

# Potasowe szkła popiołowe z XIV–XVII w. w praktyce konserwatorsko-restauratorskiej na wybranych przykładach z Pracowni Konserwacji i Restauracji Szkła ASP im. E. Gepperta we Wrocławiu

**MGR NATALIA MOSZAK, DR KATARZYNA WANTUCH-JARKIEWICZ**

PRACOWNIA KONSERWACJI I RESTAURACJI SZKŁA ORAZ PRACOWNIA KOPII DETALU SZKLANEGO, WYDZIAŁ CERAMIKI I SZKŁA, AKADEMIA SZTUK PIĘKNYCH IM. E. GEPPERTA WE WROCŁAWIU

## Wstęp

W artykule zaprezentowane zostały krótkie relacje z projektów konserwatorskich, restauratorskich przeprowadzonych w Pracowni Konserwacji i Restauracji Szkła wrocławskiej ASP. Dotyczą one szkieł naczyniowych, pochodzących z wykopalisk archeologicznych, średniowiecznych oraz nowożytnych, z obszarów stanowiących w XIV–XVII w. ziemie Królestwa Czeskiego, tj. z historycznych regionów Czech, Moraw i Śląska. Naczynia prezentowane są na wystawie stałej w Muzeum Regionalnym w Nysie oraz należą do szkieł odnalezionych we Wrocławiu na Ostrowie Tumskim w obrębie parceli przy ul. św. Marcina 12. Łączy je podobny rodzaj szkła, technologia produkcji i przypuszczalnie lokalne pochodzenie. Przyjmuje się, iż technologię wyrobu szkieł naczyniowych potasowo-wapniowo-krzemianowych zawdzięczamy Czechom, choć migracje rzemieślników z Niemiec nie były w tamtych czasach rzadkością. W odniesieniu do Śląska, najwcześniejsze źródła pisane dotyczące wytwórstwa szklanego na szerszą skalę i traktujące o tzw. szkle gospodarczym, pochodzą z początku XIV w. Jak podaje Jadwiga Biskont (2005) – rejestr biskupstwa wrocławskiego z około 1305 r. wymienia takie ośrodki hutnicze, jak Szklary i Szklarska Poręba. Ponadto, Wojciech

**mgr Natalia Moszak**



Ukończyła Akademię Sztuk Pięknych im. E. Gepperta we Wrocławiu (Malarstwo – 2009, Restaurację i Rekonstrukcję Ceramiki i Szkła – 2014, Sztukę i Wzornictwo Szkła – 2017), studia w ramach programu stypendialnego Erasmus na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugalia (2012) oraz organizowany przez International Academic Projects kurs pt. *Conservation of Glass Objects* (2015). Pracuje na wrocławskiej ASP jako asystent w Pracowni Konserwacji i Restauracji Szkła oraz w Pracowni Kopii Detalu Szklanego, a także w zespołach przy licznych pracach konserwatorskich obrazów, rzeźby polichromowanej oraz szkła.  
e-mail: n.moszak@asp.wroc.pl

**dr Katarzyna Wantuch-Jarkiewicz**



Absolwentka i pracownik Wydziału Sztuk Pięknych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (1994–2013), gdzie zajmowała się działalnością naukową, dydaktyczną i artystyczną, zdobywając wiedzę

i doświadczenie dotyczące konserwacji i restauracji dzieł sztuki z dziedziny malarstwa, rzeźby polichromowanej, metalu oraz szkła. Ukończyła organizowany przez International Academic Projects kurs pt. *Conservation of Glass Objects* (2013). W 2013 r. założyła i prowadzi do dziś Pracownię Konserwacji i Restauracji Szkła oraz Kopii Detalu Szklanego na ASP im. E. Gepperta we Wrocławiu na Wydziale Ceramiki i Szkła, gdzie zajmuje się konserwacją i restauracją szkła, malarstwa na szkle, elementów drewnianych i metalowych w tym rekonstrukcją szkła na okazach sztuki dawnej i nowoczesnej ze zbiorów muzealnych i prywatnych. Współpracuje z muzeami i instytucjami kultury oraz ośrodkami akademickimi w Polsce i za granicą.  
e-mail: k.wantuchjarkiewicz@asp.wroc.pl

## STRESZCZENIE

Zabytki szklane stanowią znaczną część wielu kolekcji muzealnych oraz prywatnych. Są wśród nich szkła sodowe oraz potasowe o tak zwanej recepturze popiołowej. Popioły roślinne były podstawowym źródłem alkaliów podczas wytopu szkła w hutach, na terenach obecnych ziem polskich do XIX w., co miało wpływ na ograniczenie importu półsurowców szklanych oraz naczyń. Huty, czy też bardziej precyzyjnie, centra przetwórcze, zlokalizowane były w ważnych ośrodkach (m.in. Wrocław, Międzyrzecz), nad rzekami oraz w pobliżu większych kompleksów leśnych. Najstarsze zabytki szklane z potasowych szkieł popiołowych, pochodzące z terenów dzisiejszej Polski, datuje się na IX–X w. Są to zazwyczaj ułamki naczyń znalezionych podczas wykopalisk archeologicznych.

Artykuł zawiera charakterystykę tego typu szkieł, obejmującą skład chemiczny oraz surowcowy. Celem prac konserwatorskich i restauratorskich takich przedmiotów jest, oprócz zahamowania procesów destrukcyjnych, przywrócenie im walorów ekspozycyjnych. Ze względu na niejednokrotnie zły stan powierzchni, zaawansowane procesy korozyjne oraz fragmentaryzację naczyń, konieczne jest opracowanie właściwej metodyki postępowania, co często wiąże się z zaprojektowaniem odpowiednich rozwiązań o charakterze estetycznym. W niniejszym artykule zasygnalizowano także sposoby produkcji szkła w dawnej Polsce oraz lokalizację hut leśnych. Omówiono również problematykę konserwatorską i restauratorską tej grupy zabytków na przykładach obiektów poddanych takim zabiegom w Katedrze Konserwacji i Restauracji Ceramiki i Szkła ASP we Wrocławiu.

## SUMMARY

**Mid 14–17<sup>th</sup> Century potassium ash recipe glasses in conservation and restoration practice based on examples from the E. Geppert Academy of Fine Arts in Wrocław**

Glass artefacts constitute a significant part of many collections. In addition to sodium glass, we also find the so-called ash recipe ones. Plant ashes were the basic source of alkali during glass melting in glasshouses at the territory of Poland until the 19<sup>th</sup> century and allowed to reduce the import of semi-raw materials and vessels. They were located in important centers or by the rivers and larger forest complexes. The oldest artefacts of this type within current borders of Poland date back to the 9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> centuries. They are often fragments of vessels and come mostly from archaeological excavations. The article deals with the characteristics of this type of glass, including chemical and raw materials composition. The purpose of conservation and restoration works is, in addition to stopping destructive processes, also to restore their exhibition values. Due to often poor condition of the surface, advanced corrosion processes and fragmentation of vessels, it is necessary to develop the appropriate methodology, which is often associated with the design of right solutions that are marked by aesthetic character. Production methods, the location of forest glasshouses is also discussed shortly as well as the conservation and restoration issues. The examples were subjected to conservation and restoration treatment at the Conservation and Restoration of Glass Studio in the Academy of Fine Arts in Wrocław.

## SŁOWA KLUCZOWE

potasowe szkło popiołowe, konserwacja i restauracja szkła, badania nad szkłem średniowiecznym, nowożytnym

## KEYWORDS

ash recipe glass, conservation and restoration of glass, medieval, post-medieval glass studies

Gluziński (1966) wymienia 32 ośrodki hutnicze funkcjonujące na Śląsku już w 2. połowie XIII w., m.in. w Ildzikowie, Długopolu Górnym, Różance, Poniatowie, Międzygórzu, Marcinkowie.

Artykuł przedstawia aspekty warsztatu konserwatora – restauratora szkła na konkretnych przykładach, dlatego nie rozwija szeroko reprezentowanej w literaturze polskiej i zagranicznej tematyki tzw. „hut leśnych” i związanych z nimi technologii wytwórstwa szkła typu potasowo-wapniowo-krzemianowego. Tematy te, z uwagi na rozpiętość zagadnienia, zostały tu jedynie zasygnalizowane.

Potasowe szkła o recepturze popiołowej są przedmiotem interdyscyplinarnych badań w dziedzinach: archeologii, historii, technologii oraz konserwacji. Temat ten podejmowany był już przez szerokie grono naukowców, a liczne publikacje oraz poruszane w nich zagadnienia ukazały jego złożoność. Znajomość wspomnianych badań jest kluczowa w kwestii zrozumienia zmiennej natury omawianego zagadnienia. Spośród wielu autorów prac można wymienić zarówno polskich (np. Wyrobisz 1966, 1968; Soldenhoff 1991; Mucha 1996; Markiewicz 2014; Sawicka 2015; Kunicki-Goldfinger, Kierzek, Małozewska-Bućko, Dzierżanowski 2018; Michałek 2018), jak i zagranicznych (np. Stern, Gerber 2004; Smedley, Jackson, 2006; Vilarigues, Silva 2006; Meek, Henderson, Evans 2009, 2012; Silvestri, Longinelli, Molin 2010). Opisane kwestie dotyczą szkła produkowanego głównie od XI do XVIII w., na terenach północnej i środkowej Europy, w tym także w Polsce.

### Szkło potasowe o recepturze popiołowej

Badania składu chemicznego zabytkowych obiektów szklanych na stałe weszły do standardów kompleksowej analizy materiałoznawczej, poznawczej, niejako obowiązkowej w procedurze pracy konserwatora i restauratora dzieł sztuki. Dziś są podstawą identyfikacji wyrobów z tzw. potasowego szkła popiołowego. Jak wskazuje jego nazwa w składzie surowcowym zawiera popiół roślinny lub/i uzyskiwany z niego potaż, jako źródła alkaliów. Prawdopodobnie pierwszy wspominał o tej recepturze Teofil Prezbiter w traktacie datowanym na początek XII w. [1] Zmiana topników, której dokonano w okresie od VIII do IX w., przyczyniła się do rozwoju produkcji szklarskiej na terenach Europy Środkowej i Północnej od XI do XV w. [2]

### O popiołach pozyskiwanych z drzew gatunków rodzimych

Najpopularniejszą rośliną wykorzystywaną przez szklarzy głównie w Europie Centralnej był buk, z niego też uzyskiwano potaż. Dodatkowo stosowano popioły dębu, jesionu, jaworu, klonu, brzozy lub paproci [3]. W granicach obecnych ziem polskich pracownie przetwórcze działały początkowo w ważnych ówczesnie ośrodkach, np. na Wolinie oraz w obrębie lewobrzeżnego Wrocławia, gdzie znaleziono piec kopułowy z 1. połowy XIII w., mogący służyć do topienia zestawu szklarskiego [2]. Od 2. połowy XIII w. nastąpiła koncentracja produkcji na terenach leśnych. Podstawowe znaczenie dla lokalizacji miała odpowiednia baza surowcowa [4]. Stanowiły ją przede wszystkim złoża piasków kwarcowych oraz drewno. Lasy eksploatowano do czasu wyczerpania zasobów, po czym huty przenoszono w kolejne, najczęściej pobliskie miejsca. W związku z tym, że dawna produkcja szklarska powodowała całkowitą zmianę drzewostanu w okolicy [4], prowadząc badania współcześnie, należało zwrócić uwagę na potencjał biologiczny danego terenu oraz związaną z nim, prawdopodobną różnorodność gatunkową roślin w przeszłości. Podstawową rolę w lokalizacji hut na określonym obszarze odgrywały bowiem naturalne zasoby wykorzystywane przez szklarzy.

### O determinantach geochemicznych

Stosowanie popiołów wyżej wymienionych roślin ma odzwierciedlenie w badaniu jakościowym oraz ilościowym składu chemicznego produkowanego szkła. Jak wykazały analizy, istotny wpływ na jakość

szkła ma zarówno część rośliny, która została użyta do produkcji popiołu, geochemiczny charakter gleby, na której rośla oraz środowisko [6]. Zaawansowane analizy polegające na określaniu stosunku izotopów pierwiastków obecnych w szkłe – strontu ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) oraz neodymu ( $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ), pozwalają na potwierdzenie proveniencji oraz datowania danego przedmiotu szklanego [7]. W przypadku strontu stosunek ten zależy od kompozycji oraz wieku geologicznego skały źródłowej, w której był zawarty, ponieważ pierwiastek ten trafił do roślin z ziemi, będąc odbiciem danego obszaru geologicznego. Neodym również rejestrowano w minerałach oraz w piasku. Badania z użyciem izotopów obu pierwiastków mają szczególne zastosowanie w przypadku potasowych szkieł popiołowych, gdyż do ich produkcji, co zaznaczono powyżej, używano surowców o lokalnym pochodzeniu [8].

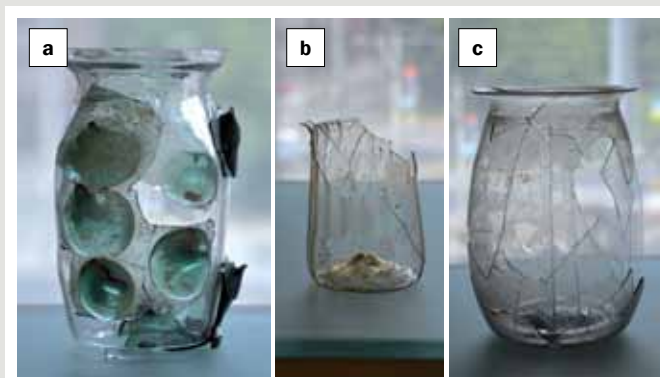
### O zestawach szklarskich

Do podstawowych związków chemicznych wchodzących w skład potasowego szkła popiołowego należą:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Stern oraz Gerber (2004) przeprowadzili badania szkieł popiołowych także pod względem mineralogicznym i opisali trzy ich podstawowe składniki, tj. piasek kwarcowy, popiół drzewny oraz potaż. Ten ostatni dodawany był do zestawu, jeśli używano popiołu o niskiej zawartości potasu. Dodatek popiołów będących źródłem alkaliów pozwalał bowiem na obniżenie temperatury topienia krzemionki. Miał też zasadniczy wpływ na skład chemiczny szkieł, będąc źródłem ich chemicznej różnorodności. Wyróżniono w nim następujące związki chemiczne:  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$  oraz  $\text{BaO}$ . Wchodziły one w skład kalcytu ( $\text{CaCO}_3$ ), ale również potażu ( $\text{K}_2\text{CO}_3 \times 1,5 \text{H}_2\text{O}$ ), niekiedy także wodorotlenku wapnia  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Stern oraz Gerber wskazali, iż świeży popiół oraz potaż były mocno hydrofilne. Do utraty wody dochodziło podczas ogrzewania składników zestawu w temperaturze około  $750^\circ\text{C}$ . Wraz z wodą, w trakcie podnoszenia temperatury w piecu, uwalniał się dwutlenek węgla, który nie tylko powodował zmiany na poziomie mineralogicznym, ale był także powodem bąblowania masy zestawu podczas stapiania. W związku z tym w hutach leśnych praktykowano dwuetapowy proces wytopu. Świadczą o tym liczne znaleziska archeologiczne, stanowiące odpady poszczególnych etapów produkcji. W pierwszym z nich powstawała tzw. fryta. Był to zestaw szklarski podgrzany do temperatury około  $750\text{--}800^\circ\text{C}$ , następnie przestudzony i ponownie rozarty na proszek. W drugim etapie następowało właściwe stapianie fryty i formowanie wyrobów. Niekiedy w pierwszym wytopie uzyskiwano tzw. spiek charakteryzujący się dużą ilością niedotopionych ziaren kwarcu oraz obecnością licznych pęcherzy gazowych. Następnie, po oczyszczeniu spieku i jego ponownym przetopieniu otrzymywano frytę [2].

### Wyniki analiz chemicznych

Jak już wspomniano, popiół charakteryzował się zmiennym udziałem poszczególnych związków chemicznych w składzie, w zależności od rodzaju podłoża, na którym rośla, z której popiół zastosowano. Jak można przypuszczać, wysoki poziom tlenu wapnia wykazywały popioły buków rosnących na wapieniach. Natomiast jego niską koncentrację obserwowano w popiołach buków rosnących na glebie gliniastej lub na skałach krystalicznych. Podobnie niskie wartości tlenu żelaza oraz manganu notowano w przypadku użycia popiołów z roślin rosnących na podłożu wapiennym, a wysokie – na krzemianowym [6]. Dodatkowym wyznacznikiem pozwalającym w przybliżeniu określić rodzaj rośliny, z której uzyskiwano popiół jest stosunek ilości tlenu wapnia do tlenu potasu ( $\text{CaO}:\text{K}_2\text{O}$ ) [2].

Biorąc pod uwagę kompozycję chemiczną omawianego szkła, badacze wyróżnili trzy podstawowe jego typy. Pierwszy z nich stanowi szkło potasowe, do którego produkcji oprócz popiołu używano



Fot. 1a, b, c. *Krautstrunk* (niem.), szklanka i słoje znalezione podczas prac wykopaliskowych prowadzonych na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu, XVI–XVII w., ze zbiorów Instytutu Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, Ośrodka Badań nad Kulturą Późnego Antyku i Wczesnego Średniowiecza, po konserwacji i restauracji. Fot. K. Wantuch-Jarkiewicz.

prawdopodobnie także potażu (w związku z czym jego angielska nazwa – *potash glass*, wydaje się bardziej trafna). Poziom  $K_2O$  wynosił tu około 10%,  $Na_2O$  około 2%, a zawartość  $CaO$  wahała się na poziomie 10%. Drugi typ szkła określane jest jako wysokowapniowe, niskoalkaliczne – HLLA (ang. *high lime low alkali*). Jak sama nazwa wskazuje zawiera znaczny udział związków  $Ca$  – około 20%, a całkowita zawartość alkaliów wynosi jedynie około 7%. Wzrost poziomu wapnia w składzie szkła obserwuje się od przełomu XIV i XV w. i dotyczy to głównie szkła niemieckich [9]. Aby wyjaśnić wysoki poziom  $Ca$  badacze formułowali rozmaite hipotezy, według których np. wapń dodawano do zestawu w postaci muszli lub wapieni (Schalm, Caluwé, Wouters, Janssens, Verhaeghe, Pieters 2004, podobnie Smrček 2005). Angielscy naukowcy dowiedli jednak, iż nie zawsze było to konieczne (Smedley, Jackson, Welch 2003, 2004), gdyż popiół roślin dostarczał znacznej i wystarczającej ilości tego składnika.

Trzeci rodzaj szkła to szkło mieszane alkaliczne – MA (ang. *mixed alkali glass*), zawierające podobną co HLLA ilość alkaliów – w przedziale od 4 do 7% [6]. Może to świadczyć o dodatkowym użyciu do jego produkcji stłuczki szklanej zawierającej  $Na_2O$ . Pojawia się ono około 1500 r. [9] Szkła popiołowe identyfikowano na podstawie obecności w ich składzie pierwiastkowym fosforu [5].

Potaż uzyskiwano poprzez wyfukowanie go z popiołu roślin. Pod względem chemicznym składał się on głównie z alkaliów oraz z mniejszej zawartości tlenku siarki ( $SO_3$ ) (ok. 7–19%). Niekiedy obecne są w nim również chlorki [5]. Potaż stosowano w XV w. w szklarstwie czeskim oraz w innych rejonach Europy Środkowej [10].

Jednym z głównych i jednocześnie najprostszym identyfikatorem szkła popiołowego jest ich zabarwienie. Szkło popiołowe uzyskane w warunkach laboratoryjnych, gdzie próbowano odtworzyć proces jego wytopu, wykazuje barwę od zielonej, poprzez różową i brązową, aż po oliwkowozieloną. To efekt nie tylko niestosowania lub stosowania w ograniczonej ilości przez ówczesnych rzemieślników związków odbarwiających (redukcji  $Fe$ ), ale również zależności barwy od jakości i rodzaju popiołu oraz od atmosfery panującej w piecu [6].

### Szklata potasowe o recepturze popiołowej w praktyce konserwatorskiej

Szklata o recepturze popiołowej, w różnym stanie zachowania, znajdują się w wielu światowych kolekcjach muzealnych oraz prywatnych. Pewną grupę stanowią znaleziska corocznie pozyskiwane przez archeologów podczas wykopalisk czy terenowych prac interwencyjnych, związanych z licznymi inwestycjami budowlanymi.

W ramach współpracy z archeologami oraz muzeami, do Pracowni Konserwacji i Restauracji Szkła, Katedry Konserwacji i Restauracji Ceramiki i Szkła w ASP im. E. Gepperta we Wrocławiu,

trafiają głównie szkła naczyniowe z okresu nowożytnego. To naczynia przeznaczone do podawania i picia trunków – piwa i wina, rozmaite dzbany, słoje i szklanice, przykłady wyrobów powszechnie używanych wówczas w całej Europie. Rzadko są to przedmioty kompletne, często zaś zachowane fragmentarycznie. Sklejone przez archeologów *in situ* w celach poznawczych i inwentaryzacyjnych, w Pracowni poddawane są kompleksowej procedurze badawczej. To grupa zabytków szczególnie delikatnych z uwagi na kruchość materiału. Wymaga szczegółowego rozpoznania stanu zachowania, w powiązaniu z charakterystyką materiału pierwotnego i wtórnego (reakcje korozji i jej produkty, nawarstwienia ziemne, etc.) oraz techniki wykonania. Do zniszczeń szkła zaliczane są także ślady użytkowania oraz wcześniejsze prace konserwatorskie lub naprawcze, ogólnie zwane „ingerencjami człowieka w strukturę materiału”. Aby prawidłowo ocenić technikę wykonania danego egzemplarza konieczna jest wiedza i doświadczenie z zakresu technik gorących i zimnych produkcji, a także obróbki szkła. Niektóre ze zniszczeń rozpoznanych w każdym tego typu obiekcie, powstają już na etapie jego wytwarzania i są skutkiem na przykład źle stopionego zestawu szklarskiego, lub niewystarczająco długiego odprężania.

### Charakterystyka stanu zachowania/zniszczeń

Za zniszczenie szkła odpowiada szereg czynników oddziałujących odrębnie bądź symultanicznie: fizyczne, chemiczne i biologiczne. Zniszczenia fizyczne ściśle wiążą się z kruchością szkła; czasem jest to skutek wad produkcyjnych (inkluzyje, ich rodzaj, wielkość i związane z nimi napiecia) albo działań człowieka lub zwierząt – siły uderzenia (z powodu upadku, ciśnienia gleby w środowisku ziemnym, przerostów korzeni), szoku termicznego (nagła zmiana temperatury z wysokiej na niską), abrazji (w trakcie użytkowania lub stosowania nieodpowiednich metod oczyszczania, kontaktu z otoczeniem i jego wpływem) [11]. Wymienione czynniki inicjują z kolei powstawanie zniszczeń o charakterze chemicznym, co wpływa z kolei na szybkość destrukcji. Zmiany chemiczne na powierzchni szkła, powstałe po wcześniejszym kontakcie z wodą lub roztworami wodnymi postępują w głąb materiału. Dwoma podstawowymi procesami chemicznymi przyczyniającymi się do ich wystąpienia są dealkaliczacja i rozpuszczanie sieci krzemianowej [12].

W zakresie podatności na destrukcję kluczowy jest skład masy szklanej i jej odporność, zwłaszcza chemiczna. Inne ważne czynniki to: wiek przedmiotu, technika i technologia jego wykonania (w tym nietrafny dobór surowców i/lub ich zła jakość, błędne proporcje, temperatura i atmosfera w piecu, nieodpowiednia jakość materiałów ogniotrwałych użytych do budowy pieca, korozja donic szklarskich, niewłaściwy czas topnienia i technika studzenia) (Soldenhoff 1991, Kunicki-Goldfinger 2005). Poza tym należy zwrócić uwagę na sposób i długość użytkowania naczyń, środowisko i długość przebywania w nim szkła (np. rodzaj gleby, jej odczyn, głębokość zalegania przedmiotu, etc.), sposób i warunki zabezpieczenia oraz przechowywania po odnalezieniu, ingerencje konserwatorskie. Dla szkła szkodliwa jest nade wszystko obecność wody, która jest inhibitorem wszelkich dalszych reakcji. Nie bez znaczenia dla stanu zachowania jest także kontakt szkła z innymi materiałami, takimi jak metal lub drewno.

Analiza stanu zachowania i przyczyn zniszczeń szkła zabytkowych odbywa się na podstawie oględzin okiem nieuzbrojonym, albo uzbrojonym, w tym fotografii, mikrofotografii, z uwzględnieniem wyników precyzyjnych analiz. Do podstawowych technik badawczych należy mikroskopia optyczna (MO) – analiza zdjęć z mikroskopów stereoskopowego (w powiększeniu 48×) oraz analitycznego (w powiększeniu 40× i 100×) – światło przechodzące i odbite.

W tym celu stosowana jest także mikroanaliza rentgenowska (EDS), przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM).





Fot. 2. Szklanica fletowa, 2. połowa XIV – koniec XV w., nr inwentarzowy MNA/A/182/7, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, przed konserwacją i restauracją. Fot. M. Ziółkowska.



Fot. 3. Szklanica fletowa, 2. połowa XIV – koniec XV w., nr inwentarzowy MNA/A/182/7, zrekonstruowana wysokość 44 cm, średnica wylewu 6,2 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, po konserwacji i restauracji. Fot. M. Ziółkowska.



Fot. 4. Szklanica fletowa, 2. połowa XIV – koniec XV w., nr inwentarzowy MNA/A/654/7, średnica wylewu 5,5 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, przed konserwacją i restauracją. Fot. M. Ziółkowska.



Fot. 5. Szklanica fletowa, 2. połowa XIV – koniec XV w., nr inwentarzowy MNA/A/654/7, zrekonstruowana wysokość 27,5 cm, średnica wylewu 5,5 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, po konserwacji i restauracji. Fot. M. Ziółkowska.

Zakres powiększeń obejmuje od 8 do 300 000×. W trakcie tego typu badań można wykonać obrazowanie próbek, analizę widmową oraz mapowanie rozkładu pierwiastków.

Analizy można przeprowadzić także przy użyciu elektronów wstecznie rozproszonych. Wyników półilościowych analiz wykonanych detektorem EDS nie poddaje się standaryzacji. Spektra EDS analizowane są w programie INCA, a rezultaty przedstawiane w formie procentowego udziału tlenków w szkle, ich wynik normalizowany jest do 100%. Prosty badaniem jest obserwacja fluorescencji szkła w świetle UVB.

### Prace badawczo-konserwatorskie i rekonstrukcyjne

Do ciekawszych prac badawczo-konserwatorskich zrealizowanych w tym zakresie w ostatnich latach w Pracowni Konserwacji i Restauracji Szkła należą prace dyplomowe Katarzyny Wójcik – aneks 2014<sup>1</sup>, Magdaleny Ziółkowskiej 2017<sup>2</sup> oraz Natalii Kowalczyk 2018<sup>3</sup>.

Podczas pracy z zabytkami archeologicznymi ze szkła, poza wyżej wymienionymi czynnościami, poszerzonymi o studia z zakresu historii i historii sztuki, dotyczącymi poszczególnych przedmiotów, większość działań konserwatora ma na celu utrzymanie ich aktualnego stanu zachowania w miarę możliwości. Dotyczy to zwłaszcza miejscowej konsolidacji szkielek bardzo skorodowanych, z osypującą się warstwą żelu krzemionkowego lub innych nawarstwień

korozyjnych. Chodzi o dopasowanie, na ile to możliwe, luźnych, pasujących do siebie fragmentów naczyń, nie tylko po to, aby odtworzyć ich formę, ale także z uwagi na ryzyko rozczłonkowania w przyszłości. Obok wartości poznawczych nie bez znaczenia jest także potencjalny aspekt wystawienniczy całych lub fragmentarycznie zachowanych wyrobów. Uwzględnione projekty skupiały się zarówno na procedurach badawczych, konserwatorskich, jak i restauratorskich pod kątem ich bezpiecznej ekspozycji.

Badania z historii, ikonografii, badania porównawcze.

Analiza stanu zachowania, cechy użytkowania, problemy korozyjne itp. Praca z mikroskopem.

## OBIĘKT ZABYTKOWY

Badania techniki wykonania, procesów technologicznych tj. wady, niejednorodności, ślady narzędzi, ślady użycia form itp.

**Analizy instrumentalne, komplementarne, zbieranie danych, formułowanie wyników PRZEJŚCIE DO FAZY II PROJEKTOWANIA PROGRAMU PRAC KONSERWATORSKICH, RESTAURATORSKICH.**

**Wykonanie kopii zabytku w celu sprawdzenia technik i technologii.**

Zasilenie bazy danych na temat sposobu produkcji, rodzaju surowców do ich wykonania, pochodzenia.

1. K. Wójcik, *Konserwacja i restauracja szkielek archeologicznych z Ostrowa Tumskiego we Wrocławiu o numerze inwentarzowym 253/61*, szkła przekazane do konserwacji z Instytutu Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, Ośrodka Badań nad Kulturą Późnego Antyku i Wczesnego Średniowiecza, aneks do dyplomu pod kier. dr K. Wantuch-Jarkiewicz, Wrocław 2014.

2. M. Ziółkowska, *Konserwacja i Restauracja dwóch średniowiecznych, szklanych pucharów fletowych z Muzeum Powiatowego w Nysie o numerach inwentarzowych MNA/A/182/7, MNA/A/654/7*; praca dyplomowa praktyczna pod kier. dr K. Wantuch-Jarkiewicz, Wrocław 2017.

3. N. Kowalczyk, *Konserwacja i Restauracja renesansowej szklanicy z Powiatowego Muzeum w Nysie o numerze inwentarzowym MNA/A/200; Konserwacja i restauracja renesansowej szklanicy z Powiatowego Muzeum w Nysie o numerze inwentarzowym MNA/S/200*, praca dyplomowa praktyczna pod kier. dr K. Wantuch-Jarkiewicz, Wrocław 2018.

Rys. 1. Schemat pracy konserwatora, restauratora szkła, oprac. K. Wantuch-Jarkiewicz.



Fot. 6. Emaliowana szklanica, XV w., nr inwentarzowy MNa/A/200, średnica wylewu 5,5 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, przed konserwacją i restauracją. Fot. N. Kowalczyk.



Fot. 7. Emaliowana szklanica, XV w., nr inwentarzowy MNa/A/200, średnica wylewu 5,5 cm, zrekonstruowana wysokość 19,5 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, po konserwacji i restauracji. Fot. N. Kowalczyk.



Fot. 8. Emaliowana szklanica, XVI/XVII w., nr inwentarzowy MNa/S/200, średnica wylewu 6,6 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, przed konserwacją i restauracją. Fot. N. Kowalczyk.



Fot. 9. Emaliowana szklanica, XVI/XVII w., nr inwentarzowy MNa/S/200, zrekonstruowana wysokość 10,3 cm średnica wylewu 6,6 cm, zbiory Muzeum Powiatowego w Nysie, po konserwacji i restauracji. Fot. N. Kowalczyk.

Celem prac konserwatorskich i restauratorskich poszczególnych projektów dyplomowych było zahamowanie dalszych procesów destrukcji szkła przy minimalizacji zabiegów. Kolejnym wyzwaniem było przywrócenie naczyniom walorów ekspozycyjnych. Wybór odpowiedniego sposobu ich prezentacji wymagał zaprojektowania stelaży, dobranych dla każdego z obiektów. Materiały, z których miały być one wykonane powinny być bezpieczne dla szkła, a sposób montażu zachowanych ułamków do stelaża w pełni odwracalny. Forma stelaża powinna oddawać pierwotne proporcje naczynia, natomiast jego estetyka nie może zaburzać w żaden sposób odbioru oryginału.

Pierwszy projekt autorstwa Katarzyny Wójcik (2014) dotyczył konserwacji i restauracji wraz z projektem stelaży trzech zabytkowych naczyń o numerze inwentarzowym 253/61, pochodzących z wykopalisk w obrębie parceli przy ul. Św. Marcina 12 na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu (fot. 1a, b, c). Należały do nich, datowane na przełom XVI/XVII w., *Krautstrunk* (niem.), czyli szklanica o baryłkowatym kształcie z natapianymi guzkami, szklanka zdobiona ornamentem optycznym oraz słój. Wszystkie trzy przedmioty znalezione zostały we fragmentach. Zakwalifikowanie naczyń do grupy tak zwanych szkielec popiołowych, nastąpiło w oparciu o wyniki badań składu masy, charakterystyczne cechy materiału szklanego oraz bogaty, porównawczy materiał ikonograficzny.

Podczas badań archeologicznych na powierzchni naczyń zidentyfikowano, znamienne dla szkła odkrytego, symptomy degradacji materiału, tj. iryzację, zmatowienie, zarysowania oraz spękania powierzchni, odpryski, wżery i mikrowżery. Dodatkowo stwierdzono zaplamienia żelaziste, luźne depozyty ziemne oraz produkty korozji żelaza, pochodzące z otoczenia. W szklance zdobionej ornamentem optycznym, zaobserwowano typowe dla produkcji hut leśnych wady masy szklanej: pęcherze gazowe, wtrącenia ciał stałych w postaci kamieni (występujące w dnie oraz ściankach) a także ciała szkliste (w grubości ścianki).

Dla każdego z omawianych przedmiotów stelaż projektowany był osobno. Punktem wyjścia dla tych prac była liczba fragmentów danego wyrobu oraz stan zachowania szkła, zwłaszcza zaś stopień jego transparentności. W przypadku naczynia typu *Krautstrunk* kilka ułamków nie łączyło się z resztą, a stan zachowania zarówno zewnętrznej, jak i wewnętrznej powierzchni szkła był zły, częściowo przez multiplikację zniszczeń. W tym przypadku zastosowano stelaż wykonany z dmuchanego szkła. Jego forma odzwierciedlała pierwotny kształt naczynia. Takie rozwiązanie, chociaż nie jest popularne wśród kuratorów czy konserwatorów muzealnych, tu okazało się estetycznie satysfakcjonujące.

Przygotowując stelaże dla dwóch pozostałych wyrobów – stoja

i szklanki z dekoracją optyczną, bazowano na materiale PMMA (polimetakrylan metylu). Jest on powszechnie dostępny i estetycznie akceptowany przez muzealników w celu ekspozycji zniszczonych naczyń szklanych. Tu użyto go w sposób nieco inny, nieszablonowy – dostosowując do formy naczynia, a nie tworząc dodatkową wartość estetyczną w postaci skrzyżowanych tafli.

Drugi projekt dyplomowy – Magdaleny Ziółkowskiej (2017) polegał na konserwacji dwóch średniowiecznych szklanec fletowych, znajdujących się w zbiorach Muzeum Regionalnego w Nysie, datowanych na okres od 2. połowy XIV w. do końca XV w., o numerach inwentarzowych MNa/A/182/7 oraz MNa/A/654/7 (fot. 2–5). Poza tym praca dotyczyła także estetyki i bezpieczeństwa zabytków będących w bardzo złym stanie zachowania, eksponowanych w gablotach muzealnych.

Opisywane puchary, które zostały odnalezione w postaci ułamków i sklejone klejem nitrocelulozowym, umieszczono na stelażach: egzemplarz wysoki na konstrukcji z polimetakrylanu metylu, składającej się z dwóch płaszczyzn złożonych krzyżowo, natomiast niski – na tulejce z twardej folii z tworzywa sztucznego.

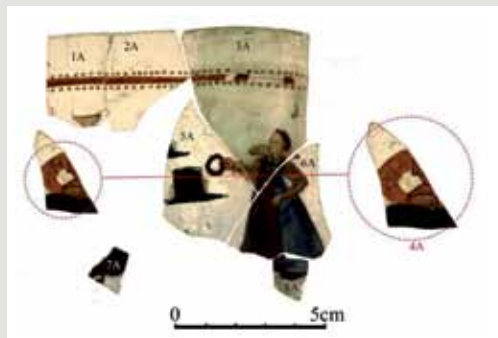
Samo szkło pokryte zostało grubą warstwą brązowo-szarej zwierzteliny – nowych barwnych związków, powstałych na bazie składników szkła oraz znajdujących się w ich otoczeniu, stanowiących depozyty w postaci powierzchniowych nawarstwień organicznych.

Projekt konserwatorski zakładał przygotowanie stelaża w kolorze zbliżonym do pierwotnego zabarwienia przedmiotu szklanego, przed objęciem go procesem korozji, co pozwoliłoby na uwypuklenie aspektu edukacyjnego na ekspozycji. Ze względu na niezbyt powszechną wiedzę na temat zmian korozyjnych szkła objawiających się w postaci zwierzteliny bardzo przypominającej emaliowaną ceramikę, otrzymana powłoka może wydawać się oryginalną powierzchnią wyrobu.

Trzeci projekt dyplomowy z 2018 r. objął konserwację i restaurację nowożytnych szklanec (szklanka o numerze inwentaryzacyjnym MNa/A/200, z ok. XVI w. i druga o numerze inwentaryzacyjnym MNa/S/200, z ok. XVI/XVII w.), wykonanych z potasowego szkła popiołowego, malowanych farbami emaliowanymi (fot. 6–7). Znajdowały się one w zbiorach Muzeum Powiatowego w Nysie. Obie pochodziły prawdopodobnie z leśnej huty z terenów Śląska lub Czech.

Tutaj również rozpoznanie z zakresu historii, ikonografii, proveniencji i techniki wykonania przedmiotów oraz analiza ich stanu zachowania towarzyszyły procedurze konserwacji, oraz opracowaniu i wykonaniu nowych stelaży dla niekompletnych naczyń.

Zastosowano przy tym różne rozwiązania techniczne oraz materiały, takie jak lekko zabarwiona żywica epoksydowa Araldit 2020



Fot. 10. Układ elementów przedmiotu o numerze inwentarzowym MNa/A/200 w świetle przechodzącym, z zaznaczonym elementem 4A, który został poddany analizie za pomocą mikroskopu optycznego. Oprac. N. Kowalczyk.



Fot. 11. Wzery na powierzchni szkła z zabrudzeniami pochodzenia organicznego we wgłębieniach. Zdjęcie elementu 4A w świetle odbitym, pow. 40x. Fot. N. Kowalczyk.



Fot. 12. Nawarstwienia korozyjne oraz widoczna delaminacja powierzchni szkła, fragment 4A, powiększenie 40x. Fot. N. Kowalczyk.

oraz błona z żywicy akrylowej Paraloid B-72, przy czym zachowano grubości ścianek oryginalnego naczynia.

### Podsumowanie

W pracy konserwatora z obiektami zabytkowymi wykonanymi w technice popiołowej, czyli ze szklami krzemianowo-potasowo-wapniowymi (z pewną zawartością sodu), zachodzi duża korelacja stanu zachowania ze składem masy szklanej. Istotna jest zawartość związków wapnia. Pozyskanie danych z mocno skorodowanych powierzchni szkieł nie zawsze odzwierciedla wyjściowy poziom tego stabilizatora w ich składzie, co może prowadzić do błędnej interpretacji. Bardziej konkretne ilościowo wyniki można uzyskać tylko z przekrojów w miejscu zdrowych obszarów szkła, co z kolei nie zawsze jest możliwe. Jest to bowiem badanie inwazyjne, wymagające pobrania próbki. W przypadku szkieł archeologicznych pozyskanych z ziemi, warunki zalegania bywają ekstremalnie dla nich niszczące (fot. 10–12).

Poniższa przykładowa tabela zawiera wyniki badań składu szkła poszczególnych fragmentów omawianego pucharu fletowego (MNa/A/182/7), a prezentowane fotografie i mikrofotografie ilustrują stan zachowania analizowanych szkieł.

Przedstawiony materiał ukazuje udział i procedury przeprowadzane przez konserwatorów, restauratorów zajmujących się szkłem zabytkowym w Polsce, a także prezentuje nowe propozycje stelaży do ekspozycji szklanych naczyń.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] T. Prezbitner (przeł. i oprac. S. Kobielus, 2009), *Diversarum Artium Schemata i inne średniowieczne zbiory przepisów o sztukach rozmaitych*, Kraków.
- [2] J. Sawicka (2015), *Średniowieczne pracownie szklarskie w Międzyzrzeczu*, „Slavia Antiqua”, 56, s. 129–169
- [3] J.W. Smedley, C.M. Jackson (2006), *Medieval and Post – medieval Glass Technology: Bracken as a sustainable Resource for Glassmaking*, „Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology”, 47 (2), s. 39–47
- [4] D. Bienias (1997), *Środowisko geograficzne nowożytnych hut szkła w województwie kieleckim*, „Archeologia Historica Polona”, 6, s. 207–270
- [5] J. Kunicki-Goldfinger, (2005), *Konserwacja i badania dwóch szklanych naczyń z rzymskiego Novae*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Archeologia”, 29, (370), s. 269–278
- [6] W.B. Stern, Y. Gerber (2004), *Potassium – Calcium Glass: New Data and Experiments*, „Archaeometry”, 46, s. 137–156
- [7] A.S. Meek, J. Henderson, J.A. Evans (2012), *Isotope Analysis of English Forest Glass from the Weald and Staffordshire*, „Journal of Analytical Atomic Spectrometry”, 27, s. 786–795
- [8] A.S. Meek, J. Henderson, J.A. Evans (2009), [w:] D. Ignatiadou, A. Antonaras (red.), *North-western European Forest Glass: Working Towards An Independent Means of Provenance*, „Annales du 18<sup>e</sup> Congrès de L’association Internationale pour L’histoire du Verre”, Thessaloniki, s. 437–441
- [9] J. Kunicki-Goldfinger, J. Kierzek, B. Małozewska-Bučko, P. Dzierżanowski, (2018), *Szklane naczyniowe z huty kryształowej pod Lubaczowem na tle szkła okresu baroku w Europie Środkowej: technologia, atrybucja, datowanie*, „Raport, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Seria B”, 3, Warszawa
- [10] Z. Čilová, J. Woitsch (2012), *Potash – a key raw material of glass batch for Bohemian glasses from 14<sup>th</sup>–17<sup>th</sup> centuries?*, „Journal of Archaeological Science”, 39(2), s. 371–380
- [11] S. Davison (2006), *Conservation and Restoration of Glass*, Oxford, s. 169–170
- [12] S. Davison (2006), *Conservation and Restoration of Glass*, Oxford, s. 135
- [13] B. Soldenhoff (1991), *Stan badań nad konserwacją szkła archeologicznego w Polsce*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Archeologia”, 18, „Archeologia Szklana”, 4, s. 205–208
- [14] Z. Jabłoński, M. Rubnikowicz (1991), *Topografia nowożytnych hut szkła na Pomorzu*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Archeologia”, 18, „Archeologia Szklana”, 4, s. 271–288
- [15] A. Smrček (2005), [w:] O. Drahotová (red.), *Historie sklářské výroby v českých zemích. Od počátků do konce 19. století*, „Sklářské suroviny”, Praha, s. 103–128
- [16] J. Biszkont (2005), *Późnośredniowieczne szklarstwo na Śląsku*, „Wratislavia Antiqua”, 7, Wrocław
- [17] W. Gluziński (1966), *Badania wykopaliskowe na terenie średniowiecznej huty szkła w Piechowicach*, „Szkło i Ceramika”, 27, s. 245–248

Tab. 1. Zestawienie wyników badań metodą SEM/EDS składu chemicznego szkła szklanczy fletowej o numerze inwentarzowym MNa/A/182/7, ze zbiorów Muzeum Powiatowego w Nysie.

Nr próbki <sup>4</sup>	Nazwa próbki (poddanej analizie)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	BaO	SO <sub>3</sub>	CaO/K <sub>2</sub> O
% wagowe														
A1	Fragment nr 25 (szkło)	46,39	1,73	4,42	5,26	0,80	3,90	-	-	-	-	-	b.d.	0,84
A1.1	Fragment nr 25 (korozja)	61,34	1,76	b.d.	b.d.	b.d.	0,43	-	-	-	-	-	1,18	-
A2	Fragment nr 19 (szkło)	66,63	0,55	9,73	7,03	0,36	3,29	-	-	-	-	-	3,58	1,38
A2.1	Fragment nr 19 (korozja)	81,47	1,65	3,58	b.d.	b.d.	0,74	-	-	-	-	-	b.d.	-
A3	Fragment nr 14 A1 (szkło)	60,6	0,6	14,9	19,8	0,1	2,9	0,2	0,2	0,9	b.d.	0,2	0,3	0,75
A3.1	Fragment nr 14 A1 (korozja)	92,3	0,9	2,1	1,4	0,1	1,1	<0,1	0,2	1,4	b.d.	0,1	0,5	-

4. Materiał źródłowy: A1-A2.1 Nysa, A3, A3.1 Praga.