i nieimpregnowane. W określonych okresach czasu wyjmowano je, usuwając z ich powierzchni wodę przy pomocy wilgotnej gazy, i ważono.

Nasiąkliwość obliczano wg wzoru:

$$N = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \times 100,$$

gdzie:  $a_1$  = ciężar suchej próbki,

$a_2$  = ciężar próbki nasyconej wodą.

Wyniki doświadczenia zestawiono w tab. 6.

Tabela 6  
Nasiąkliwość próbek wodą

| Stężenie<br>roztworu<br>w g/100 ml. | Procentowy przyrost ciężaru próbek |        |         |         |         |          |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
|                                     | 2 min.                             | 5 min. | 10 min. | 15 min. | 1 godz. | 24 godz. |
|                                     | nagrzanych przed impregnacją       |        |         |         |         |          |
| —                                   | 15,3                               | 15,3   | 15,4    | 15,4    | 15,9    | 16,5     |
| 1                                   | 2,5                                | 12,5   | 14,9    | 16,0    | 16,2    | 16,5     |
| 5                                   | 0,07                               | —      | 0,1     | 0,1     | 1,0     | 12,0     |
| 10                                  | 0,05                               | 0,05   | 0,09    | 0,09    | 0,3     | 4,2      |
| 15                                  | 0,05                               | 0,05   | 0,05    | 0,07    | 0,2     | 2,5      |
| 20                                  | 0,04                               | 0,05   | 0,06    | 0,08    | 0,2     | 2,2      |
| nie nagrzewanych przed impregnacją  |                                    |        |         |         |         |          |
| —                                   | 15,2                               | 15,2   | 15,2    | 15,7    | 15,7    | 16,5     |
| 1                                   | 13,1                               | 14,5   | 14,5    | 14,6    | 14,6    | 15,2     |
| 5                                   | 0,5                                | 1,5    | 2,2     | 8,5     | 11,5    | 16,1     |
| 10                                  | 0,4                                | 1,1    | 2,3     | 8,6     | 11,1    | 15,6     |
| 15                                  | 0,2                                | 0,6    | 1,1     | 2,8     | 5,3     | 15,6     |
| 20                                  | 0,4                                | 1,0    | 1,8     | 2,5     | 4,8     | 13,9     |

W drugim przypadku badaniom poddano próbki impregnowane i nieimpregnowane, których spodnia część i boki zabezpieczone były parafiną. Próbki o łącznej powierzchni 450 cm<sup>2</sup>, ustawiono pod kątem 45° w stosunku do kierunku padania wypływającej wody z kranu zakończonego sitem

w kształcie rury o długości 15 cm i średnicy 5 cm. Urządzenie to zawierało w dwu rzędach około 50 otworów o średnicy 0,7—0,8 mm. Szybkość wypływu wody wynosiła 42 litry na godzinę.

Przez cały czas trwania doświadczeń powierzchnia próbek była poddana działaniu 210 litrów wody, co wynosi około 0,47 litra na cm<sup>2</sup> powierzchni. Po upływie określonego czasu wilgotną gazą usuwano z powierzchni wodę i określano przyrost ciężaru. Nasiąkliwość obliczano na podstawie podanego wzoru. Do badań wzięto po 3 próbki nieimpregnowane i impregnowane roztworami o znanych stężeniach. Wyniki zestawione w tab. 7 obrazują wartości średnie uzyskane z pomiarów.

Tabela 7  
Nasiąkliwość próbek wodą — przez działanie sztucznym deszczem

| Stężenie<br>roztworu<br>w g/100 ml | Procentowy przyrost ciężaru w czasie |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                    | 10 min.                              | 30 min. | 1 godz. | 2 godz. | 3 godz. | 4 godz. | 5 godz. |
|                                    | nagrzewanych przed impregnacją       |         |         |         |         |         |         |
| —                                  | 15,3                                 | 15,6    | 15,7    | 15,7    | 15,8    | 15,8    | 15,8    |
| 1                                  | 15,3                                 | 15,5    | 15,5    | 15,6    | 15,6    | 15,7    | 15,7    |
| 5                                  | 3,2                                  | 7,0     | 10,5    | 15,0    | 15,3    | 15,6    | 15,7    |
| 10                                 | 0,09                                 | 0,6     | 0,7     | 1,0     | 1,1     | 1,7     | 2,2     |
| 15                                 | 0,02                                 | 0,09    | 0,1     | 0,5     | 0,7     | 0,8     | 0,9     |
| 20                                 | 0,02                                 | 0,05    | 0,08    | 0,12    | 0,18    | 0,18    | 0,18    |
| nie ogrzewanych przed impregnacją  |                                      |         |         |         |         |         |         |
|                                    | 30 min.                              | 1 godz. | 2 godz. | 3 godz. |         |         |         |
| —                                  | 15,1                                 | 15,4    | 15,5    | 15,8    |         |         |         |
| 1                                  | 13,9                                 | 14,1    | 14,2    | 14,2    |         |         |         |
| 5                                  | 1,4                                  | 5,2     | 8,5     | 9,3     |         |         |         |
| 10                                 | 14,0                                 | 14,2    | 14,3    | 14,4    |         |         |         |
| 15                                 | 7,1                                  | 14,3    | 14,8    | 14,8    |         |         |         |
| 20                                 | 4,7                                  | 14,1    | 14,1    | 14,2    |         |         |         |

W trzecim przypadku do badań porowatości zastosowano alkohol propylowy. Porowatość otwartą obliczano wg wzoru:

$$P_o = \frac{a_2 - a_1}{v \cdot d},$$

gdzie:  $a_2$  = ciężar próbki nasyconej propanolem,

$a_1$  = ciężar suchej próbki,

$v$  = objętość próbki,

$d$  = gęstość propanolu.

Wszystkie pomiary wykonano w trzech powtórzeniach, a ich wyniki podano w procentach objętościowych. W tab. 8 uwidoczniono wyniki średnie.

Tabela 8  
Wpływ stężenia roztworów polietylenu na nasiąkliwość próbek propanolem  
i porowatość otwartą  
(próbki nie nagrzewane przed impregnacją polietylenem)

| Badania                    | Stężenie roztworu w % |      |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|
|                            | nieimpregn.           | 1    | 5    | 10   | 15   | 20   |
| PO*                        | 29,3                  | 27,6 | 24,6 | 24,2 | 24,1 | 22,4 |
| Nasiąkliwość<br>propanolem | 14,8                  | 14,3 | 12,5 | 12,2 | 12,2 | 11,2 |

\* PO — porowatość otwarta.

#### 5. WPŁYW ZAMRAŻANIA I ZMIAN TEMPERATUR NA WŁASNOŚCI WOSKU POLIETYLENOWEGO

Biorąc pod uwagę możliwość zmian polietylenu w różnych warunkach, sprawdzano jego odporność na działanie zmiennych temperatur. W tym celu szkiełka przedmiotowe pokryto roztworami polietylenu o takich samych stężeniach, jakie stosowano do poprzednich doświadczeń. Po wyschnięciu powłok, poddano je badaniom odpornościowym na mróz w zamrażarce w temperaturze  $-21^{\circ}\text{C}$ . Przez 8 godz. każdego dnia trzymano próbki na mrozie, a następnie odmrażano je w temp. pokojowej. Po 10 dniach wykonywania powyższych czynności żadna z próbek nie uległa zmianie.

#### 6. WPŁYW PROMIENI UV, WILGOTNOŚCI I DESZCZU NA IMPREGNOWANE POLIETYLENEM PRÓBKI TYNKU POLICHROMOWANEGO

Badając polietylen na starzenie, poddano go procesowi przyspieszonego działania podstawowych czynników atmosferycznych: promieni UV, wilgotności i deszczu. Doświadczenia przeprowadzano w aparacie Xenotest 150 system Cassella<sup>5</sup>. Aparat ten służy do badania przyspieszonego działania światła i warunków atmosferycznych na barwniki oraz na starzenie wszelkiego rodzaju materiałów. Źródłem promieni w aparacie Xenotest 150 jest promiennik Xe 1500, który w widocznym zasięgu (400—700) i w zasięgu widma UV (300—400 nm) zastępuje światło słoneczne. Jego palnik posiada określoną temperaturę (barwy) w granicach 5000—7000° K.

Próbki w Xenoteście znajdowały się na przemian w ciemności i w świetle. Ta zmiana charakteryzuje warunki panujące w ciągu dnia i nocy. Przeliczanie czasu działania światła na zmiany w poszczególnych materia-

<sup>5</sup> Badania prowadzono w Zakładzie Kolorystyki Instytutu Przemysłu Organicznego w Warszawie.

łach powstałe w Xenoteście w porównaniu z powstającymi w rzeczywistości — ilustruje tab. 9.

Tabela 9

Czas działania światła na zmiany w materiałach powstałe w Xenoteście w porównaniu z ilością czasu potrzebną do powstania zmian w rzeczywistości

| Lp. | Komora Xenotestu | odpowiada | wystawieniu na działanie warunków normalnych |
|-----|------------------|-----------|----------------------------------------------|
|     | ilość godzin     |           | ilość dób                                    |
| 1   | 1—2              | „         | 2—4                                          |
| 2   | 2—3              | „         | 8—12                                         |
| 3   | 3—4              | „         | 30—40                                        |
| 4   | 6—8              | „         | 70—100                                       |
| 5   | 15—20            | „         | 140—180                                      |
| 6   | 30—40            | „         | 240—280                                      |
| 7   | 80—100           | „         | 280—360                                      |
| 8   | 160—180          | „         | 500—600                                      |

Do badań użyto próbek tynku z warstwą malarską (czarną i czerwoną), które przygotowano na siatce drucianej o wymiarach 145×45 mm. Po nagraniu próbki impregnowano 5, 10 i 15% roztworami polietylenu przez nanoszenie pędzlem i suszono w temperaturze pokojowej przez kilka dni aż do zupełnego odparowania rozpuszczalnika. Następnie poddano je działaniu następujących czynników:

- a) wpływom promieni UV i wilgoci,
- 2) wpływom deszczu,
- 3) wpływom działania czynników biologicznych.

1) Doświadczenie prowadzono w komorze Xenotestu o wilgotności względnej powietrza 75% i temperaturze 30° C. Próbki przez pełne 4 doby skierowane były w kierunku lampy. Po 96 godzinach starzenia na próbkach impregnowanych nie zauważono żadnych zmian, podczas gdy na nieimpregnowanych, z czernią, widoczne były zszarzenia oraz spękania.

2) Badania przeprowadzono w komorze deszczowej, w której:

a) co 30 minut przez 5 minut próbki znajdowały się w warunkach deszczowych i co jeden obrót następowała zmiana położenia próbki o 180°. W tym czasie temperatura w komorze wynosiła 30° C;

b) w czasie obrotu, którego czas wynosił 30 min. próbki poddawane były przez 15 min. działaniu deszczu;

c) próbki przez cały czas skierowane były w kierunku deszczu i światła.

Wilgotność powietrza wynosiła 100%. Temperatura komory 35° C, deszcz był wtłaczany pod ciśnieniem. Próbki znajdowały się w Xenoteście przez 30 godzin. Po 15 godz. przebywania w deszczu i UV dwie próbki kontrolne miały powierzchnie spękane. Po 30 godzinach działania bezpo-

średniego deszczu, prawie wszystkie próbki kontrolne wykazywały silne spękania. Reszta próbek pozostała bez zmian.

3) Badania biologiczne objęły próbki impregnowane 5, 10 i 15% roztworem polietylenu, które poddane były w Xenoteście działaniu wilgoci i UV przez 96 godzin, bezpośredniego deszczu przez 3 godziny oraz próbki kontrolne z czarną i czerwoną warstwą malarską. Do badań stosowano po 4 próbki z każdym stężeniem polietylenu, z których dwie traktowano mieszaniną grzybów wyodrębnionych z temperowych malowideł ściennych, a dwie następne zestawem grzybowym wg normy do badań tworzyw sztucznych<sup>6</sup>. Następnie próbki umieszczono na bagietkach w szalkach Petriego i na dno w celu utrzymania ciągłej wilgoci wlewano wodę z gliceryną. Szalki z próbkami trzymano w termostacie w temperaturze 28° C. Po 5, 10, 20 i 30 dniach kontrolowano wzrost grzybów. Na próbkach kontrolnych, nieimpregnowanych, poddanych działaniu 5/30, 15/30 oraz 30 godzinom bezpośredniego działania deszczu już po 10 dniach zaczął pojawiać się obfity wzrost. Próbki po 96 godz. przebywania w podwyższonej wilgotności i UV, traktowane kompozycją składającą się z octanu fenylortęciowego i pięciochlorofenolanu cynku<sup>7</sup> i impregnowane polietylenem, po 30 dniach hodowli wykazały odporność na działanie mikrobiologicznych czynników (fot. 3).

## 7. OMÓWIENIE WYNIKÓW

### *a. Wpływ temperatury nagrzania tynku na głębokość wnikania impregnatu*

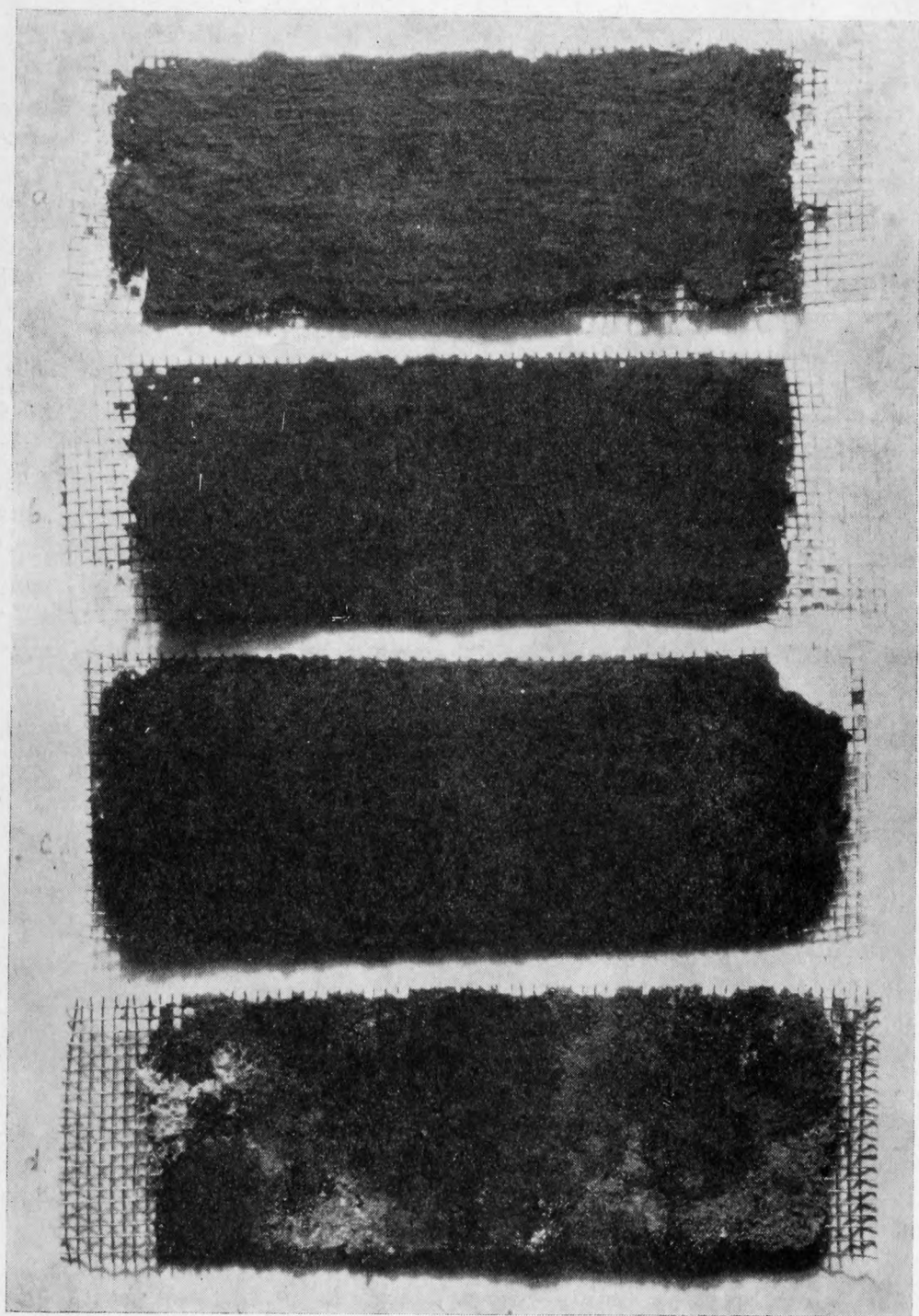
Badania, które prowadzono na nagrzewanych i nienagrzewanych próbkach wapienia „Welcz” wykazały, że temperatura ma decydujący wpływ na przebieg strukturalnego utwardzania roztworem polietylenu PA-520. Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że wraz z jej wzrostem rośnie szybkość przenikania roztworów w głąb materiałów. Mając powyższe na uwadze, należy stworzyć w impregnowanym obiekcie takie warunki, ażeby ciecz możliwie najgłębiej wniknęła do wnętrza struktury. W przypadku malowideł ściennych zabieg ten można wykonać jedynie przez nanoszenie roztworu pędzlem na powierzchnię polichromii. Głębokość wnikanía roztworu tym sposobem jest jednak ograniczona i uzależniona nie tylko od rodzaju roztworu, ale i struktury tynku. W najkorzystniejszych warunkach ogranicza się ona zaledwie do głębokości kilku

---

<sup>6</sup> E. Czerwińska, R. Kowalik, T. Wiśniewski, *Normalizacja — Odporność tworzyw sztucznych na działanie pleśni*, Polimery — Tworzywa wielkocząsteczkowe, 4/1963, s. 203.

<sup>7</sup> M. Roznerska, *Skuteczność działania środków toksycznych na mikroflorę niszczącą temperowe malowidła ścienne*, Materiały Zachodnio-Pomorskie, t. 14, 1968, s. 717.





3. Próbkki impregnowane polietylenem PA-520 poddane działaniu czynników biologicznych

*a* — próbkki impregnowane 5% PA-520, *b* — próbkki impregnowane 10% PA-520, *c* — próbkki impregnowane 15% PA-520, *d* — próbkka kontrolna nieimpregnowana

milimetrów. Wynika to stąd, że niewielka ilość cieczy wprowadzonej wypełnia pory powierzchniowe, a powtórne pokrywanie jest możliwe dopiero wówczas, gdy zostaną one opróżnione. Dalsze nanoszenie powoduje szybkie spływanie roztworu względnie tworzenie się powłoki na powierzchni, bowiem pory tynku znajdują się już w stanie nasycenia. Oswobodzenie porów powierzchniowych zachodzi wskutek kapilarnego przemieszczania się cieczy w głąb tynku lub ulatniania się rozpuszczalnika. Pierwszy wypadek jest możliwy wówczas, gdy wewnętrzne partie tynku mają temperaturę niższą niż nasycona warstewka powierzchniowa. W takim układzie, charakterystycznym dla kapilar częściowo wypełnionych, ciecz zwilżająca skierowuje się do partii o niższej temperaturze<sup>8</sup>.

Podobne zjawisko zachodzi przy stosowaniu polietylenu niskocząsteczkowego do utrwalania tynków polichromowanych, niemniej konieczne jest nagrzanie obiektu impregnowanego, a im wyższa jest temperatura, tym głębsze jest wnikanie roztworu.

*b. Wpływ stężenia roztworów polietylenu PA-520  
na nasiąkliwość próbek wodą i porowatość tynków*

Nasiąkliwość tynków wodą badano na próbkach nagrzewanych przed impregnacją polietylenu do 100° C i nienagrzewanych. Wyniki tych badań podano w tab. 6 i 7. Próbkę nieimpregnowaną osiągnęły po 2 minutach zanurzenia w wodzie 93,30% swej maksymalnej nasiąkliwości, natomiast nasiąkliwość impregnowanych próbek wapienia „Wełcz” w znacznym stopniu zmalała wskutek dobrych własności hydrofobowych polietylenu PA-520. Analizując wzrost nasiąkliwości próbek impregnowanych w zależności od czasu zanurzenia w wodzie i wskutek działania „sztucznego deszczu” stwierdzono, że najmniejszą odporność na przenikanie wody wykazały próbki impregnowane 10% roztworem polietylenu. Badając skuteczność hydrofobizacyjnego działania poszczególnych roztworów można wnioskować, że najbardziej racjonalne wyniki, odpowiadające stawianym warunkom, uzyskano stosując roztwory 10%. Po 24 godz. nasycenia wodą nasiąkliwość zmniejszyła się o 74,60% w porównaniu do próbek nieimpregnowanych. W odniesieniu do próbek nagrzewanych powyższe wyniki nasiąkliwości są identyczne zarówno przy zanurzaniu w wodzie, jak i wskutek działania „sztucznego deszczu”.

Nieco inaczej przedstawia się nasiąkliwość w próbkach nienagrzewanych. Występujący tu nierównomierny wzrost nasiąkliwości można wytłumaczyć w ten sposób, że wskutek powierzchniowej impregnacji w pierwszym okresie nasycenia (0—5 min.) następuje wypełnienie przez wodę otwartych porów na powierzchni próbek. W drugim okresie (5—15 min.) następuje powolne zwilżanie próbek. W ostatnim okresie (powyżej 15 min.) następuje, wskutek ciśnienia hydrostatycznego, przenikanie wody w głąb

---

<sup>8</sup> W. Domański, op. cit., s. 142.

próbek. Omawiane próbki uzyskały po 24 godzinach nasycania wodą prawie maksymalną nasiąkliwość.

Z przeprowadzonych badań wynika, że stężenie roztworu wywarło wpływ na nasiąkliwość jedynie w przypadku próbek nagrzewanych.

Z uwagi na to, że niska nasiąkliwość wodą może być wynikiem nie tylko własności hydrofobowych polietylenu, lecz uszczelnienia porów, określono również nasiąkliwość propanolem oraz porowatość otwartą próbek wapienia „Wełcz”. Wpływ stężenia roztworów na nasiąkliwość i porowatość podaje tab. 8. Zgodnie z uzyskanymi danymi można stwierdzić, że spadek porowatości wskutek impregnacji wynosi od 5,8 do 23,6% w porównaniu do próbek nieimpregnowanych. W granicach stężeń 5—15% próbki wskazują zbliżoną nasiąkliwość propanolem. Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że nasiąkliwość wodą impregnowanych próbek jest ściśle zależna od stężenia roztworów. Badania nasiąkliwości propanolem oraz porowatości otwartej potwierdzają, że zmniejszenie nasiąkliwości nie następuje wskutek uszczelniania porów, lecz dzięki hydrofobowym właściwościom polietylenu PA-520.

### *c. Własności impregnowanych tynków*

Prowadzone doświadczenia wykazały, że próbki tynku impregnowane roztworem polietylenu PA-520 są w wysokim stopniu uodpornione na działanie wody. Nasiąkliwość próbek uzależniona jest od sposobu nasycenia oraz od stężenia stosowanych roztworów, natomiast głębokość wnikania zależy od temperatury nagrzania tynku.

W związku z powyższym, stężenie roztworu wywarło wpływ na nasiąkliwość jedynie w stosunku do próbek nagrzewanych. Biorąc pod uwagę te zależności stwierdzono, że najbardziej racjonalne wyniki otrzymano stosując 10% roztwór polietylenu. Analiza porównawcza wyników wpływu stężenia roztworów na porowatość i nasiąkliwość propanolem wykazała, że w przypadku impregnacji roztworami 5—15% utrzymuje się na tym samym poziomie, który waha się w granicach 24,6—24,1% i nasiąkliwość propanolem 12,5—12,1%, co świadczy o niewielkiej rozpiętości wyników.

Pozytywne wyniki otrzymano poddając w Xenoteście próbki impregnowane polietylenem działaniu zmiennych warunków atmosferycznych, a także badając ich odporność na zmiany temperatur oraz atak mikroorganizmów. Ostateczne wyniki własności impregnowanych próbek umieszczono w tab. 10. Zawiera ona średnie wyniki wyrażone w procentach.

## 8. WNIOSKI

Badania nad skutecznością impregnacji strukturalnej tynków polichromowanych przeprowadzono za pomocą polietylenu PA-520. Doświadczenia wykonywano na próbkach wapienia „Wełcz” oraz na próbkach tynków

Tabela 10  
Wyniki nasiąkliwości próbek impregnowanych wodą i propanolem  
oraz porowatości otwartej  
(w %)

| Próbka nr | Stężenie roztworu | Porowatość otwarta | Spadek porowatości otwartej wskutek impregnacji | Nasiąkliwość wodą | Spadek nasiąkliwości wodą wskutek impregnacji | Nasiąkliwość propanolem | Spadek nasiąkliwości propanolem wskutek impregnacji |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1         | nieimpregnowana   | 29,3               | —                                               | 16,5              | —                                             | 14,8                    | —                                                   |
| 2         | 1                 | 27,6               | 5,8                                             | 16,5              | 0                                             | 14,3                    | 3,4                                                 |
| 3         | 5                 | 24,6               | 16,1                                            | 12,0              | 27,3                                          | 12,5                    | 15,5                                                |
| 4         | 10                | 24,2               | 17,4                                            | 4,2               | 74,6                                          | 12,2                    | 17,5                                                |
| 5         | 15                | 24,1               | 17,8                                            | 2,5               | 84,9                                          | 12,1                    | 18,2                                                |
| 6         | 20                | 22,4               | 23,6                                            | 2,2               | 86,7                                          | 11,2                    | 24,3                                                |

polichromowanych, wprowadzając roztwory polietylenu przez zanurzenie i pędzlowanie.

Odporność polietylenu PA-520 na starzenie sprawdzano w aparacie „Xenotest” 150. Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Tynki impregnowane polietylenem posiadają dobre własności hydrofobowe, dzięki którym uodpornione są na działanie warunków zewnętrznych. Polietylen niskocząsteczkowy nie uszczelnia porów i nie zmienia wyglądu polichromii.

2. Roztwory polietylenu PA-520 należy wprowadzić do tynku stosując odpowiedni sposób nasycania. Warunkami sprzyjającymi właściwej impregnacji jest nagrzanie powierzchni malowideł przed impregnacją i zabezpieczenie jej po impregnacji przed ulatnianiem się rozpuszczalnika.

3. Impregnowane żywicą polietylenową tynki odznaczają się odpornością na zmiany temperatur i działanie mikroorganizmów.

4. Impregnując zniszczone próbki tynków polichromowanych roztworami polietylenu PA-520 zaobserwowano znaczny wzrost ich odporności mechanicznej.

Polietylen niskocząsteczkowy jako materiał utwardzający strukturalnie tynki polichromowane wykazał na podstawie badań cały szereg dodatknych cech, w związku z czym badania nad tym zagadnieniem będą kontynuowane.

#### L I T E R A T U R A

1. Biliński R., *Ocena przydatności niektórych tworzyw winylowych do konserwacji zabytków*, Ochrona Zabytków, 14/1961, s. 81.

2. Bojarski J., Lindeman H., *Polietylen*, Warszawa 1963.
3. Czerwińska E., Kowalik R., Wiśniewski T., *Odporność tworzyw sztucznych na działanie pleśni*, Polimery-Tworzywa Wielkocząsteczkowe, 1963, s. 201—204.
4. Cichorzewska-Drabik M., *Polichromia w krużgankach klasztoru Bernardynów w Przeworsku*, Ochrona Zabytków, 4/1962, s. 71.
5. Denninger H., *Kunststoff dispersionen in Malerei und Restaurierung*, Maltechnik, 5/1960, s. 97.
6. Domaśowski W., *Własności żywic sztucznych*, Materiały Zachodnio-Pomorskie, 4/1960, s. 592.
7. Drażkowski H., Roznerska M., Kostynowicz R., *Prace konserwatorskie w katedrze kamieńskiej w latach 1962—1963*, Materiały Zachodnio-Pomorskie, t. 10, 1964, s. 417.
8. Dutkiewicz J. E., *Odkrycie i konserwacja malowideł ściennych w Olkuszu*, Ochrona Zabytków, 3/1964, s. 11.
9. Dąbrowski K., *Konserwacja polichromii warszawskich*, Ochrona Zabytków, 6/1953, s. 132.
10. Gettens R. J., Stout A. G. L., *Painting Materials*, [w:] *A short Encyklopaedia*, New York 1966, s. 74.
11. Gettens R. J., *Polimerized vinyl Acetate and Related Compounds in the Restoration of Objects of Art*, Technical Studies, 4/1935, s. 15—27.
12. Grzesikowa H., *Konserwacja malowideł ściennych w krużgankach klasztoru w Pyzdrach, pow. Września*, Ochrona Zabytków, 4/1962, s. 15.
13. Grzesikowa H., *Przenoszenie malowideł ściennych na podłoża zastępcze*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 225.
14. Hosemann R., *Was bietet die Kunststoffchemie dem Restaurator von Altertümern?* Ergänzungsbände des Berliner Jahrbuch für Von und Frühgeschichte, 1964, s. 112—123.
15. Ives H. E., Clark W. J., *The Use of Polimerized Vinyl Acetate as an Artists Medium*, Technical Studies, 4/1935, s. 36—41.
16. Jędrzejewska H., *Zagadnienia konserwacji malowideł ściennych z wykopalsk archeologicznych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 237.
17. Kostrow P. J., Sheinina E. G., *Restoration of Monumental Painting on Loess Plaster using Syntetic Resins*, Studies in Conservation, 6/1961, s. 90.
18. Lehmann H., *Kunststoffe als Impregnirungs und Bindemittel für künstlerische oder dekorativ Malereien*, Maltechnik-Resauo, 2/1972, s. 105.
19. Losos L., *Zaprawa ICOM- vo pouriti nowych hmot w restaratorska technologii*, Zprawy Pamatkowe Peće, 2/1962.
20. Medwecka Z., *Metody konserwacji malowideł ściennych*, Wiadomości konserwatorskie, 5/1958, s. 27.
21. Mora P., Urban G., Toracca G., *Nuovi supporti per alfreschi staccati*, Bollettino dell Istituto Centrale del Restauro, Roma 1964, s. 109.
22. Mora P., *Some observation on mural paintings*, Recent Advances in conservation — Contributions to the IIC Rome Conference, London-Butterworths 1961, s. 123—124.
23. Orthwein M., *O pracach konserwatorskich przy ostatnio odkrytych malowidłach ściennych w palacu wilanowskim*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 276.
24. Pawlikowski S., *Postępy wiedzy technicznej w ochronie zabytków*, Ochrona Zabytków, 2/1959, s. 82—87.
25. Philippot P., Mora P., *The conservation of wall paintings*, Museums and monuments, 11/1968, s. 169—189.

26. Prosnakowa O., *O pracach konserwatorskich przy odsłonięciu i zabezpieczeniu późnorenesansowego sgraffita pokrywającego fasady palacu z XVII w. w Działoszynie pow. Pajęczno*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 283.
27. Saechling H., Żebrowski W., *Tworzywa Sztuczne. Poradnik*, Warszawa 1967, s. 191, 211.
28. Słonecki M., *Konserwacja polichromii Jana Matejki w kościele Mariackim w Krakowie*, Ochrona Zabytków, 1/1954, s. 32—42.
29. Stout L., Gettens R. J., *Transport des fresques orientales sur le nouveaux supports*, Museion, Paris, t. 17, 1/1932.
30. Szuster-Gawłowska M., *Badania nad zachowaniem polioctanu winylu w konserwacji zabytkowych malowideł ściennych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 191.
31. Torracca G., Mora P., *Fissativa per pittura Murali*, Bolletino dell Istituto Centrale del Restauro, Roma 1965, s. 109.
32. Torracca G., *Synthetic materials used in the conservation of cultural property*, Museums and monuments, 11/1968, s. 305—341.
33. Turska E., *Chemiczne i fizyczne własności żywic syntetycznych z punktu widzenia ich przydatności konserwatorskiej*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 9/1964.
34. Werner A. E., *Consolidation of fragile objects*, Recent Advances in Conservation to the IIC Rome Conference, 1961, s. 127.
35. Werner A. E., *Neue Werkstoffe für konserwirungszwecke*, Maltechnik, 4/1969, s. 100.
36. Wolska E., *Konserwacja malowideł ściennych z XVI w. w prezbiterium katedry w Oliwie*, Ochrona Zabytków, 1/1964.
37. Wolniewicz Z., *Zestawienie materiałów i sposobów stosowanych przy konserwacji warstwy malarzkiej malowideł ściennych przez pracownię malarstwa PKZ w Toruniu i próba ich oceny*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 181.
38. Zalewski W., *Problemy konserwacji rusko-bizantyjskich fresków w kolegiacie Wiślickiej*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, 11/1965, s. 298.
39. Zelinger J., Ondracek R. i inni, *Prospevek k otážce konservace maleb a omítek dispersem sintetickich pryskryć*, Zprawy Památkowe Peče, 5—6/1958, s. 147.

Maria Roznerska

UNTERSUCHUNGEN ÜBER STRUKTURELLE FESTIGUNG  
DER WANDMALEREIEN  
MIT DEN POLYÄTHYLEN-LÖSUNGEN MIT NIEDRIGEN MOLEKULARGEWICHT

EINLEITENDE LABORVERSUCHE

(Zusammenfassung)

Die Wandmalereien werden infolge der Einwirkung der chemischen, physikalisch-chemischen und biologischen Faktoren zerstört. Es tritt in Erscheinung als Verpuderung der gemalten Schicht, als Haftigkeitsverlust der Schichten, ihr Abbröckeln von den Wänden und als Zerstörung der physischen Struktur der einzelnen Stoffkomponenten usw. vor.



Seit längerer Zeit werden Forschungen über die Anwendung verschiedener Stoffe und Konservierungsmethoden geführt, die eine Liquidation der erwähnten Faktoren bezwecken. Die zugängliche Literatur über den Denkmalschutz bringt jedoch keine Untersuchungsergebnisse über die strukturelle Imprägnierung der Wandmalereien. Es geht aber aus ihr hervor, daß für die Festigung der abbröckelnden Malereischicht am häufigsten Lösungen angewandt werden, die auf der Oberfläche eine Schutzschicht bilden, was vom Standpunkt der Denkmalschutzgrundsätze aus sich für den Erhaltungszustand der Wandmalereien als gefährlich erweisen kann.

Die Wandmalereien sollen auch in ihren tieferen Schichten gefestigt werden. Inden dieses als Voraussetzung angenommen wurde, hat man die Untersuchungen über die Möglichkeit der Anwendung der Lösungen des niedrigmolekulären Polyäthylens PA-520 für die strukturelle Erhärtung in Angriff genommen. Trotz vielfacher Erwähnung seiner Anwendungen in dem einschlägigen Schrifttum ist es bekannt, daß es bei der Erhärtung der Wandmalereien nicht verwendet wurde. Die Experimente wurden an den Versuchsstücken des Kalksteins „Wełcz“, sowie auf Verputzproben mit einer Temperafarbschicht durchgeführt; die Lösungen wurden entweder durch Eintauchen der gesamten Probe oder durch Auftragen mit dem Pinsel eingeführt. Es wurden folgende Untersuchungen der strukturell imprägnierten Proben durchgeführt:

- a) die Absorptionsfähigkeit bei dem Eintauchen ins Wasser,
- b) die Absorptionsfähigkeit bei der Einwirkung des künstlichen Regens,
- c) die offene Porosität,
- d) der Einfluß der Ultraviolettstrahlen, der Nässe und des Regens auf die mit Polyäthylen imprägnierten Proben des polychromierten Verputzes,
- e) der Einfluß der biologischen Faktoren auf die mit Polyäthylen imprägnierte Polychromie.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen lassen sich folgende Schlußfolgerungen aufstellen:

1) Die mit Polyäthylen imprägnierten Verputzflächen haben gute hydrofobe Eigenschaften, die sie gegen äußere Einflüsse widerstandsfähig machen. Das niedrigmolekuläre Polyäthylen dichtet die Poren nicht ab und verändert nicht das äußere Aussehen der Polychromie.

2) Die Lösungen des Polyäthylens PA-520 sind in den Verputz mit entsprechenden Sättigungsmethoden einzuführen. Die richtige Imprägnierung wird durch die Erwärmung der Oberfläche der Malerei davor und durch ihre Absicherung vor der Verdunstung des Lösmittels danach begünstigt.

3) Die mit dem Polyäthylenharz imprägnierten polychromierten Verputze zeichnen sich durch Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen und gegen die Einwirkung der Mikroorganismen aus.

4) Nach der Imprägnierung der bereits zerstörten polychromierten Verputzproben mit den Lösungen des Polyäthylens PA-520 wurde die Vergrößerung ihrer mechanischen Widerstandsfähigkeit festgestellt.

Die Untersuchungen über diese Fragen werden auch weiterhin fortgesetzt.