

Irena Jagielska

**Badania i konserwacja drewnianej tarczy
ze szczecińskiego Podzamcza**
**The study and conservation of a wooden shield
from Podzamcze in Szczecin**

The unique wooden shield was found during field archaeological excavations in Podzamcze area in Szczecin. Analyses of paint layers and X-ray photography were conducted before conservation. Very small pieces of wood made it possible to determine the species of wood, water contents and to make attempts at conservation. Impregnation was applied for a long time with solution of PEG, followed by slow drying in controlled RH of air. After conservation, an innovative reconstruction method was applied.

Keywords: wooden shield, paint layers, X-ray, PEG-method, controlled drying, reconstruction

Prace archeologiczne prowadzone wiosną 2000 roku przez E. Wilgockiego i A. Uciechowską-Gawron na terenie Podzamcza w Szczecinie dostarczyły interesujących danych na temat wczesnośredniowiecznych umocnień obronnych. W ich trakcie w jednej ze skrzyń wału znaleziono ponadto fragment drewnianej tarczy datowanej na koniec XII wieku (Uciechowska-Gawron 2003). Ewenementem było, że na leżącej kilkaset lat w mokrym środowisku tarczy zachowały się pozostałości warstw malarskich. Według prof. dr. hab. M. Głoska z Katedry Bronioznawstwa Instytutu Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego jest to znalezisko unikatowe w skali europejskiej.

Tarcza, przekazana do Działu Konserwacji Muzealiów Centralnego Muzeum Morskiego w Gdańsku w lecie 2000 roku, składała się z 9 deszczułek drewnianych długości od 33 do 80 cm i szerokości od 3 do 18 cm. Grubość deszczułek wahała się od 4 do 7,5 mm. Deszczułki wykonane były z miękkiego drewna liściastego. Na powierzchni drewna znajdowały się pozostałości warstw malarskich, obok których widoczne były resztki błota i piasku oraz kawałki roślin (ryc. 1). Niektóre części tarczy były wyraźnie zniekształcone wskutek długotrwałego leżenia w ziemi lub częściowego przesuszenia w okresie

od wydobycia z ziemi do dostarczenia do konserwacji. Oprócz drewna zachował się także fragment skóry (prawdopodobnie imacza) z czterema otworami.

W Dziale Konserwacji Muzealiów CMM wykonano część badań, konserwację oraz rekonstrukcję tarczy. Związany z tym duży stopień trudności wykonywanych prac wynikał z konieczności połączenia kilku skomplikowanych zadań, w tym:

- przeprowadzenia badań tarczy jak najmniej inwazyjnymi metodami ze względu na wartość obiektu,
- wzmocnienia struktury silnie zdegradowanego i przesączonego wodą drewna,
- stabilizacji wymiarowej drewnianych elementów tarczy,
- zachowania pozostałości warstw malarskich,
- zlikwidowania deformacji kilku części tarczy,
- konserwacji i umocowania w odpowiednim miejscu zniszczonego, skórzanego imacza,
- rekonstrukcji tarczy z zastosowaniem metod odwracalnych i bezpiecznych dla zakonserwowanego drewna.

Ze względu na unikatowy charakter obiektu, na próbki do badań przeznaczono tylko bardzo mały kawałek drewna. Tarczę umieszczono w pojemniku z wodą, aby nie uległa przesuszeniu, a przez to nieodwracalnemu zniszczeniu, tzn. pękaniu, kurczeniu i skręcaniu. Wykonano badania, niezbędne przy konserwacji nasączonego wodą drewna tarczy: pomiar wilgotności względnej i oznaczanie gatunku drewna.

W czasie osiemsetletniego przebywania w mokrej ziemi drewno tarczy uległo silnemu zniszczeniu. Najpierw uległy wymyciu z drewna składniki najłatwiej rozpuszczalne, a więc cukry, garbniki, barwniki, substancje pektynowe i hemicelulozy. Degradacja może doprowadzić do usunięcia 95% frakcji węglowodanów, podczas gdy prawie cała lignina pozostaje nienaruszona (Hoffmann 1981). Celuloza, główny składnik ściany komórkowej, uległa depolimeryzacji, a produkty rozpadu zostały stopniowo wymyte z drewna. Na jej miejsce weszła woda, która wypełniła komórki i sprawiła, że zdegradowane ściany komórkowe nie zapadały się, w wyniku czego obiekt nie stracił kształtu, ale był przesączony wodą jak gąbka. Pojedyncze elementy tarczy były tak miękkie, że trzeba było przenosić je na specjalnych rusztowaniach, aby nie uległy przełamaniu.

W celu dokładnego prześledzenia procesu starzenia się drewna i zaprojektowania procesów konserwatorskich należałoby zbadać skład chemiczny drewna i porównać go ze składem drewna świeżego (Wróblewska 1994). Ze względu na unikatowość i dużą wartość obiektu zrezygnowano z tych badań, które wymagałyby przeznaczenia na nie dużej próbki drewna. Wybrano mniej dokładną

miarę stopnia zniszczenia drewna, czyli określenie wilgotności względnej mierzonej zawartością wody w mokrej próbce. Do tego celu przeznaczono bardzo małą próbkę. Pomiar wilgotności polega na umieszczeniu zważonej próbki w naczynku wagowym i suszeniu w temperaturze $103 \pm 2^\circ\text{C}$ do stałej wagi (Rowell 1984) wg wzoru:

$$W_w = \frac{G_w - G_o}{G_w} \times 100\% = \frac{0,5388 \text{ g}}{0,6583 \text{ g}} \times 100\% = 81,8\%$$

gdzie: W_w – wilgotność względna (%); G_w – masa mokrej próbki (g); G_o – masa suchej próbki (g).

Wilgotność próbki była bardzo wysoka, co świadczy o bardzo dużym stopniu degradacji drewna. Aż 81,8% masy zabytkowej tarczy stanowiła woda, a tylko 18,2% sucha masa drewna (przeliczona wilgotność bezwzględna wynosiła 450%). Dla porównania, średnia wilgotność względna świeżego drewna powietrznie suchego wynosi 15% (Prosiński 1969).

W celu oznaczenia gatunku drewna pobrano kilkanaście cienkich skrawków z trzech kierunków anatomicznych: stycznego, promieniowego i wzdłużnego. Drewno było bardzo silnie zdegradowane i wymagało delikatnego, ręcznego skrawania. Odwadniano je w roztworach alkoholu o różnym stężeniu, następnie w mieszaninie alkoholu z ksylenem i wreszcie w samym ksylenie. Następnie skrawki drewna zatapiano w balsamie kanadyjskim.

Przeprowadzono obserwacje w świetle przechodzącym przy powiększeniach 100-400 \times (ryc. 2-5). Z badań mikroskopowych wynika, że jest to drewno rozpierchłonacznikowe. Na przekroju poprzecznym widoczne są naczynia pojedyncze i w grupach do 7. Na przekroju promieniowym widoczna perforacja drabinkowa. Na przekroju stycznym promienie jednorzędowe o wysokości do 23 komórek, które w niektórych miejscach tworzą skupiska zwane promieniami pozornymi. Na podstawie porównań z atlasem anatomicznym stwierdzono, że badane drewno to olcha (*Alnus sp.*) (Schweingruber 1978). Drewno świeżo ściętej olchy jest lekkie, miękkie, łupliwe, na powietrzu nietrwałe, w wodzie zaś bardzo trwałe (Krzysik 1970).

Następnym etapem było badanie warstw malarskich – cztery małe próbki poddano badaniom mikroskopowym w świetle ViS i metodą mikroskopii fluorescencyjnej UV. Mikroskopia fluorescencyjna jest precyzyjną metodą stosowaną w badaniach dzieł sztuki malarskiej (Rozłucka, Roznerska, Arszczyńska 2000). Badania przekrojów warstw malarskich wykazały obecność w próbce 4 (ryc. 6) czarnej warstwy malarskiej pochodzenia organicznego (2) wnikażącej w struktury drewna (1) warstwy bieli wapiennej (3) i warstwy cynobru (4).

W próbce 2 stwierdzono obecność takich samych warstw, a ponadto czerwień żelazową i aury pigment (ryc. 7). Powyższe analizy wykonała dr Zuzanna Rozłucka z Zakładu Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu.

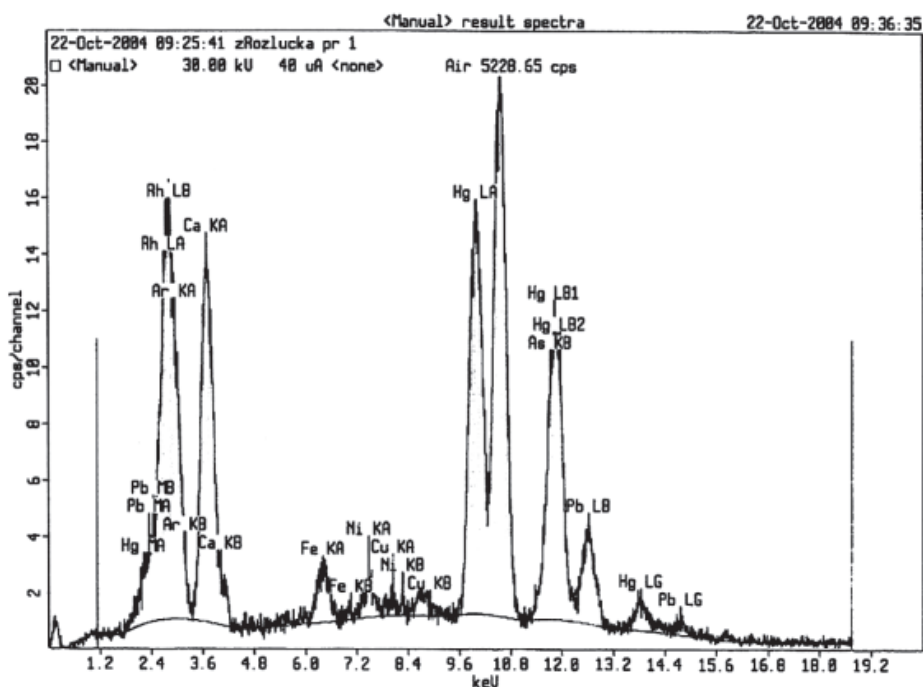
Analiza składu zastosowanych barwników metodą XRF (wykres 1) pozwoliła zidentyfikować w próbce: cynober HgS , czerwień żelazową Fe_2O_3 , aury pigment (żółta królewska) As_2S_3 , czerni pochodzenia organicznego, tłuste spoiwo olejne. Badania wykonał mgr Adam Cupa w Zakładzie Technologii i Technik Malarskich Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu. Zdjęcia RTG wykonał Bronisław Czechłowski z Nadmorskiego Centrum Medycznego w Gdańsku. Pięć zdjęć rentgenowskich obejmujących całą tarczę zostało zeskanowanych i ułożonych w kształt tarczy (ryc. 8). Pozwoliło to na dokładną obserwację ubytków w drewnie oraz na umiejscowienie prawdopodobnych otworów po mocowaniu skórzanego imacza.

Konserwacja tarczy

Pozostałości tarczy to materiał, który ze względu na swoją złożoność był bardzo trudny do konserwacji. Poszukiwania metod konserwacji tego typu

Wykres 1. Spektrogram rentgenowski XRF próbki po konserwacji (fot. A. Cupa)

Graph 1. XRF spectrogram of the sample after conservation (photo A. Cupa)



obiekty w Polsce i na świecie dały wynik ujemny. Niemal problem stanowiło miękkie drewno olchowe o dużym stopniu degradacji, które zawierało ponad 80% wody. Wprawdzie Dział Konserwacji Muzealiów CMM zajmuje się mokrym drewnem archeologicznym od ponad 30 lat, ale w swojej pracy nigdy nie miał obiektu o tak skomplikowanym składzie surowcowym. Dlatego postanowiono wykonać próby, które pozwoliłyby opracować optymalną metodę konserwacji mokrego drewna z warstwami malarskimi.

Rozpoczęto od zakonserwowania najmniejszego elementu stosowaną i sprawdzoną od 25 lat metodą liofilizacji (Jagielska 2004). Polega ona na impregnacji drewna 10% roztworem glikolu polietylenowego (PEG-u), zamrożeniu, a następnie poddaniu liofilizacji w aparaturze próżniowej. W opisywanym przypadku metoda nie zdała egzaminu. Mimo małego skurczu drewno po konserwacji łuszczyło się, a warstwa malarska w większości odpryskiwała. W czasie tych prób konserwatorskich mały element uległ przełamaniu.

Postanowiono wypróbować metodę impregnacji glikolem polietylenowym (PEG-iem). Z badań wilgotności wynikało, że impregnacja musi być przeprowadzona PEG-iem wysokocząsteczkowym (Hoffmann 1986). Wykonano próby z PEG-iem 4000 i 3000. W próbie metodą impregnacji w kąpeli w roztworze PEG-u 4000 o wzrastającym stężeniu 5-70% w temperaturze 60°C PEG wchodzi na miejsce wody, wzmacniając strukturę drewna. Mała próbka drewna tarczy impregnowana tą metodą wykazywała mały skurcz, ale farba uległa częściowemu zniszczeniu. Szczególnie wrażliwy na temperaturę był pigment żółty. Po wyjęciu próbki z roztworu trudno było usunąć warstwę szybko zastygającego roztworu PEG-u. Najbardziej efektywna okazała się metoda impregnacji w kąpeli w roztworze PEG-u 3000 o wzrastającym stężeniu 5-65% w temperaturze 48°C. Mała próbka konserwowana tą metodą wykazywała mały skurcz, a warstwa malarska wykazywała intensywną barwę i jednolitą strukturę. Nadmiar PEG-u był łatwy do usunięcia po wyjęciu z roztworu. Tę metodę wybrano do konserwacji tarczy. Po wykonaniu prób przystąpiono do właściwej konserwacji.

Po dokładnym oczyszczeniu obiektu z kawałków roślin, błota i piasku umieszczono go na dwóch poziomach w specjalnie skonstruowanej waniencie ze stali nierdzewnej, z uszczelnianą pokrywą i perforowaną, wyjmowalną półką. Do wanienki wprowadzono 5% roztwór PEG-u 3000 (ryc. 9). Wanienkę umieszczono w temperaturze 48°C w cieplarni firmy Binder, przystosowanej do pracy ciągłej. Przez osiem miesięcy impregnowano drewno tarczy w tej temperaturze, stopniowo podwyższając stężenie PEG-u 3000 od 5 do 65%. Zateżnianie roztworu odbywało się przez systematyczne dosypywanie nowych porcji PEG-u. Systematycznie kontrolowano również wagę elementów tarczy w czasie impregnacji, w celu określenia stopnia nasycenia polietylenoglikolem.

Po ośmiu miesiącach wyjęto tarczę z gęstego roztworu i przy pomocy cienkiej bibuły filtracyjnej usunięto nadmiar ciepłego roztworu PEG-u. Po impregnacji PEG-iem nastąpiło kontrolowane suszenie w specjalnie zbudowanej szklanej komorze (ryc. 10), z obniżaną wilgotnością z 95% wilgotności względnej (RH) powietrza do 50% RH. W komorze następowało bardzo powolne suszenie tarczy do stałej wilgotności równowagowej z otoczeniem. Kontrolowano ubytek wagi elementów do momentu ustalenia się stałej wagi w stałej wilgotności. W komorze przywracano kształt zdeformowanym elementom tarczy przez obciążenie każdego elementu kawałkiem szkła, a czasem dodatkowo ciężarkami.

Skórzany imacz, który odnaleziono razem z tarczą, również wykazywał duży stopień degradacji. Skóra leżąca kilka wieków w mokrej ziemi lub wodzie ulega powolnemu niszczeniu. Substancje wprowadzane w czasie produkcji lub używania skóry mogą być usuwane, a przetrwa jedynie siatka włókien. W warunkach mokrego środowiska cząstki wody mogą czasowo zastępować polarne powierzchnie w cząsteczce kolagenu i fizycznie utrzymywać włókna osobno (Suenson-Taylor, Sully 1996, 158). Imacz konserwowano przez powolne nasycanie roztworem gliceryny w kąpeli o stężeniu od 10 do stężenia 80% z dodatkiem biocydu przez okres 3 miesięcy. Nadmiar gliceryny usunięto przy pomocy warstw bibuły filtracyjnej. Do wzmacniania pękniętych miejsc użyto flizeliny, którą łączono ze skórą przy pomocy Bevy 371 (substancji stosowanej jako klej dublażowy). Suszenie imacza połączono z jednoczesnym formowaniem jego kształtu.

Rekonstrukcja tarczy

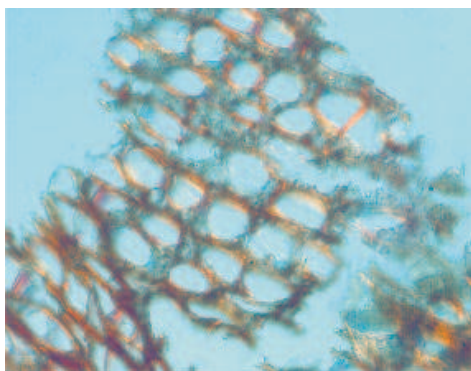
Prace nad rekonstrukcją tarczy rozpoczęto od ustalenia pierwotnego jej kształtu na podstawie rysunków części tarczy przed konserwacją i po konserwacji. Skurcz styczny po konserwacji wynosił 3,5%. Następnym krokiem była konsultacja z prof. M. Głoskiem na temat wymiarów i kształtu tarczy. Ponieważ nie ma dokładnych danych na temat łączenia elementów drewnianych, a wykonane badania nie wykazały obecności metalu bądź skóry łączących części tarczy, postanowiono zrekonstruować ją w sposób nowatorski.

Tarcza po procesie konserwatorskim, podczas którego nastąpiła wymiana blisko 80% wody na polietylenoglikol, składa się głównie z tego polimeru, dopiero dalsze miejsce zajmuje substancja drzewna i substancje barwne (ryc. 11). Stąd połączenie tarczy z poliwęglanem – również polimerem – wydało się pomysłem uzasadnionym. Postanowiono przymocować każdy element tarczy do płyty poliwęglanowej niewielkimi, mało widocznymi drucikami, z jednym końcem wtopionym w poliwęglan, drugim zagiętym na drewnie. Ponieważ tarcza uległa skurczowi podczas konserwacji, przewidziano

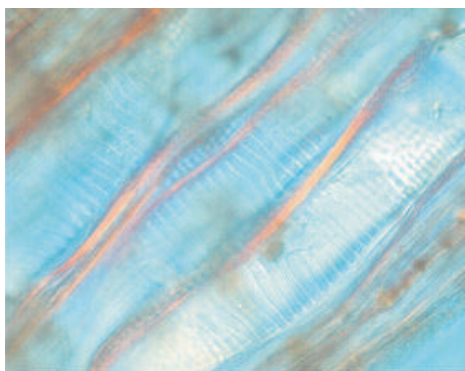
dwie płyty z poliwęglanu. Na pierwszej, grubości 3 mm, przymocowano zakonserwowane elementy tarczy, które tworzą kształt mniejszy od pierwotnego o skurcz pojawiający się po konserwacji. Z tyłu tej płyty umieszczono drugą płytę z poliwęglanu (grubości 6 mm) o pierwotnym kształcie tarczy (ryc. 12). Obydwie płyty zostały połączone prętami z poliwęglanu, tak aby umożliwić umieszczenie między nimi imacza. Płyty umieszczono na specjalnym rusztowaniu, które może mieć formę wiszącą lub stojącą, w zależności od rodzaju ekspozycji.



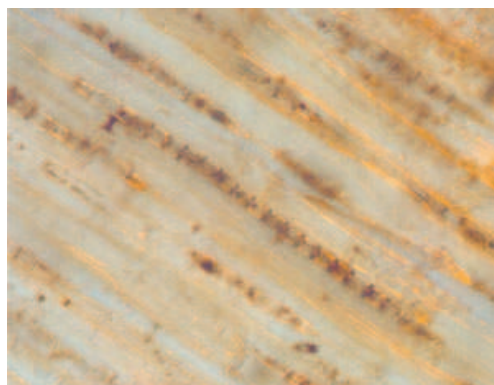
Ryc. 1. Tarcza przed konserwacją (fot. E. Meksiak)
Fig. 1. Shield before conservation (photo E. Meksiak)



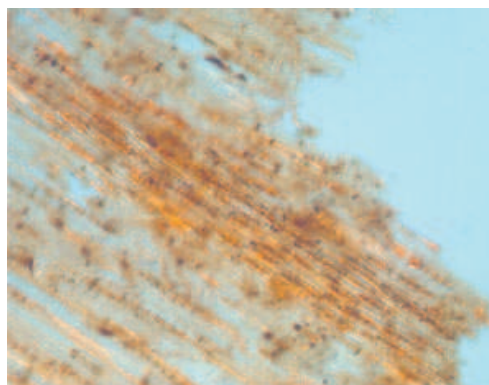
Ryc. 2. Zdjęcie mikroskopowe drewna –
przekrój poprzeczny (fot. B. Urban-Malinga)
Fig. 2. Microscopic photograph of the wood –
transversal section (photo B. Urban-Malinga)



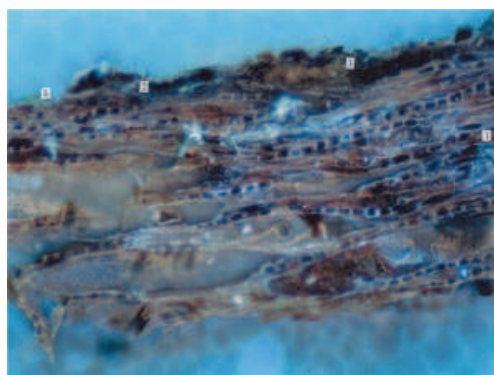
Ryc. 3. Zdjęcie mikroskopowe drewna –
przekrój promieniowy (fot. B. Urban-Malinga)
Fig. 3. Microscopic photograph of the wood –
radial section (photo B. Urban-Malinga)



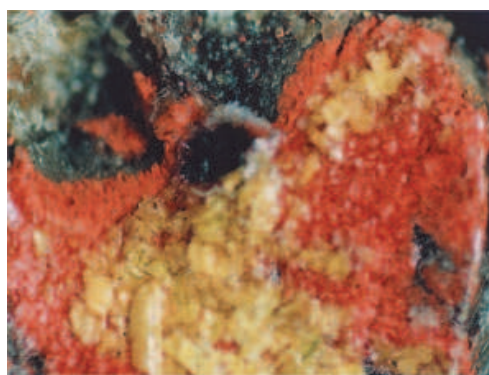
Ryc. 4. Zdjęcie mikroskopowe drewna – przekrój styczny (fot. B. Urban-Malinga)
 Fig. 4. Microscopic photograph of the wood – tangential section (photo B. Urban-Malinga)



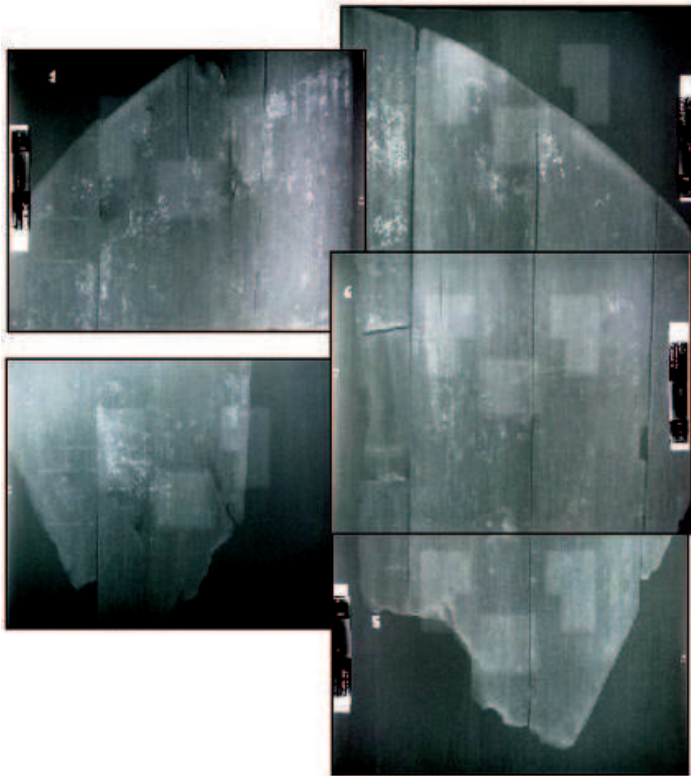
Ryc. 5. Zdjęcie mikroskopowe drewna – przekrój styczny (fot. B. Urban-Malinga)
 Fig. 5. Microscopic photograph of the wood – tangential section (photo B. Urban-Malinga)



Ryc. 6. Przekrój poprzeczny próbki 4 w promieniach UV $\times 80$ (fot. Z. Rozłucka)
 Fig. 6. Transversal section of sample 4 in UV $\times 80$ rays (photo Z. Rozłucka)



Ryc. 7. Powierzchnia próbki 2 w świetle ViS $\times 200$ (fot. Z. Rozłucka)
 Fig. 7. Surface of sample 2 in ViS $\times 200$ light (photo Z. Rozłucka)



Ryc. 8. Zdjęcia rentgenowskie tarczy (oprac. G. Jagielski)
 Fig. 8. X-ray photograph of the shield (by G. Jagielski)



Ryc. 9. Części tarczy w roztworze konserwującym (fot. I. Jagielska)
 Fig. 9. Parts of the shield in conservation solution (photo I. Jagielska)



Ryc. 10. Części tarczy w czasie suszenia (fot. I. Jagielska)
 Fig. 10. Parts of the shield during drying (photo I. Jagielska)



Ryc. 11. Porównanie części tarczy przed (a) i po konserwacji (b) (fot. I. Jagielska)
Fig. 11. Comparison of the shield parts before (a) and after (b) conservation (photo I. Jagielska)



Ryc. 12. Tarcza po konserwacji i rekonstrukcji (fot. E. Meksiak)
Fig. 12. The shield after conservation and reconstruction (photo E. Meksiak)

LITERATURA

Hoffmann P.

- 1981 *Chemical wood analysis as a means of characterizing archaeological wood*, (w:) *Proceedings of the ICOM Waterlogged Wood Working Conference*, red. D.W. Grattan, Ottawa, 73-83.
- 1986 *On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. II. Designing a two-step treatment for multi-quality timbers*, „*Studies in conservation*” 31, 103-113.

Jagielska I.

- 2004 *Zastosowanie liofilizacji do konserwacji mokrego, archeologicznego drewna*, (w:) *Ochrona Drewna – XXII Sympozjum*, Warszawa, 69-74.

Krzysik F.

- 1970 *Nauka o drewnie*, Warszawa.

Prosiński S.

- 1969 *Chemia drewna*, Warszawa.

Rowell R.

- 1984 *The chemistry of solid wood*, „*Advances in chemistry*”, Washington D.C.

Rozłucka Z., Roznerska M., Arszyńska J.

- 2000 *Mikroskopia fluorescencyjna. Zastosowanie w badaniu budowy i procesów konserwacji malarstwa sztalugowego*, Toruń.

Schweingruber F.H.

- 1978 *Microscopic wood anatomy*, red. A.G. Zucher, Zug, 74-76.

Suenson-Taylor K., Sully D.

- 1996 *The use score to determine glycerol concentration in the treatment of waterlogged archaeological leather. An empirical solution*, (w:) *Proceedings of the 6th ICOM Group on Wet Organic Archeological Materials Conference*, red. P. Hoffmann, J.A. Spriggs, York, 157-170.

Uciechowska-Gawron A.

- 2003 *Obwałowania wczesnośredniowiecznego podgrodzia w Szczecinie w badaniach Pracowni Archeologicznej Zamku Książąt Pomorskich*, (w:) *XIII Sesja Pomorzoznawcza*, vol. 2, red. H. Paner, M. Fudziński, Gdańsk, 179-191.

Wróblewska H.

- 1994 *Z badań nad składem chemicznym drewna wykopaliskowego*, „*Prace Instytutu Technologii drewna*” 38/1(2), 29-37.

**The study and conservation of a wooden shield
from Podzamcze in Szczecin
Summary**

The introduction describes the state of preservation of a unique shield after it was extracted in the year 2000 in Podzamcze area in Szczecin. Then, analyses that were necessary before the conservation process of the shield's wood are presented: identification of the species of wood and absolute humidity measurement. The next stage are analyses of paint layers with the UV fluorescence microscopy method, composition analysis by means of the XRF method and the X-ray analyses. In the next part, the author discusses thoroughly the process of impregnation in a heated solution of polyethylene glycol (PEG) and drying in a special chamber with controlled air humidity. Also, the conservation process of a leather shield-grip is described. In the final part, an innovative shield reconstruction method is presented.