

## **PROCES NISZCZENIA MURÓW CEGLANYCH W ZABYTKOWYCH BUDYNKACH I OBIEKTACH PRZEMYSŁOWYCH<sup>1</sup>**

Piotr GORECKI, Jerzy WYRWAŁ  
Politechnika Opolska, Opole

### **1. Wprowadzenie**

W prezentowanym artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z trwałością i niszczeniem murów ceglanych starych, zabytkowych budynków i obiektów przemysłowych. Omówiono wpływ jakości cegieł i spajających je zapraw wapiennych na tempo niszczenia murów, a także ich odporności na działanie różnorodnych czynników agresywnych, takich jak woda i rozpuszczone w niej sole, substancje zanieczyszczające atmosferę, mikroorganizmy, zmiany temperatury i czynniki mechaniczne.

### **2. Trwałość zabytkowych murów ceglanych**

Trwałość murów ceglanych starych, zabytkowych budynków i obiektów przemysłowych, a także tempo ich niszczenia zależą w głównej mierze od jakości cegieł i spajających je zapraw wapiennych, a także ich odporności na działanie różnorodnych czynników agresywnych.

#### **2.1. Trwałość cegieł w starych murach**

Cegły w zabytkowych murach różnią się od siebie wieloma cechami fizycznymi i mechanicznymi, a także odpornością na działanie wody i czynników atmosferycznych (np. kwaśnych deszczów). Warto przypomnieć, że właściwości cegły zależą w głównej mierze od: składu i jakości gliny, oraz sposobu jej przygotowania, domieszek naturalnych zawartych w glinie bądź też stosowanych w procesie produkcji, warunków, temperatury i czasu suszenia, temperatury i warunków wypalania, a także warunków chłodzenia.

Nieodporne na działanie wody i krystalizujących soli są cegły źle wypalone, zawierające niedokładnie wymieszane i gruboziarniste domieszki margla czy też piryty oraz domieszki soli rozpuszczalnych w wodzie. Cegły takie łatwo pęcznieją pod wpływem wody i ulegają niszczącemu działaniu kwasów i zasad. Nasiąkliwość takich cegieł jest duża i kształtuje się od kilku do kilkudziesięciu procent. Cegły o niskich parametrach mechanicznych odznaczają się niejednorodną strukturą i kolorem, występują w nich rysy, a także rozwarstwiają się i łatwo pękają.

---

<sup>1</sup> Artykuł opracowano na podstawie referatu wygłoszonego na polsko-czeskiej konferencji „Kulturní památky a opuštěné objekty” Hradec nad Moravicí, 15-16.04.2010.

Ponieważ w dawnych czasach nie było możliwości precyzyjnego sterowania procesem produkcji cegły jak to ma miejsce obecnie, dlatego też w starych budynkach i budowlach, obok cegieł o dobrych parametrach mechanicznych i fizycznych, spotyka się dość często cegły o niskiej jakości. Jeśli cegły takie znajdują się w murach zewnętrznych, głównie narażonych na działanie czynników atmosferycznych, to ulegając z biegiem czasu znacznej lub całkowitej destrukcji prowadzą do istotnego zmniejszenia się trwałości murów, w które są wbudowane.

Na przykład z badań cegieł gotyckich pobranych z budynków zabytkowych w Toruniu wynika [2, 3], że cegły te charakteryzowały się stosunkowo małą wytrzymałością na ściskanie (od 6,0 do 9,0MPa), zaś ich nasiąkliwość była stosunkowo duża (po 24 godzinach wynosiła od 9,0 do 16,0%), natomiast właściwości kapilarne były dobre (czas kapilarnego podciągania wody do wysokości 5cm mieścił się w przedziale od 20 do 60min.). Konsekwencją takich i podobnych właściwości starych cegieł jest niska odporność wielu zabytkowych murów na działanie czynników zewnętrznych, a w szczególności wody, rozpuszczalnych w wodzie soli oraz zmian temperatury (zamarzanie i odmarzanie wody).

## **2.2. Trwałość zapraw wapiennych w starych murach**

Wiadomo, że właściwości fizyczne i mechaniczne zapraw wapiennych zależą od wielu czynników. Decydujący wpływ na jakość zaprawy murarskiej ma przede wszystkim jakość wapna, ilość i rodzaj kruszywa, oraz jego granulacja, a także warunki, w jakich zachodzi proces wiązania zaprawy (sprzyja temu powolne jej wysychanie). Jeśli proces ten zachodzi w dobrych warunkach, a takie na przykład panują we wnętrzach budynków, to zaprawy wapienne uzyskują dobrą jakość, która polepsza się z biegiem czasu. Należy jednak pamiętać o tym, że nawet najlepsze zaprawy wapienne mają niską wytrzymałość mechaniczną, a także małą odporność na działanie wody i innych czynników atmosferycznych, dlatego też spoiny z zaprawy wapiennej ulegają w starych murach stosunkowo łatwemu niszczeniu.

## **3. Niszczenie zabytkowych murów ceglanych**

Stare mury z upływem czasu zawsze ulegają szybszemu lub wolniejszemu niszczeniu, Do głównych czynników powodujących obniżenie ich trwałości należy zaliczyć wodę i rozpuszczone w niej sole, substancje agresywne zanieczyszczające atmosferę, mikroorganizmy, a także zmiany temperatury i czynniki mechaniczne.

### **3.1. Niszczenie murów przez wodę i czynniki atmosferyczne**

Mury ceglane są niszczone przez wody opadowe (deszcz, śnieg, grad) i gruntowe, a także skondensowaną w ich wnętrzu parę wodną. Każde z wymienionych „rodzajów wody” może także zawierać składniki agresywne (sole i kwasy). Do szczególnie zanieczyszczonych należą wody gruntowe oraz śnieg i mgła (szczególnie w pobliżu ośrodków przemysłowych). Woda zawarta w murach ceglanych powoduje ich niszczenie chemiczne, fizyczne i biologiczne. Warto podkreślić, że czynniki chemiczne i biologiczne nie wywołują procesów destrukcyjnych w murach suchych, dlatego tak ważnym jest osuszenie murów nadmiernie zawilgoconych (jest to zazwyczaj proces długotrwały i kosztowny). Niszczące działanie wody na składniki materiałów murów jest spowodowane ich rozpuszczaniem, pęcznieniem, wymywaniem, a także rozkładem chemicznym i fizycznym.

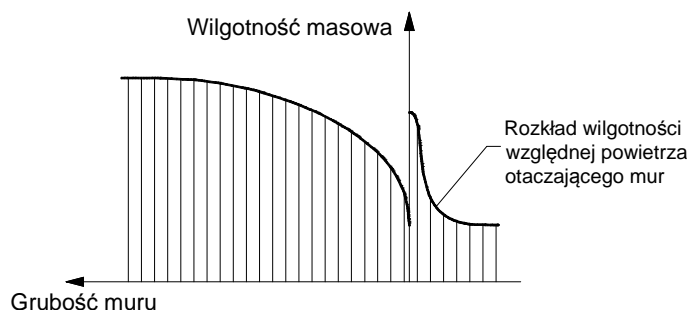
Klasyfikację stopni zawilgocenia murów ceglanych zawiera tablica 1, zaś rozkład wilgotności masowej po grubości muru przedstawia rys.1. Z rysunku tego wynika, że najbardziej zawilgocone są wewnętrzne warstwy muru, szczególnie w przypadku ich znacznej grubości.

Tablica 1. Stopnie zawilgocenia murów [4]

Stopień	Wilgotność masowa [%]	Mur
I	0-3	o dopuszczalnej wilgotności
II	3-5	o podwyższonej wilgotności
III	5-8	średnio zawilgocony
IV	8-12	mocno zawilgocony
V	>12	mokry

Znajdujące się w wodzie zawartej w murach kwasy: węglowy (słaby), oraz solny, azotowy i siarkowy (mocne), powstają wskutek rozpuszczania się w niej, zawartego w powietrzu, dwutlenku węgla oraz innych gazów je zanieczyszczających (głównie tlenków siarki i azotu, chlorowodoru i fluorowodoru). Wszystkie wymienione wyżej kwasy działają destrukcyjnie na mury ceglane.

W przypadku kwasów solnego i azotowego jest to destrukcja natychmiastowa, polegająca na rozkładaniu węglanów znajdujących się na powierzchni muru, a następnie niszczeniu coraz głębszych jego warstw. Ponieważ kwasy te działają wyłącznie w środowisku wodnym, to rozmiary destrukcji muru zależą od ich stężenia i częstotliwości oddziaływania, które są prostą konsekwencją częstotliwości i długości okresów występowania zawilgocenia murów.



Rys. 1. Rozkład wilgotności masowej na grubości muru [4]

Fig. 1. Moisture mass content in a brick wall [4]

Obecność kwasu węglowego sprzyja tworzeniu się nawarstwień węglanowych. Wydawać by się mogło, że proces ten wpływa na zwiększenie trwałości i wytrzymałości muru a tym samym jego odporności na czynniki mechaniczne. Jednak powstawanie tych nawarstwień ma ścisły związek z osłabieniem wytrzymałości wewnętrznych partii muru wskutek migracji węglanu wapnia (w formie kwaśnego węglanu) ze strefy zawilgocenia do porów powierzchniowych. Z upływem czasu następuje więc coraz większe osłabienie partii wewnętrznych zapraw, a także cegieł (jeśli występuje w nich węglan wapnia – w postaci margla) i coraz większe uszczelnienie powierzchni murów. W efekcie końcowym, na skutek: krystalizacji soli rozpuszczonych w wodzie pod nawarstwieńiami,

zamarzania wody uwięzionej w warstwach wewnętrznych w konsekwencji uszczelnienia powierzchni muru, naprężeń ścinających między nawarstwieniami a murem, spowodowanych różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej, obserwuje się pęknięcie i złuszczenie się warstw powierzchniowych (nawarstwień), oraz odsłanianie zniszczonych wewnętrznych partii muru [2].

W przypadku działania kwasu siarkowego proces powstawania nawarstwień na powierzchni muru zachodzi szczególnie łatwo, ponieważ przemianie węglanu wapnia w siarczan wapnia (gips) towarzyszy około dwukrotne zwiększenie jego objętości.

### 3.2. Niszczenie murów przez sole rozpuszczalne w wodzie

Rozpuszczalne w wodzie sole niszczą zabytkowe mury ceglane głównie w rezultacie ich krystalizacji i powiększania się kryształów. Sole silnych kwasów i słabych zasad mogą je także niszczyć na drodze chemicznej (np. chlorek, siarczan i azotan amonu, wapnia, żelaza i inne), ponieważ w wyniku ich hydrolizy tworzą się kwasy: solny, siarkowy, azotowy, których niszczące działanie na mury zostało opisane wyżej.

Głównymi źródłami zasolenia murów są: woda gruntowa, sól wykorzystywana w okresie zimowym do posypywania nawierzchni, zanieczyszczenia przemysłowe, nawozy sztuczne oraz zachodzące w murach procesy chemiczne. Rozpuszczone w wodzie sole przemieszczają się wraz z roztworem z głębszych warstw muru do jego obszarów przypowierzchniowych, gdzie wskutek odparowania wody ulegają krystalizacji, osadzając się na powierzchni muru bądź w jego porach przypowierzchniowych. Największe skupiska soli tworzą się tam, gdzie odparowywanie wody jest najbardziej intensywne, dlatego też takie części muru są najbardziej narażone na zniszczenie. Zależnie od właściwości i struktury muru, rodzajów soli i ich stężenia, a także warunków wysychania (temperatury i wilgotności) sole mogą tworzyć plamy, zacieki, wykwit, a także matowe i szkliste nawarstwienia o różnej strukturze i właściwościach [1,2].

Stopnie zasolenia murów ceglanych zawiera tablica 2, zaś rozkład zasolenia po grubości muru przedstawia rys.2. Z rysunku tego wynika, że największe stężenie soli występuje w warstwach przypowierzchniowych muru, tam gdzie odparowywanie wody jest największe, a tym samym zawilgocenie – najmniejsze (por. rys. 1).

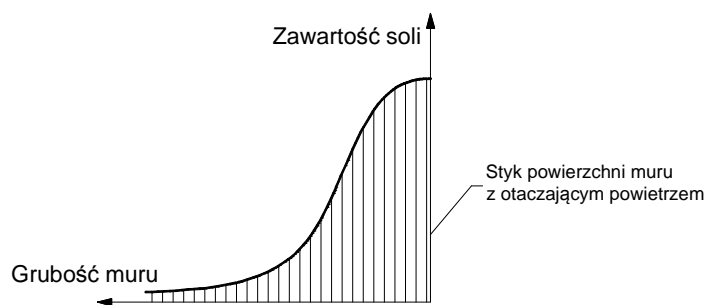
Tablica 2. Stopnie zasolenia murów [5]

Rodzaj soli	Zawartość masowa soli [%]		
Chlorki	<0.2	0.2-0.5	>0.5
Azotany	<0.1	0.1-0.3	>0.3
Siarczany	<0.5	0.5-1.5	>1.5
Stopień zasolenia	niski	średni	wysoki

Zatem krystalizacja soli występują głównie w przypowierzchniowych porach i szczelinach murów, gdzie stężenie roztworów soli jest największe (rys. 2). Ciśnienie krystalizacyjne jest wystarczająco duże, aby przy powtarzających się cyklach rozpuszczania soli i jej krystalizacji doprowadzić stopniowo do zniszczenia tych części muru. Bardzo niebezpieczne dla murów są łatwo rozpuszczalne w wodzie siarczany sodu i magnezu oraz węglan sodu [2]. Zwiększanie się stopnia uwodnienia wypełniających pory i szczeliny muru bezwodnych postaci tych soli lub ich hydratów o niskim stopniu uwodnienia skutkuje znacznym zwiększeniem ich objętości. Warto zaznaczyć, że ciśnienie hydratacyjne wywierane na ścianki porów materiału muru może osiągać tak znaczne

wartości, że przy powtarzającym się (kilkakrotnym) procesie hydratacji i dehydratacji soli może ono doprowadzić do całkowitego zniszczenia jego struktury wewnętrznej.

Warto zaznaczyć, że znajdujące się w murze sole (zarówno w postaci roztworów, jak i kryształów) zmieniają też jego efektywną przewodność cieplną, co należy uwzględnić przy obliczaniu strat ciepła z pomieszczeń budynków zabytkowych [6].



Rys. 2. Rozkład zawartości soli rozpuszczalnych na grubości muru [4]

Fig. 2. Soluble salts content in a brick wall [4]

### 3.3. Niszczenie murów przez czynniki biologiczne

Głównymi czynnikami biologicznymi niszczącymi mury są drobnoustroje (glony, porosty, grzyby oraz bakterie) oraz roślinność zielona. Mechanizm niszczący wydzielanych w wyniku procesów metabolicznych kwasów organicznych (np. mlekowego, szczawiowego, i octowego) jest podobny do opisanego wyżej działania kwasów nieorganicznych [2]. Natomiast działanie mechaniczne roślinności zielonej, czyli wrastanie korzonków i chwytників (np. mchów) w pory i szczeliny muru powoduje jego osłabienie, niszczenie, pękanie oraz rozpad cegieł i zapraw. Dlatego też należy starannie usuwać z powierzchni zabytkowych budynków wszelkiego rodzaju drobnoustroje i roślinność zieloną.

### 3.4. Niszczenie murów przez zmiany temperatury

Istotnym czynnikiem niszczącym mury są gwałtowne wahania temperatury, szczególnie o dużej amplitudzie i przy jej spadku poniżej punktu zamarzania wody w porach materiału. W takich warunkach woda znajdująca się w porach, kapilarach oraz szczelinach zamarza doprowadzając stopniowo do rozsadzania mur. Niszczące działanie lodu na mur zmniejsza do pewnego stopnia zjawisko przemieszczania się wody zamarzającej w materiale do porów niewypełnionych wodą, a także jej przechłodzenie w kapilarach o małych średnicach. Powoduje to znaczące obniżenie temperatury zamarzania wody w materiałach o strukturze porowatej [7]. Z uwagi na powyższe zjawiska przyjmuje się, że niszczące działanie lodu na mury jest w praktyce znacznie mniej groźne niż działanie soli rozpuszczalnych w wodzie [2].

### 3.5. Niszczenie murów przez czynniki mechaniczne

Duże zniszczenia mechaniczne murów może spowodować wiatr, który porywając pyły, drobny piasek i inne rozdrobnione materiały może ścierać słabe powierzchni i zaokrąglać

naroża. Innymi niszczącymi czynnikami mechanicznymi są: grad, wstrząsy i drgania (np. od pojazdów mechanicznych), korozja dybli, kotew i innych elementów stalowych.

#### **4. Podsumowanie**

W prezentowanym artykule przedstawiono wybrane czynniki wpływające na trwałość cegieł i zapraw wapiennych, a także krótko omówiono podstawowe przyczyny niszczenia murów ceglanych starych, zabytkowych budynków i obiektów przemysłowych. Nie omawiane w referacie zagadnienia związane z konserwacją zabytków budownictwa murowanego zostały opisane szczegółowo w pracy [1].

#### **Literatura**

- [1] Borusiewicz W., Konserwacja zabytków budownictwa murowanego, Arkady, Warszawa, 1985.
- [2] Domasłowski W., Zasady konserwacji murów ceglanych i kamiennych detali architektonicznych, Ochrona Zabytków, Warszawa, 1, 2005, 97-112.
- [3] Domasłowski W., Kęsy-Lewandowska M., Łukaszewicz J. W., Badania nad konserwacją murów ceglanych, Wydawnictwo UMK, Toruń 2005.
- [4] Hoła J., Matkowski Z., Wybrane problemy dotyczące zabezpieczeń przeciwwilgociowych ścian w istniejących obiektach murowanych, XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie budowlane“, Szczecin-Międzyzdroje, 2009, 73-92.
- [5] Instrukcja WTA. Markblatt 2-9-04/D Sanierputzsysteme.
- [6] Wyrwał J., Wpływ soli na efektywną przewodność cieplną ścian budowli zabytkowych, RIB nr 9, PAN Oddział w Katowicach, Katowice-Opole 2009, 109-114.
- [7] Wyrwał J., Podstawy fizyczne procesu zamarzania wody w porowatych materiałach budowlanych, RIB nr 6, PAN Oddział w Katowicach, Katowice-Opole 2006, 157-160.

### **DEGRADATION PROCESS OF OLD BRICK WALLS IN MONUMENTAL AND INDUSTRIAL BUILDING**

#### **Summary**

The article presents basic problems concerning durability and degradation of old brick walls in monumental and industrial building. The work contains the impact of quality of brick and lime mortar on degradation rate. It also includes problems of masonry resistance to factors like moisture, soluble salts, air pollution, microorganisms, thermal changes and mechanical factors.