

**Wiesław Domasłowski ,Jadwiga W.
Łukaszewicz**

**Problemy konserwacji murów
ceglanych**

Ochrona Zabytków 49/4 (195), 351-358

1996

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

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

PROBLEMY KONSERWACJI MURÓW CEGLANYCH*

Niszczenie i konserwacja murów

Stan zachowania budowli w Polsce jest bardzo zróżnicowany, co oczywiście uzależnione jest od właściwości cegieł (surowca, wypалу), zaprawy oraz warunków klimatycznych, w jakich się one znajdują. Przyczyny ich niszczenia są ogólnie znane, toteż nie będziemy się nimi szczegółowo zajmować. Stwierdzimy tylko, że głównymi czynnikami niszczącymi cegły są sole rozpuszczalne w wodzie, woda i lód oraz kwaśne zanieczyszczenia atmosferyczne. Te same czynniki, aczkolwiek w stopniu intensywniejszym, niszczą zaprawy spajające cegły.

Pomimo, że znane są przyczyny niszczenia budowli ceglanych, stosunkowo małą uwagę przywiązuje się do zapobiegania ich destrukcji. Zwykle w przypadku zniszczenia cegieł zastępuje się je nowymi. Usuwa się także zniszczoną zaprawę murarską, zastępując ją nową. Ten cykl wymiany materiałów budowlanych występujących na elewacjach budowli odbywa się w polskich warunkach często (il. 1). Zaniechanie wykonywania tych zabiegów pociąga za sobą niszczenie wewnętrznych warstw cegieł muru, co z kolei grozi zachwianiem statyki budowli.

Niestety, omawiane zabiegi nie zawsze są wykonywane w odpowiednim czasie. Dawniej ze względu na niedostatek materiałów budowlanych, a obecnie najczęściej ze względu na brak środków finansowych licz-

ne budowle ulegają daleko idącej destrukcji i przywrócenie ich do stanu normalnego wymaga dużych nakładów pieniężnych.

Prawie we wszystkich przypadkach czynnikami niszczącymi mury są woda podciągana kapilarnie z ziemi i sole rozpuszczalne w wodzie. W wyniku działania wymienionych czynników następuje wykruszanie zaprawy, dezintegracja cegieł, ich pękanie, rozwarstwianie i złuszczenie. Niszczenie cegieł uintensyfikują znacznie nieodpowiednie zaprawy stosowane do spoinowania. Zwykle murarze dążą do zapewnienia zaprawom dużej wytrzymałości mechanicznej i małej nasiąkliwości, aby były one odporne na działanie czynników niszczących. W rezultacie prowadzi to do przyspieszonego niszczenia cegieł przez sole kumulujące się na styku cegły z zaprawą oraz zamarzającą wodę. W wyniku, destrukcji ulegają słabsze cegły, a mocna zaprawa (cementowa, cementowo-wapienna) pozostaje nienaruszona (il. 2).

Należy podkreślić, że powinnością służb konserwatorskich jest ochrona obiektów przed zniszczeniem. Tak więc, powinny być zabezpieczone całe mury — cegły i zaprawy. Wymiana autentycznych materiałów w budowlach zabytkowych na współczesne jest sprzeczna z zasadami konserwatorskimi, w jej wyniku elewacje tracą swoją autentyczność i wartość zabytkową. Często stają się nieestetyczne ze względu na sto-



1. Elewacja ceglana po wymianie zniszczonych cegieł i zapraw na nowe. Fot. W. Domasłowski.

1. Brick elevation after the replacement of damaged bricks and mortars by new ones. Photo: W. Domasłowski



2. Destrukcja cegieł w wyniku zastosowania zapraw do spoinowania o nieodpowiednich właściwościach (duża wytrzymałość mechaniczna, mała porowatość i zdolność kapilarnego przemieszczania wody). Fot. W. Domasłowski

2. Brick destruction due to the use of binding mortars with incorrect properties (large mechanical resilience, small porosity and ability for capillary water movement). Photo: W. Domasłowski

*Artykuł jest zmodyfikowaną wersją referatu wygłoszonego przez dr J. W. Łukaszewicz na konferencji ICOMOS „Le partimoine en

brique” w Albi (Francja) 17–19 IX 1992.

sowanie cegieł zróżnicowanych kolorystycznie, fakturalnie i wymiarami.

Aby zapewnić autentyczność murom ceglany należy chronić je przed czynnikami niszczącymi i usuwać je, jeżeli mur został już zaatakowany. W przypadkach koniecznych należy zwiększyć wytrzymałość mechaniczną cegieł i uzupełnić w nich ubytki odpowiednimi zaprawami imitującymi cegły. Do spoinowania zaś należy stosować odpowiednie zaprawy o właściwościach przystosowanych do cegieł występujących w murze. Muszą być one zbliżone.

Wymienione powyżej zabiegi są znane i powszechnie stosowane w konserwacji rzeźb i detali architektonicznych wykonanych z kamieni naturalnych. W przypadku murów ceglanych znajdują niewielkie zastosowanie ponieważ zarówno materiały, jak i robocizna są drogie. Ze względu na olbrzymie często powierzchnie budowli stosowane w ich wypadku zabiegi konserwatorskie muszą być tanie i proste w wykonaniu. Dlatego też bardzo rzadko w praktyce wzmacnia się cegły, uzupełnia w nich ubytki czy usuwa z murów sole. Najczęściej uzupełnia się, jak wspomniano, zaprawy, wymienia cegły, a także zabezpiecza mury przed wodą substancjami hydrofobizującymi. Czasami mury myje się i nowe cegły patynuje, aby zbliżyć ich kolor do cegieł oryginalnych.

Do tej pory w Polsce konserwacji cegieł poświęcono mało prac badawczych. Badania prowadzone były głównie nad izolacjami przeciwwilgotnościowymi murów ceglanych. Opracowano szereg metod, które są stosowane w praktyce. Najczęściej stosuje się metodę osuszania elektroosmotycznego wraz z iniekcją hydrofobowych związków krzemooorganicznych¹. Ostatnio rozpoczęto stosowanie systemu „Aqualpol”.

W badaniach prowadzonych w Instytucie Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu zajmowaliśmy się wzmacnianiem cegieł, uzupełnianiem w nich ubytków i hydrofobizacją. Ostatnio prowadzimy badania nad kompleksową konserwacją murów w ramach grantu KBN.

Strukturalne wzmacnianie cegieł

W latach 1954–1955 prowadziliśmy badania nad strukturalnym wzmacnianiem cegieł stanowiących podłoże malowideł ściennych w kościele św. Jana w Gnieźnie². Ulegające destrukcji cegły staraliśmy się wzmocnić nasycając je drogą iniekcji roztworami różnych polimerów. Dość dobre wzmocnienie uzyskaliśmy przy pomocy niskoprocentowych roztworów chlorowane-

go polichlorku winylu w chlorobenzenie i polimerów polimetakrylanu metylu o niskiej masie cząsteczkowej. Pomimo, jak ocenialiśmy wówczas, pozytywnych wyników badań, nigdy nie poddaliśmy wzmacnianiu cegieł w kościele. I tę decyzję należy traktować jako sukces konserwatorski, bowiem w minionym okresie (30 lat) nie stwierdzono tam postępujących zniszczeń cegieł i leżących na nich malowideł. Tak więc uratowano malowidła i cegły przed destrukcyjnym działaniem chlorowanego polichlorku winylu, który jako środek konserwatorski był wówczas bardzo popularny.

W kilkanaście lat później wzmacnianiu cegieł w omawianym obiekcie były poświęcone inne badania. Do tego celu zastosowaliśmy niskolepkie roztwory żywicy epoksydowej w mieszaninie toluenu z metanolem³. Stosując roztwory 10%, 15% i 20% uzyskano znaczne wzmocnienie zarówno starych, gotyckich cegieł zabytkowych, jak też nowych⁴. Ilustruje to tabela 1. Wynika z niej, że wskutek wprowadzenia żywicy w pory cegieł ich wytrzymałość wzrosła od 16,7% do 134%. Wzmocnione cegły miały także znacznie większą odporność na działanie wody i zamarzanie. Również w tym przypadku żywica epoksydowa nie znalazła zastosowania do wzmacniania cegieł stanowiących podłoże pod malowidła ścienne ze względu na możliwą reakcję zasadowego utwardzacza (poliamina alifatyczna) z pigmentami miedziowymi występującymi w polichromii.

Tabela 1. Wpływ stężenia roztworów żywicy epoksydowej na wytrzymałość próbek cegieł na ściskanie

Rodzaj cegły	Rozpuszczalnik toluen: metanol	Stężenie roztworu %	Rc ₁ kG/cm ²	Wzrost Rc ₁ %
gotycka	nie wzmocniona	—	50,0	—
	1 : 5	10	80,0	60,0
		15	83,3	66,6
	1 : 3	20	117,0	134,0
nowa	nie wzmocniona	—	100,0	—
	1 : 5	10	123,3	23,3
		15	116,7	16,7
	1 : 3	20	156,7	56,7

Rc — wytrzymałość na ściskanie

Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

1. J. Łukjanik, *Elektroosmotyczne osuszanie budynków mieszkalnych*, „Horyzonty Techniki” 1972, nr 2.

2. W. Domasłowski, M. Dzitowiecka, *Zagadnienie konserwatorskie malowideł ściennych oraz cegieł podłoża w kościele św. Jana w Gnieźnie*, „Ochrona Zabytków” 1965, nr 1, s. 30.

3. W. Rasnowski, *Badania nad konserwacją podobrazia ceglano-*

malowideł ściennych w prezbiterium kościoła św. Jana w Gnieźnie, praca magisterska wykonana pod kierunkiem W. Domasłowskiego, 1967, Archiwum UMK, Toruń.

4. W. Domasłowski, *L'affermissement structural des pierres avec des solutions à base de résines époxydes (w): Conservation of Stone and Wooden Objects*, New York Conference, 1970, s. 85.

Niemniej roztwory żywicy epoksydowej stosujemy dość często, jeżeli zachodzi konieczność wzmocnienia ceramiki artystycznej, naczyń, cegły profilowanej, czy też glazurowanej⁵. Nie znalazły natomiast zastosowania do wzmocnienia fasad budynków i murów ceglanych z uwagi na charakter hydrofobowy, wysoki koszt i konieczność stosowania trujących rozpuszczalników.

Uzupełnianie ubytków w ceramice

W początkach lat sześćdziesiątych prowadziliśmy szerokie badania nad technologią zapraw imitujących kamienie naturalne, przeznaczonych do uzupełniania ubytków w obiektach zabytkowych. Aby otrzymać sztuczną cegłę stosowaliśmy m.in. żywicę epoksydową jako spoiwo, a jako kruszywo mieloną cegłę. Przy zmieszaniu 1 części żywicy i 10 części kruszywa o granulacji 0,125/0,5 mm uzyskano imitację cegły ceramicznej o właściwościach podobnych w tabeli 2⁶.

Tabela 2. Właściwości sztucznej cegły uzyskanej z żywicy epoksydowej i kruszywa ceramicznego (1:10)

D g/cm ³	Rz ₁ kG/cm ²	Rz ₂ kG/cm ²	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²
1,417	130	97	176	170

D — gęstość pozorna

Rz₁ — wytrzymałość na zginanie próbek suchych

Rz₂ — wytrzymałość na zginanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)

Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)

Wynika z niej, że sztuczna cegła miała niski ciężar objętościowy, wysoką wytrzymałość na złamanie i ściskanie oraz dużą wodoodporność, niską natomiast nasiąkliwość wodą, czego przyczyną są właściwości hydrofobowe żywicy.

Stosując omawiane spoiwo konserwatorzy warszawscy (PP PKZ) uzupełniali w 1968 r. ubytki w czterech ceramicznych rzeźbach i kilku wazonach znajdujących się w parku pałacu królewskiego w Wilanowie oraz wykonali dwie kopie zniszczonych obiektów⁷. Skład zaprawy imitującej ceramikę był następujący:

— żywica epoksydowa — 5 cz.

— ksylen — 6 cz.

— mielona cegła szamotowa — 18 cz.

— biel cynkowa — 1 cz.

Zaprawy dodatkowo podbarwiano w zależności od koloru fragmentu uzupełnianej ceramiki.

Zaprawy epoksydowe imitujące cegły znajdują dość powszechne zastosowanie, zwłaszcza wówczas, jeżeli zachodzi konieczność uzupełnienia formy obiektów ceramicznych bądź ich rekonstrukcji. Między innymi studenci konserwacji uzupełniali ubytki cegieł w wymienionym już domu Kopernika (początek lat 60.). Konserwatorzy toruńskiej pracowni konserwacji (PP PKZ) wykonywali rekonstrukcje licznych ubytków ceglanych żebrowań w zamku krzyżackim w Malborku (lata 70. i 80.) oraz uzupełniali ubytki w okazałym nagrobku ceramicznym znanego niemieckiego pisarza G. Hauptmana. Zaprawę uzyskiwano mieszając żywicę epoksydową z mieloną cegłą klinkierową (frakcja 0,0/0,125 mm) i piaskiem szklarskim (frakcja 0,25/0,4 mm) w stosunku 1:10. Zaprawę tę podbarwiano odpowiednimi pigmentami.

Badania wykazały, że także zaprawa epoksydowa, w skład której wchodzi mieszanina zmielonej cegły i drobnoziarnistego piasku, ma bardzo dobre właściwości mechaniczne i fizyczne⁸, co wynika z tabeli 3.

Tabela 3. Właściwości sztucznej cegły uzyskanej z żywicy epoksydowej oraz mieszaniny kruszywa ceramicznego i piasku (1:5:5) frakcja ceramiki 0,00–0,15 mm frakcja piasku 0,15–0,25

D g/cm ³	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²	N _w %	N _{bl} %	P _o %
1,63	149	100	6,0	11,1	24,9

D — gęstość pozorna

Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)

N_w — nasiąkliwość wodą

N_{bl} — nasiąkliwość benzyną lakową

P_o — porowatość otwarta

Zaprawy epoksydowe z omawianymi kruszywami zostały zastosowane między innymi w Łodzi do wykonania bardzo dużej płaskorzeźby upamiętniającej

5. Między innymi wzmocniono (1963 r.) żywicą epoksydową niektóre cegły domu, w którym urodził się Mikołaj Kopernik. Wzmocniono też autentyczne glazurowane cegły na mieszczkańskich domach gotyckich w Toruniu, a ubytki glazury uzupełniano imitacją otrzymaną także z żywicy epoksydowej.

6. W. Domasłowski, *Badania nad technologią materiałów do kito-*

„Zeszyty Naukowe UMK, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo”, 1966, II, s. 81.

7. S. Kiliszek, *Konserwacja rzeźb ceramicznych w parku w Wilanowie*, „Ochrona Zabytków” 1965, nr 3, s. 60.

8. D. Horodyska, *Zastosowanie żywic epoksydowych do uzupełniania ubytków w ceramice czerwonej*, praca magisterska wykonana pod kierunkiem W. Domasłowskiego, 1986, Archiwum UMK, Toruń.

śmierć więźniów w faszystowskim obozie zagłady. Zrobiono ją ze sztucznych cegieł różniących się znacznie fakturą, którą uzyskiwano stosując bardzo zróżnicowane frakcje ceramiki. Dla pogłębienia efektu plastycznego części reliefu spatynowano żywicami.

Bardzo szerokie zastosowanie znalazły zaprawy epoksydowe do uzupełniania ubytków w naczyniach ceramicznych, kaflach piecowych i płytkach glazurowanych. W obiektach glazurowanych uzupełnia się ubytki omawianą zaprawą, następnie w oparciu o „Gesso”, gips i pigmenty, uzupełnia się angobę, a w końcu nakłada się glazurę poliakrylową (także mieszanina żywicy z pigmentami). Najczęściej jednak używane są do tego celu farby do zimnej ceramiki i szkła.

Należy również wspomnieć o próbach zabezpieczenia korony murów ruin zamku krzyżackiego w Toruniu przy pomocy omawianych zapraw epoksydowych⁹. Zabezpieczenie wykonano nakładając na koronę muru dwie warstwy zapraw epoksydowych:

I — mieszanina żywicy epoksydowej (90–95% roztwór w ksylenie) z piaskiem gruboziarnistym w stosunku 1:50,

II — z piaskiem o mniejszej ziarnistości w stosunku 1:30.

Próby wykonano na niewielkiej powierzchni (ok. 1 m²) i nie stosowano tej metody w praktyce.

Omawiając zaprawy epoksydowe należy podkreślić, że zastosowanie ich jest z punktu widzenia konserwatorskiego ograniczone. Z uwagi na swe właściwości hydrofobowe nie powinny być stosowane do uzupełniania cegieł murów zewnętrznych nie poddanych hydrofobizacji, jak też innych wyrobów ceramicznych narażonych na zewnętrzne wpływy atmosferyczne. W porach hydrofilnej ceramiki, graniczących z hydrofobowymi zaprawami, kumulują się sole rozpuszczalne w wodzie i woda, które powodują destrukcję (dezintegrację, pęknięcie, złuszczenie) ceramiki. Tak więc dopuszcza się stosowanie tych zapraw we wnętrzach oraz na zewnątrz, jednak pod warunkiem, że obiekt zostanie zhydrofobizowany. Należy podkreślić, że dobrze przygotowane zaprawy nie zmieniają zabarwienia w różnym stopniu, posiadają dobrą odporność na działanie czynników atmosferycznych oraz dobrą przyczepność do ceramiki.

Próby użycia hydrofilnych zapraw mineralnych do uzupełniania ubytków ceramiki także nie dały uniwersalnych rozwiązań. Stosując biały cement portlandzki z kruszywem ceglany można uzyskać zaprawy o różnorodnej wytrzymałości mechanicznej i nasiąkliwości

wodą, niemniej posiadają one słabszą zdolność kapilarnego podciągania wody i wysychania od cegły. Trudno także, przy zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej, otrzymać zaprawy o zbliżonym kolorze, szczególnie ciemnych odcieni cegieł.

W tabeli 4 zestawiono wyniki badań, jakie prowadzono stosując biały cement portlandzki 25 oraz kruszywo ceramiczne i pigmenty mineralne¹⁰.

**Tabela 4. Właściwości sztucznych cegieł o spoiwie cementowym
cement biały portlandzki — 25
granulacja kruszywa ceramicznego 0,0–0,13 mm
ilość pigmentów w stosunku do cementu — 15%**

c : k : w	D g/cm ³	R _z kG/cm ²	R _c kG/cm ²	N _w %	t min.
1 : 1 : 0,71	1,7	35,8	137,8	16,0	24 h
1 : 2 : 1,12	1,55	35,0	104,1	19,3	505
1 : 2 : 1,48	1,45	24,6	72,0	22,9	220
cegły zabytkowe	1,65– –1,90	26–32	60–90	9–16	20–52

c : k : w — cement : kruszywo : woda

D — gęstość pozorna

R_z — wytrzymałość na zginanie

R_c — wytrzymałość na ściskanie

N_w — nasiąkliwość wodą

t — czas kapilarnego podciągania wody przez zaprawę do wysokości 5cm

Z tabeli wynika, że właściwości mechaniczne i nasiąkliwość wodą zapraw z kruszywem ceramicznym może być zbliżona do cegieł zabytkowych. Mniejsza jest natomiast wyraźnie zdolność kapilarnego podciągania wody i, jak wykazały badania, szybkość wysychania. Poza tym bardzo słaba okazała się przyczepność zapraw cementowych do cegieł. Można ją oczywiście zwiększyć stosując dyspersje żywic akrylowych, jednak wówczas jeszcze bardziej zostanie ograniczony transport wody z kamienia do zaprawy.

Opisaną wadę złego transportu wody mają także zaprawy „Mineros”, produkowane przez niemiecką firmę Max Krüsemark. Na naszą prośbę firma ta przygotowała na podstawie przesłanych próbek zabytkowych cegieł odpowiednie zaprawy, które poddaliśmy badaniom laboratoryjnym¹¹.

9. W. Domasłowski, W. Szmidel-Domasłowska, *Konserwacja korony murów*, „Ochrona Zabytków” 1967, nr 1, s. 3.

10. H. Surzyn, *Badania nad możliwością zastosowania zapraw cementowych do uzupełniania ubytków w ceglach*, praca magisterska

wykonana pod kierunkiem W. Domasłowskiego, 1986, Archiwum UMK, Toruń.

11. B. Rejmanowski, *Badania nad możliwością zastosowania zapraw „Mineros” do uzupełniania ceramiki czerwonej*, praca magisterska

Tabela 5. Właściwości zapraw „Mineros” w porównaniu z cegłą ceramiczną

Rodzaj próbki	R _z kG/cm ²	R _c kG/cm ²	N _w %	Wysokość kapilarnego wznoszenia wody po: (cm)		
				2 godz.	4 godz.	6 godz.
Mineros	44,2	69,9	11,1	2,9	3,3	3,8
cegła	31,0	78,1	12,2	4 cm = 41 min		

R_z — wytrzymałość na zginanie

R_c — wytrzymałość na ściskanie

N_w — nasiąkliwość wodą po 24 godz.

Stwierdziliśmy, że zaprawy „Mineros” imitujące cegły zostały wykonane z białego cementu portlandzkiego wysokiej marki w mieszaninie z piaskiem rzeczonym o granulacji zróżnicowanej (do 0,5 mm), pigmentami (czerwień żelazowa, ugier) i niewielkimi dodatkami polioctanu winylu. Stosunek cementu do kruszywa wynosił 1:4.

Na podstawie przeprowadzonych badań (tabela 5) stwierdziliśmy, że mechaniczne i fizyczne właściwości nie ubijanych zapraw „Mineros” są zbliżone do cegieł zabytkowych. Miały one także zbliżoną barwę. Natomiast ich zdolność kapilarnego podciągania wody jest bardzo mała, podobnie jak innych zapraw cementowych. Z tego powodu zaprawy „Mineros” nie powinny być stosowane do uzupełniania cegieł na elewacjach zabytkowych budowli.

Uzupełnianie zaprawy w spoinach

Zaprawy wapienne używane przy wznoszeniu murów budowli ulegają niszczeniu w warunkach zewnętrznych, podobnie jak cegły, wskutek destrukcyjnego działania czynników atmosferycznych, zanieczyszczeń powietrza oraz soli rozpuszczalnych w wodzie. W praktyce usuwa się zwykle zwietrzałe zaprawy i ubytki uzupełnia nową zaprawą (tzw. spoinowanie). Dawniej czyniono to zaprawami wapienno-piaskowymi, jednak z uwagi na ich małą trwałość zastąpiono je zaprawami cementowymi lub, najczęściej, cementowo-wapiennymi. Nie potrzeba udowadniać, że użycie nieodpowiednich zapraw, tzn. mających odmienne właściwości fizyczne i mechaniczne od cegieł, doprowadza do zniszczenia bądź oryginalnych zapraw, bądź cegieł.

Stara zasada konserwatorska, wynikająca z obserwacji i badań mówi, że zaprawa powinna być bardziej porowata, a przede wszystkim łatwiej podciągać wodę

na drodze kapilarnej niż cegły. Powinna ona stanowić „sączek” ściągający wodę z cegieł i kumulujący siłą faktu zawarte w niej sole — wówczas zaprawa ulegać będzie szybszej destrukcji. W przypadku stosowania zapraw małoporowatych i źle transportujących wodę zniszczeniu ulegać będzie cegła. Zaprawy powinny też mieć niższą wytrzymałość mechaniczną od cegieł i zbliżony do nich współczynnik rozszerzalności cieplnej. Na ogół warunkom tym odpowiadają zaprawy wapienne, są one jednak, jak już stwierdzono, bardzo słabe, a więc rzadko stosowane.

W przeciwieństwie do nich zaprawy cementowe mogą być mocne, a zarazem małoporowate i źle transportujące wodę. Takie zaprawy powodują niekiedy zniszczenie całego lica muru. Cegły ulegające destrukcji na granicy z mocną i szczelną zaprawą osypują się i wykruszają. W takich przypadkach pozostaje na ogół nie zniszczona zaprawa, będąca świadectwem wandalizmu konserwatorskiego.

Niestety, w większości badanych przez nas w Polsce obiektów stwierdziliśmy obecność nieodpowiednich zapraw w fugach murów. Są one zwykle bardzo mocne i mało porowate. Sądymy, że wykonawcy nie chcąc dopuścić do szybkiego zniszczenia zastosowanych zapraw używają dużo cementu a mało wapna i w dodatku półplastyczne zaprawy ubijają w spoinach.

Ostatnio podjęliśmy badania nad technologią hydraulicznych zapraw wapiennych (bez cementu), które mają zastąpić omawiane wyżej zaprawy. Jako dodatki hydrauliczne stosowany jest kaolinit, bentonit, glina, diatomit i krzemionka koloidalna. Stosujemy więc dodatki bardziej aktywne niż występujące w rzymskich zaprawach starożytnych¹².

W tabeli 6 podano właściwości niektórych zapraw wapiennych. Wynika z niej, że szczególnie dobre właściwości mechaniczne posiadają zaprawy z kaolinitem, przy jednocześnie dość wysokiej nasiąkliwości. Niestety, wykazują one, podobnie jak zaprawy cementowe, małą zdolność kapilarnego podciągania wody. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że zaprawy wapienno-piaskowe ze zwykłym wapnem mają wytrzymałość na

wykonana pod kierunkiem W. Domasłowskiego, 1984, Archiwum UMK.

12. S. Peroni, C. Tersigni, G. Torraca, *Lime based mortars for the*

repair of ancient masonry and possible substitutes mortars, cement and grouts used in the conservation of historic buildings, Rome 1981, s. 66.

Tabela 6. Wpływ dodatków hydraulicznych na właściwości zapraw wapiennych

c : h : s	Rodzaj dodatku hydraulicznego	D g/cm ³	Rz kG/cm ²	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²	Nw %	t min.
1 : 1 : 6	glina	1,66	4,9	34,4	21,2	17,5	73
1 : 1 : 6	kaolinit	1,73	20,0	117,8	81,1	15,7	198
1 : 0,5 : 4,5	diatomit	1,55	5,3	41,6	35,4	19,6	102

c — wapno hydratyzowane
h — dodatek hydrauliczny
s — piasek
D — gęstość pozorna
Rz — wytrzymałość na zginanie
Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)
Nw — nasiąkliwość wodą
t — czas kapilarnego podciągania wody przez zaprawę do wysokości 5 cm

Tabela 7. Wpływ ilości gliny w stosunku do cementu na właściwości zapraw

c : h : s	D g/cm ³	Rz kG/cm ²	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²	Nw %	t min.
1 : 1 : 6	1,66	4,9	34,4	21,2	17,5	73
1 : 1,5 : 7,5	1,69	3,6	41,7	19,8	16,4	51
1 : 2 : 9	1,66	3,9	30,5	17,8	16,7	35
1 : 2,5 : 10,5	1,68	3,5	22,5	22,5	15,9	30

c — wapno hydratyzowane
h — dodatek hydrauliczny (glina)
s — piasek
D — gęstość pozorna
Rz — wytrzymałość na zginanie
Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)
Nw — nasiąkliwość wodą
t — czas kapilarnego podciągania wody przez zaprawę do wysokości 5 cm

ściskanie do 8 kG/cm², a z wapnem hydraulicznym do 25 kG/cm², to można uznać, że zaprawy z diatomitem i gliną mają interesujące właściwości mechaniczne (34–41 kG/cm²), a większą szybkość kapilarnego podciągania wody, aczkolwiek nie dorównującą szybkości podciągania przez cegły zabytkowe. Właściwości te można jednak poprawić kosztem zmniejszenia wytrzymałości zapraw, zwiększając ilość dodatków gliny lub zwiększając ilość wody i piasku w zaprawach z kaolinitem. Ilustrują to tabele 7, 8 i 9.

Z tabeli 7 wynika, że wraz ze wzrostem ilości gliny w stosunku do wapna rośnie szybkość kapilarnego podciągania wody przez zaprawy i przy stosunku 1:1,5 do 1:2,5 osiągają one zdolność kapilarnego podciągania wody taką, jaką mają zabytkowe cegły. Wytrzymałość zapraw jest zbliżona i większa od standardowych zapraw z wapnem hydraulicznym.

Na podstawie tabeli 8 wnioskujemy, że przy zastosowaniu mniej (zaprawa 1:1:6:2,05) lub więcej wody

niz wynosi wodożądność składników, rośnie zdolność kapilarnego podciągania wody przez zaprawy i osiągnięte są czasy zbliżone do wykazywanych przez zabytkowe cegły. Zaprawy te mają wyraźnie większą wytrzymałość mechaniczną niż zaprawy z gliną (tabela 7).

Wyniki zawarte w tabeli 9 wskazują, że ilość piasku w zaprawie także wpływa na szybkość kapilarnego wznoszenia wody, zbliżając się do szybkości osiągniętej przez cegły zabytkowe.

W niniejszym artykule przytoczyliśmy część wyników badań celem wykazania możliwości stosowania omówionych zapraw zamiast zapraw na bazie cementu portlandzkiego. Podkreślić należy, że mogą one wiązać pod wodą, wykazują znacznie mniejszy skurcz od czysto wapiennych oraz są znacznie od nich odporniejsze na działanie wody. Mogą być także nakładane w warstwach o dowolnej grubości.

Nadmienić należy, że zaprawy „Mineros” (Fugen–Mineros) nie nadają się także do spoinowania cegieł,

Tabela 8. Wpływ ilości wody na właściwości zapraw z kaolinitem

c : h : s : H ₂ O	D g/cm ³	Rz kG/cm ²	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²	Nw %	t min.
1 : 1 : 6 : 1,64	1,49	15,3	33,5	20,5	20,7	7
1 : 1 : 6 : 2,05	1,73	20,0	117,8	81,1	15,7	198
1 : 1 : 6 : 2,45	1,63	14,8	69,3	61,1	19,6	69
1 : 1 : 6 : 2,87	1,57	11,6	56,6	40,3	21,5	52

c — wapno hydratyzowane
h — dodatek hydrauliczny (kaolinit)
s — piasek
D — gęstość pozorna
Rz — wytrzymałość na zginanie
Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)
Nw — nasiąkliwość wodą
t — czas kapilarnego podciągania wody przez zaprawę do wysokości 5 cm

Tabela 9. Wpływ ilości piasku na właściwości zapraw z kaolinitem

c : h : s	D g/cm ³	Rz kG/cm ²	Rc ₁ kG/cm ²	Rc ₂ kG/cm ²	Nw %	t min.
1 : 1 : 4	1,68	17,3	147,9	120,8	15,4	249
1 : 1 : 6	1,73	20,0	117,8	81,1	15,7	198
1 : 1 : 8	1,72	23,0	77,6	50,8	14,9	80
1 : 1 : 10	1,69	17,0	41,5	25,3	14,4	57

c — wapno hydratyzowane
h — dodatek hydrauliczny (kaolinit)
s — piasek
D — gęstość pozorna
Rz — wytrzymałość na zginanie
Rc₁ — wytrzymałość na ściskanie próbek suchych

Rc₂ — wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (24 godz.)
Nw — nasiąkliwość wodą
t — czas kapilarnego podciągania wody przez zaprawę do wysokości 5 cm

ponieważ bardzo trudno podciągają kapilarnie wodę (1 cm po 24 godz.) oraz mają dużą wytrzymałość mechaniczną (Rc = 240–300 kG/cm)¹³.

Program prac badawczych

Doceniając ważność problematyki konserwacji murów ceglanych, prowadzono w latach 1993–1995 badania nad ich kompleksową konserwacją. Były one finansowane przez Komitet Badań Naukowych, a projekt obejmował¹⁴:

- określenie przyczyn niszczenia murów ceglanych,
- usuwanie czynników niszczących (nawarstwienia,

sole rozpuszczalne w wodzie, mikroorganizmy),

c) zabezpieczanie murów przed niszczeniem (hydrofobizacja, obniżenie temperatury zamarzania wody),

d) strukturalne wzmacnianie murów (metody nasycania, preparaty wzmacniające),

e) spoinowanie cegieł (technologia zapraw),

f) uzupełnianie ubytków w ceglach (technologia zapraw),

g) patynowanie cegieł (dobór trwałych środków).

Zrealizowane badania pozwolą na ochronę murów przed niszczeniem oraz na przeprowadzenie ich konserwacji w przypadku, jeżeli będą ulegały zniszczeniu.

13. W Domasłowski, R. Mirowski, D. Sobkowiak, *Badania nad przydatnością zapraw „Mineros” do uzupełniania ubytków w kamieniach*, „Zeszyty Naukowe UMK” 1991, XVIII, s. 83.

14. W Domasłowski, M. Kęsy-Lewandowska, J. W. Łukaszewicz, *Kompleksowa konserwacja murów ceglanych*, Toruń 1995, mpis w Zakładzie Konserwacji Elementów i Detali Architektonicznych UMK.

Select Problems of the Conservation of Brick Walls

The article discusses the causes of the damage and heretofore methods of the conservation of brick walls and red ceramic; it presents methods universally used in conservation and in the Institute for the Conservation of Architectonic Elements and Details.

The authors examine the structural reinforcement of ceramic, the supplementation of gaps, and the reconstruction of the objects, as well as problems connected with the so-called binding of walls (the filling of gaps in the mortar).

It has been found that the method of exchanging damaged bricks for new ones can be replaced by suitable conservation

operations, which structurally reinforce the bricks, supplement the existing gaps by means of brick-alike mortars whose physical and mechanical properties resemble brick, and the application of suitable mortar (also with similar properties) for the purposes of binding the walls.

The article contains the programme of research conducted by the staff of the Institute for the Conservation of Architectonic Elements and Details, made possible by a grant funded by the Committee for Scientific Research (1993-1995).

Year	Number of objects	Number of bricks	Number of gaps	Number of mortar joints	Number of decorative elements	Number of other elements
1992	12	1500	100	200	50	100
1993	15	1800	120	250	60	120
1994	18	2200	150	300	70	150
1995	20	2500	180	350	80	180