

Wiesław Domaśłowski

konserwator

Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu

## ZASADY KONSERWACJI MURÓW CEGLANYCH I KAMIENNYCH DETALI ARCHITEKTONICZNYCH

Od kilku, a może kilkunastu lat postulaty zawarte w Karcie Weneckiej (1964 r.)<sup>1</sup> ulegają w Polsce zapomnieniu. Bardziej niż konserwacja zachowawcza i prawidłowe, zgodne z zasadami konserwatorskimi, wykonanie zabiegów, ceniona jest estetyka wykonanych prac i ich wygląd zewnętrzny. Sprzyja temu zresztą procedura konkursów, kontroli i odbioru realizowanych zadań, jak też trendy przychodzące z Zachodu oraz łatwy dostęp do gotowych materiałów i nowoczesnych technologii.

W przypadku konkursów najważniejszym kryterium przyjęcia oferty jest cena kosztorysowa, a nie program prac i metody jego realizacji. Po prostu akceptowane są oferty najtańsze, a przecież „tanie” nie jest synonimem jakości. Do wyjątków należy przyjmowanie ofert o wyższej cenie i należy się z tego cieszyć. Moim zdaniem program merytoryczny proponowanych prac powinien być oceniany na piśmie przez wiarygodnego rzeczoznawcę z danej dziedziny konserwacji, bez udostępniania mu nazwy firmy, nazwisk wykonawców i kosztorysu. Jego bezstronna opinia powinna być brana pod uwagę przez komisję jako kryterium najważniejsze. Także kontrolę prowadzonych prac powinni sprawować specjaliści-rzeczoznawcy od momentu ich rozpoczęcia, a po zakończeniu wydawać pisemną opinię.

Należy podkreślić, że nawet najlepszy pracownik urzędu konserwatorskiego, niebędący dyplomowanym konserwatorem dzieł sztuki, nie jest w stanie ocenić zasadności programu prac konserwatorskich i nie może – ze względu na brak odpowiedniego przygotowania fachowego – sprawować kontroli nad prawidłowością ich wykonania<sup>2</sup>. Poprawność prac może ocenić wyłącznie wybitny specjalista z dużym doświadczeniem konserwatorskim, kontrolujący z dużą częstotliwością postępy działań i ich zgodność z ofertą.

Przed kilkoma laty sugerowałem i nadal postuluje, aby w urzędach konserwatorskich pracowali na etatach dyplomowani konserwatorzy dzieł sztuki, pełniąc funkcje referentów ds. konserwacji zabytków, inspektorów nadzoru itp.<sup>3</sup>

Należy podkreślić, że także komisje konserwatorskie powoływane do odbioru prac nie mogą spełniać pokładanych w nich nadziei. Zwykle nie jest to



1. Niszczący mur ceglany. Fot. W. Domaśłowski.

1. Brick wall undergoing damage. Photo: W. Domaśłowski.

odbior merytoryczny, lecz formalny. Członkowie komisji nie są w stanie inaczej ocenić pracy, jak pod względem estetycznym. Ich opinie entuzjastyczne czy negatywne związane są z subiektywnym odczuciem, a nie dotyczą poprawności wykonanych prac pod względem konserwatorskim. Często nie sprawdzają oni nawet, czy prace zostały zrealizowane zgodnie z programem zawartym w ofercie. Sądzę, że komisje powinny się wypowiadać i podejmować decyzje na podstawie pisemnych opinii rzeczoznawców.



2. Korodujące pręty stalowe niszczą słupy betonowe. Fot. W. Domasłowski.  
2. Corroding steel rods damage concrete pillars. Photo: W. Domasłowski.

Nieprawidłowemu wykonaniu prac konserwatorskich sprzyja łatwy dostęp do różnorodnych materiałów i preparatów konserwatorskich, o których producenci piszą i mówią, że są rewelacyjne, skuteczne i niezastąpione. Reklama tych materiałów działa podobnie jak reklama cudownych środków farmaceutycznych – gdyby im wierzyć, powinniśmy żyć w zdrowiu co najmniej kilkadziesiąt lat dłużej. Niestety, wiara w skuteczność owych środków jest wśród konserwatorów dość powszechna. Jakże wygodnie jest kupić i zastosować polecany przez producentów preparat, zamiast łamać sobie głowę nad doborem określonych materiałów, a następnie trudzić się nad ich przyrządzaniem. Konserwatorzy przyjmują na wiarę opinie wytwórców i nie trudzą się sprawdzaniem jakości i przydatności ich wytworów.

Niedawno, jako członek komisji zajmującej się konserwacją cennej dużej budowli, zaproponowałem, aby poddać badaniom materiały i preparaty, które miały być zastosowane. Koszt badań stanowiłby ułamek procentu ogólnych, wielkich zresztą kosztów konserwacji. Moja propozycja nie spotkała się ze zrozumieniem inwestora i wykonawców (w konsekwencji przestano mnie zapraszać na posiedzenia komisji). Jeden z wybitnych specjalistów wyraził opinię, że takie badania nie są konieczne, skoro właściwości materiałów wyszczególniono w prospektach. Stwierdzam, że taki pogląd jest naiwny. Wytwórcy nie podają wszystkich interesujących konserwatorów danych, a cechy negatywne z reguły po prostu przemilczają. Nie wszystkie informacje są zatem prawdziwe i zgodne z wymaganiami konserwatorskimi.

Jak dotychczas, badaniami przydatności preparatów i materiałów do konserwacji zajmują się prawie wyłącznie pracownicy Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu oraz pracownicy

Laboratorium Konserwacji Kamienia PKZ, również w Toruniu. Zwykle wyniki są publikowane. Niestety, tych prac jest za mało. Pozwalam sobie więc wystąpić z apelem do Wydziałów Konserwacji Dzieł Sztuki w Krakowie i Warszawie o podjęcie badań w tym zakresie, także w ramach prac dyplomowych, i ich publikowanie na łamach czasopism specjalistycznych. O skuteczne poparcie tego rodzaju badań zwracam się także do Ministerstwa Kultury.

## Trwałość murów ceglanych

Synonimem trwałości materiałów są, zgodnie z potocznym przekonaniem, mur, żelazo, beton (il. 1, 2, 3).

Jednak troszkę bardziej wtajemniczeni wiedzą, że i one, w zależności od jakości materiałów i warunków, w jakich się znajdują, ulegają szybszemu lub wolniejszemu zniszczeniu. Tempo tego procesu zależy oczywiście od wielu czynników, co zostanie wykazane na podstawie trwałości murów ceglanych, a przede wszystkim odporności ich składników na działanie czynników agresywnych. Ich trwałość jest zależna głównie od właściwości cegieł i spajających je zapraw wapiennych.

### Cegły

Cegły różnią się właściwościami mechanicznymi i fizycznymi oraz odpornością na działanie wody i czynników chemicznych. Tak było w wiekach średnich, tak jest i obecnie. Właściwości cegieł zależą od jakości gliny, sposobu jej przygotowania, stosowanych celowo domieszek lub obecności gruboziarnistych domieszek naturalnych (żwir, kamienie) zawartych w glinie, od formowania plastycznego, warunków suszenia i gamowania (magazynowania surówki przeznaczonej do wypalania), temperatury i czasu suszenia, wypalania w odpowiednich temperaturach,



3. Niszczący beton. Fot. W. Domasłowski.  
3. Concrete undergoing damage. Photo: W. Domasłowski.



4. Ulegające zniszczeniu źle wyrobione i wypalone cegły. Fot. z archiwum autora.

4. Badly prepared and baked bricks. Photo: from the archive of the author.

od dostępu powietrza do wypalanych wyrobów, a następnie od warunków chłodzenia. Można powiedzieć, że cegły o niskich parametrach mechanicznych otrzymywane są z glin chudych lub zawierających dużo dodatków schudzających, gdy składniki masy ceglarskiej nie zostały dobrze wymieszane, prawidłowo formowane i suszone, były wypalone w niskich temperaturach lub przez zbyt krótki czas. Cegły takie charakteryzują się zwykle niejednorodną strukturą i kolorem, występują w nich mikrorysy, rozwarstwiają się i łatwo pękają (il. 4).

Źle wypalone cegły, zawierające w składzie niedokładnie wymieszane i gruboziarniste domieszki margla czy pirytu oraz domieszki soli rozpuszczalnych w wodzie, są nieodporne na działanie wody i krystalizujących soli. Cegły takie mogą pęcznieć pod wpływem wody i ulegać niszcącemu działaniu kwasów i zasad. Nasiąkliwość cegieł także zależy od wyżej wymienionych czynników i kształtować się może od kilku do kilkudziesięciu procent (według Polskiej Normy nasiąkliwość zwykłej cegły glinianej może wynosić 4,0-24,0%). Czas kapilarnego podciągania wody przez cegły współczesne jest zwykle krótki. Badania własne pozwoliły ustalić, że woda wznosiła się w tych ceglach na wysokość 2 cm w czasie 6-100 min.

W zależności od właściwości mechanicznych Polska Norma dzieli cegły współczesne na klasy o wytrzymałości na ściskanie od 5,0 do 20,0 MPa. Dobre cegły charakteryzują się: jednolitą barwą, określonym kształtem i wymiarami, przełosem jednorodnym (struktura, barwa), brakiem rys, pęknięć, wad powierzchniowych (pęcherzy, plam, zgrubień, bruzd) oraz domieszek margla, pirytu i soli rozpuszczalnych w wodzie, a szczególnie siarczanów.

Obecnie łatwiej jest produkować cegły dobrej jakości, ponieważ można precyzyjnie badać jakość surowców i dokładnie dawkować domieszki, mieszać je i kształtować mechanicznie, suszyć i gamować w odpowiednich warunkach, jak też wypalać w odpowiednich temperaturach i czasie wyznaczonym przez składniki tworzące surówkę. Także chłodzenie

może być wykonane precyzyjnie. Niestety, pomimo takich możliwości w handlu znajdują się cegły nieodpowiadające wymaganiom stawianym przez Polską Normę.

Takich udogodnień nie mieli dawni wytwórcy i dlatego obok cegieł o dość dobrych właściwościach mechanicznych i fizycznych spotykamy cegły o kiepskiej jakości, a właśnie takie, znajdując się w murach zewnętrznych, najczęściej uległy całkowitej destrukcji i zostały zastąpione innymi, nowymi ceglami. Badania prowadzone w środowisku toruńskim pozwoliły ustalić, że cegły gotyckie charakteryzują się wytrzymałością na ściskanie od 6,0 do 9,0 MPa, ich nasiąkliwość wodą wynosi po 24 godzinach od 9,0 do 16,0%, a czas kapilarnego podciągania wody do wysokości 5 cm – od 20 do 60 min. Biorąc pod uwagę bardzo małą wytrzymałość mechaniczną omawianych cegieł, ich stosunkowo dużą nasiąkliwość i bardzo dobre właściwości kapilarne, nie należy się dziwić ich małej odporności na działanie czynników zewnętrznych, a szczególnie wody i zmian temperatury (zamarzanie wody).

#### Zaprawy wapienne

Odpowiedź na pytanie, dlaczego zaprawy wapienne spajające cegły w murach ulegają zniszczeniu, jest stosunkowo prosta – mają one małą wytrzymałość mechaniczną, niedostateczną odporność na wodę i działanie innych czynników atmosferycznych (il. 5). Zgodnie z Polską Normą wytrzymałość na ściskanie zapraw do wznoszenia murów ceglanych powinna wynosić zaledwie 0,2-0,4 MPa (maksymalna 0,8 MPa), przy dużej zarazem nasiąkliwości wodą (15-20% – bad. własne) i dobrych właściwościach kapilarnych (podciągają do wys. 5 cm w czasie 20-30 min – bad. własne).



5. Mur z ubytkami w warstwie powierzchniowej rozłożonej i wypłukanej zaprawy wapiennej. Fot. W. Domasłowski.

5. Wall with gaps in the surface layer of washed out lime mortar. Photo: W. Domasłowski.



6. Fragment średniowiecznego muru z doskonale zachowaną zaprawą wapienną. Fot. W. Domasłowski.

6. Fragment of a mediaeval wall with excellently preserved lime mortar. Photo: W. Domasłowski.

Właściwości fizyczne i mechaniczne dawnych, a także obecnych zapraw wapiennych zależą od wielu parametrów, lecz przede wszystkim od jakości wapna. Wapno palone powinno być otrzymywane z czystych surowców, bogatych w węglan wapnia. Kamień wapienny musi być wypalony w odpowiedniej temperaturze, a następnie wapno poprawnie zgaszone. Dobre gaszenie (lasowanie) wapna zachodzi przy użyciu ściśle określonej ilości wody i w kontrolowanej temperaturze. Wymieszanie wapna z wodą nie kończy jednak procesu jego gaszenia, ponieważ cząstki tlenku wapnia (wapna palonego) nie ulegają całkowitemu przekształceniu w wodorotlenek wapnia (wapno gaszone). Przyczyną tego zjawiska jest to, że powstający na ziarnach tlenku wapnia jego wodorotlenek tworzy szczelną powłokę (żel), utrudniającą dostęp wody do nieprzereagowanych cząsteczek tlenku wapniowego. Takie zjawisko zachodzi także przy otrzymywaniu wapna hydratyzowanego (sucho gaszonego). Aby zakończyć omawiany proces, wapno wlewano do dołów ziemnych, w których zachodziło dogaszenie w okresie kilku czy kilkunastu lat. W takich warunkach wapno staje się drobnoziarniste, jednorodne, czyste i nabywa właściwości tiksotropowych. Omawiane wapno, zwane dołowanym, charakteryzuje się wysoką jakością.

Użycie tego wapna nie gwarantuje jednak uzyskania dobrej zaprawy murarskiej. Decydują o tym także ilość i rodzaj kruszywa, jego granulacja oraz warunki, w jakich zachodzi wiązanie zaprawy. Warunki wiązania są prawidłowe wówczas, gdy zaprawa wysycha powoli, co sprzyja karbonatyzacji wapna. Z biegiem czasu, jeśli proces wiązania zachodzi w dobrych warunkach, na przykład we wnętrzach budowli, zaprawy uzyskują optymalne właściwości i z biegiem czasu się polepszają. Dzieje się tak nie tylko dzięki powstaniu węglanu wapniowego, lecz także wskutek reakcji wodorotlenku wapnia z krzemionką (piaskiem). Powstający krzemian wapnia silnie wiąże ziarna piasku między sobą, co przyczynia się w znacznym stopniu do zwiększenia wytrzymałości, twardości i wodoodporności zapraw (il. 6).

Znacznie lepsze zaprawy niż z wapna hydratyzowanego lub dołowanego można otrzymać, stosując wapno dyspergowane. Uzyskuje się je na drodze rozdrabniania wapna hydratyzowanego w odpowiednich młynach szybkoobrotowych. Takie wapno, bardzo drobnoziarniste, pozwala na otrzymywanie zapraw o ok. 4 razy większej wytrzymałości na ściskanie (3,0-3,5 MPa) niż ze zwykłego wapna hydratyzowanego.

Zaprawy o jeszcze większej wytrzymałości, porównywalne do zapraw cementowych, uzyskiwali już budowniczowie w starożytnym Rzymie dzięki dodatkom do wapna tzw. pucolanów, zawierających krzemionkę o wysokim stopniu rozdrobnienia (tzw. krzemionka aktywna). Badania rzymskich zapraw zawierających dodatki wymienionych naturalnych pucolanów pozwoliły ustalić, że osiągały one wytrzymałość na ściskanie do ok. 20,0 MPa, podczas gdy współczesne zaprawy z wapnem hydraulicznym – do ok. 2,5 MPa.

Zaprawy o tak wysokich parametrach mechanicznych można także uzyskać, stosując jako dodatki współczesne pucolany, np. metakaolinit, otrzymywany na drodze wypalania kaolinitu (badania własne). Pozwala to na otrzymanie zapraw wapiennych o wytrzymałości do 15,0 MPa.

## Trwałość kamiennych detali architektonicznych

O trwałości kamiennych detali architektonicznych decyduje rodzaj skały, z jakiej zostały wykonane. Do najmniej podatnych na zniszczenie należą elementy wykonane ze skał magmowych, np. granitów, sjenitów czy bazaltów. Niszczeniu ulegają zwykle cienkie powierzchniowe warstewki detalu, najczęściej wskutek tarcia i rozkładu glinokrzemianów. Skały magmowe o dużej zawartości skaleni wietrzeją szybciej niż bezskaleniowe. Skały zawierające skaleni i mikię wietrzeją szybciej niż skały bez miki. I w końcu, w przypadku obecności miki, szybciej ulegają zniszczeniu skały magmowe zawierające biotyt niż te, które zawierają muskowit.

Spośród skał osadowych do najtrwalszych należą skały nieporowate, np. wapienie zbite (tzw. marmury pospolite), wapienie skaliste i mało porowate piaskowce o lepszemu krzemionkowym. Mniej odporne są piaskowce o lepszemu wapnistym, a szczególnie ilastym. Pośrednie właściwości mają piaskowce o lepszemu mieszanym, np. krzemionkowo-wapnisto-ilastym. W zależności od przewagi określonych minerałów spajających są bardziej lub mniej odporne. Do mniej odpornych zaliczamy także wapienie lekkie, o dużej porowatości i nasiąkliwości.

Do bardziej podatnych na zniszczenie należą kamienie o teksturze uwarstwionej, łatwo rozwarstwiającej się wzdłuż warstw sedymentacyjnych (il. 7), bardziej porowate oraz zawierające znaczne ilości spoiwa, przede wszystkim ilastego.

Marmury właściwe, należące do skał metamorficznych, są, podobnie jak wapienie zbite, skałami mniej podatnymi na mechaniczne i fizyczne czynniki niszczące.

Wszystkie natomiast skały osadowe i metamorficzne zawierające w swoim składzie węglany (głównie kalcyt) nie są odporne na działanie substancji kwaśnych (kwas siarkowy, solny, azotowy, węglowy i inne).

Tak więc odporność kamiennych detali architektonicznych jest uzależniona od składu mineralogicznego skał, z których je wykonano, oraz od ich struktury i tekstury.



7. Płytkowe rozwarstwienie się kamieni zgodnie z uwarstwieniem. Fot. z archiwum autora.

7. Slab stratification of stones in accordance with arrangement into layers. Photo: from the archive of the author.

## Czynniki niszczące mury ceglane i detale kamienne

Spośród licznych czynników niszczących budowle i detale architektoniczne należy wymienić wodę i sole w niej rozpuszczalne, substancje agresywne zanieczyszczające atmosferę, mikroorganizmy, zmiany temperatury i czynniki mechaniczne.

### Działanie wody i składników zanieczyszczających atmosferę

Materiały budowlane są niszczone zarówno przez wody opadowe (deszcz, śnieg, grad), jak i przez wodę kondensacyjną i gruntową (il. 8, 9). Umożliwia



8. Tynk i mur niszczone przez wodę gruntową. Fot. W. Domasłowski.

8. Plaster and wall damaged by underground water. Photo: W. Domasłowski.

ona niszczenie chemiczne, fizyczne i biologiczne. Jeśli materiały budowlane są suche, czynniki chemiczne i biologiczne nie wywołują procesów destrukcyjnych. Wszystkie wymienione „rodzaje wody” mogą być zanieczyszczone składnikami agresywnymi (sole, kwasy). Do szczególnie zanieczyszczonych należą wody gruntowe, śnieg i mgła.

Czynniki niszczące mogą być też wprowadzane w postaci roztworów w czasie prac konserwatorskich (szkło wodne do wzmacniania, roztwory do usuwania nawarstwień) oraz niektórymi zaprawami do spoinowania i uzupełniania ubytków.

Woda działa niszcząco wskutek rozpuszczania składników materiałów, ich spęczniania i wymywania (szczególnie spoiwo węglanowe i ilaste), pośredniczy także w ich chemicznym i fizycznym rozkładzie (kwasy rozkładają związki węglanowe, lód i sole rozpuszczalne w wodzie niszczą wszystkie materiały porowate oraz zawierające mikro- i makroszczeliny).



9. Tynk i mur niszczone przez wodę gruntową. Fot. z archiwum autora.

9. Plaster and wall damaged by underground water. Photo: from the archive of the author.

Kwasy powstają wskutek rozpuszczania się w wodzie dwutlenku węgla zawartego w powietrzu bądź innych gazów go zanieczyszczających (głównie tlenki siarki i azotu, chlorowodór i fluorowodór). Kwas węglowy, choć jest kwasem słabym, reaguje z węglanami, głównie wapnia – składnika wapieni, marmurów, niektórych piaskowców, zapraw wapiennych, tynków i sztukaterii. W wyniku reakcji kwasu węglowego z węglanem wapnia tworzy się kwaśny węglan wapnia stokrotnie lepiej rozpuszczalny od węglanu obojętnego. Kwas węglowy rozkłada powierzchnię materiałów nieporowatych (wapienie zbite, marmury), powodując, że tracą one poler. W przypadku materiałów porowatych rozpuszcza w strefie zawilgocenia węglan wapnia, który następnie w procesie schnięcia materiału migruje ku porom powierzchniowym i w nich się odkłada jako węglan wapnia. Proces ten ma przebieg cykliczny: nasywanie kamienia wodą – przetwarzanie węglanu wapnia w kwaśny węglan wapnia; wysychanie – migracja kwaśnego węglanu do powierzchni materiału i odtwarzanie węglanu wapnia). Przy wielokrotnie powtarzającym się zjawisku rozpuszczania i migracji następuje zawężenie kapilar powierzchniowych, ich uszczelnienie, bądź powstanie na powierzchni nawarstwień.

W takich przypadkach obserwujemy osłabianie wewnętrznych partii kamieni i zapraw, a także cegieł, jeśli występuje w nich węglan wapnia (margiel), przy jednoczesnym wzmocnieniu i uszczelnieniu powierzchniowych partii materiałów.

Kwas węglowy reaguje chemicznie także z innymi składnikami materiałów budowlanych, np. ze skałeniami zawartymi w skałach magmowych (granity, porfiry), metamorficznych (gnejsy), a także w piaskowcach arkozowych (o dużej zawartości skałeni). W wyniku tego procesu powstają nowe, pęczniące minerały (np. kaolinit, serycyt), łatwo wypłukiwane z kamieni, co powoduje osłabienie kamieni i zwiększa ich podatność na destrukcję.

Pozostałe z wymienionych kwasów, zaliczane do mocnych, działają znacznie energiczniej i powodują rozkład powierzchniowy materiałów budowlanych zawierających głównie węglany. Tak więc, w przeciwieństwie do kwasu węglowego, który działa w całej strefie zawilgocenia materiału, kwasy mocne reagują błyskawicznie, rozkładając węglany występujące na powierzchni materiału, a następnie niszcząc coraz głębsze jego warstwy. W wyniku reakcji silnych kwasów z węglanem wapnia powstają łatwo rozpuszczalne sole (chlorek i azotan wapnia), związki o ograniczonej rozpuszczalności (siarczany wapnia) oraz nierozpuszczalne (fluorek wapnia). W przypadku działania kwasu solnego i azotowego następuje więc nieodwracalny proces niszczenia wapieni (rozkład,



10. Złuszczone nawarstwienia odsłaniają zniszczony kamień. Fot. z archiwum autora.

10. Flaking stratification discloses the damaged stone. Photo: from the archive of the author.

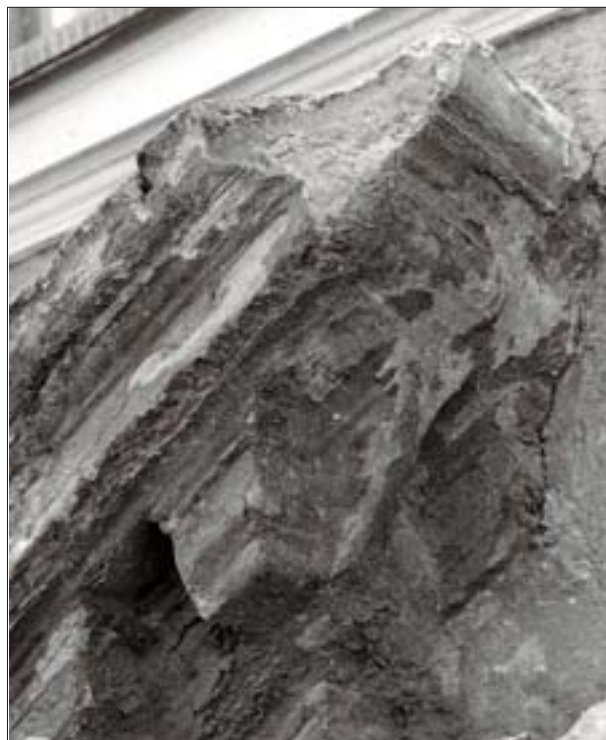
rozpuszczenie) i dezintegracji granularnej piaskowców (rozpad ziarnisty). Kwas siarkowy powoduje tworzenie się nawarstwień powierzchniowych uszczelniających powierzchnię materiału, a pod wpływem kwasu fluorowodorowego powstaje warstewka nieuszczelniająca materiałów i zwiększająca twardość powierzchniową.

Kwasy te działają niszcząco także na inne składniki materiałów budowlanych (np. glinokrzemiany), aczkolwiek nie w tak drastyczny sposób, jak na węglany.

Biorąc pod uwagę powyższe wywody, należy podkreślić, że wszystkie kwasy działają destrukcyjnie. W przypadku kwasów solnego i azotowego jest to destrukcja natychmiastowa, a jej rozmiar zależy wyłącznie od stężenia i częstotliwości ich oddziaływania (częstotliwość: okresy występowania zawilgocecia i wysychania materiału, ponieważ kwasy działają wyłącznie w środowisku wodnym). W przypadku kwasów węglowego i siarkowego, w wyniku działania których tworzą się nawarstwienia, obserwujemy zjawiska pozornie pozytywne, zwiększa się bowiem twardość i wytrzymałość powierzchni materiałów, a więc ich odporność na czynniki mechaniczne. Należy jednak zdać sobie sprawę, że powstawanie nawarstwień węglanowych ma ścisły związek z osłabieniem wytrzymałości wewnętrznych partii materiałów (migracja węglanu wapnia ze strefy zawilgocecia w formie jego kwaśnego węglanu, do porów powierzchniowych). Z biegiem czasu następuje zatem coraz większe osłabienie partii wewnętrznych i coraz większe uszczelnienie powierzchni. Końcowym efektem jest pęknięcie, zluszczenie się warstw powierzchniowych (nawarstwień) i odsłanianie zdeintegrowanych wewnętrznych partii kamienia (il. 10, 11). Przyczynami tego procesu są: krystalizacja soli rozpuszczonych w wodzie pod nawarstwieniami, zamrażanie wody uwięzionej w warstwach wewnętrznych w konsekwencji uszczelnienia powierzchni obiektu oraz naprężenia ścinające między nawarstwieniami a kamieniem, spowodowane ich różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej.

W przypadku działania kwasu siarkowego proces powstawania nawarstwień i uszczelniania powierzchni materiałów zachodzi szczególnie łatwo, ponieważ przemianie węglanu wapnia w siarczan wapnia (gips) towarzyszy zwiększenie objętości o ok. 100 proc. Dlatego też kwas siarkowy zaliczamy do czynników powodujących większe zniszczenia materiałów budowlanych niż kwas węglowy.

W powstawaniu nawarstwień uszczelniających, których istnienie przyspiesza proces destrukcji kamieni, biorą także udział pyły zanieczyszczające atmosferę. Ich mikroskopijne cząstki osiadają na powierzchniach materiałów, gdzie są wiązane z podłożem siłami van der Waalsa i mogą tworzyć samodzielne nawarstwienia, często bardzo szczelne, bądź też wbudowują się w nawarstwienia powstające na drodze chemicznej. Obecność ich poznajemy po czarnym (głównie sadza) lub szarym zabarwieniu.



11. Nawarstwienia zluszczają się ze zniszczonego kamienia i na ich miejsce powstają nowe. Fot. z archiwum autora.

11. Stratification flakes from the damaged stone and is replaced by a new one. Photo: from the archive of the author.

### Działanie soli rozpuszczalnych w wodzie

Sole rozpuszczalne w wodzie niszczą materiały budowlane głównie wskutek krystalizacji i powiększania kryształów. Sole silnych kwasów i słabych zasad mogą je także niszczyć na drodze chemicznej (m.in. chlorek, siarczan i azotan amonu, wapnia, żelaza i in.), ponieważ w wyniku ich hydrolizy tworzą się kwasy: solny, siarkowy, azotowy.

Źródłami zasolenia obiektów są: woda gruntowa, omówione wyżej procesy chemiczne, woda morska przenoszona przez wiatr, nawozy sztuczne, sól stosowana do posypywania nawierzchni w okresie zimowym, zanieczyszczenia przemysłowe oraz stosowane podczas konserwacji zabytków nieodpowiednie odczynniki, zaprawy i preparaty.

Sole znajdujące się w roztworach wypełniających kapilary porowatych materiałów budowlanych ulegają krystalizacji podczas odparowania wody z powierzchni tych materiałów. Przemieszczają się wraz z roztworem z głębszych kapilar do powierzchniowych i osadzają na powierzchni obiektu bądź w jego porach powierzchniowych, co jest zależne od kinetyki schnięcia obiektu. Największe skupiska soli tworzą się w tych partiach, z których następuje najintensywniejsze odparowywanie wody i dlatego te części są najbardziej narażone na zniszczenie (il. 12).

W zależności od rodzajów soli i ich stężenia, właściwości materiału budowlanego (składu, struktury i tekstury) oraz warunków towarzyszących procesowi wysychania (temperatura i wilgotność otoczenia)



12. Sole wykrystalizowane w górnej partii strefy podciągania wody z ziemi. Fot. z archiwum autora.

12. Salt crystallised in the upper sphere of drawing water from the ground. Photo: from the archive of the author.

sole tworzą plamy, zacieki, mniej lub bardziej puszyste wykwity, matowe i szkliste nawarstwienia. Mogą one przybierać formy dobrze wykształconych dużych lub małych kryształów oraz tworzyć osady zbite lub porowate. Sole krystalizujące w porach materiałów tworzą początkowo zarodki krystalizacyjne, które z czasem powiększają się, przybierając rozmiary zależne od stężenia soli w roztworze wodnym. Jeśli sól wypełni pory całkowicie, to każdemu powiększeniu kryształów towarzyszyć będzie nacisk na otaczające ścianki porów, w których sól jest uwieczniona, prowadząc do zniszczenia materiału. Z tego wynika, że zniszczenia wskutek działania soli występują przede wszystkim w przypadku ich krystalizacji w porach



13. Zniszczona powierzchnia muru wskutek działania soli. Fot. z archiwum autora.

13. Wall surface damaged due to the impact of salt. Photo: from the archive of the author.

i szczelinach materiałów, a nie na ich powierzchniach. Występujące ciśnienie krystalizacyjne jest dostatecznie duże, aby przy powtarzających się cyklach rozpuszczania soli i jej krystalizacji w czasie schłodzenia materiałów porowatych doprowadzić do ich dezintegracji, łuszczenia się, pęknięcia czy rozpadu (il. 13, 14).

Największe zniszczenia powodują sole krystalizujące ze zmienną ilością wody w temperaturze otoczenia. Do takich soli występujących często w zabytkach należą łatwo rozpuszczalne w wodzie siarczan sodu i magnezu oraz węglan sodu. Tworzące się hydraty tych soli mają w charakterystycznej dla siebie temperaturze określoną prężność pary wodnej i jeśli jest ona większa niż prężność pary w powietrzu, to hydrat traci wodę, przechodząc w hydrat o mniejszej ilości cząsteczek wody lub w sól bezwodną. Zmniejszenie stopnia uwodnienia hydratu nie jest groźne dla materiałów porowatych, zagraża im natomiast proces odwrotny, tzn. zwiększanie stopnia uwodnienia przez sole wypełniające pory i szczeliny. Taki proces zachodzi wówczas, gdy prężność pary wodnej w otoczeniu jest wyższa od prężności pary hydratu. Wówczas sól bezwodna, lub jej hydrat o niskim stopniu uwodnienia, przyłącza cząsteczki wody. Zjawisko to zachodzi przy obniżaniu się temperatury. Towarzyszy mu zwykle znaczny wzrost objętości kryształów. Innymi słowy, w wyższych temperaturach powstają sole bezwodne lub ich hydraty o niskim stopniu uwodnienia, w niższych przemieniają się one w hydraty o większej zawartości cząsteczek wody. Na przykład siarczan sodowy w temperaturze powyżej 32,4°C krystalizuje w postaci bezwodnej ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), z roztworu ochłodzonego do temperatury 24,3°C z siedmioma cząsteczkami wody ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), a poniżej tej temperatury z dziesięcioma cząsteczkami wody ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Omawianym przemianom stopnia uwodnienia siarczanu sodowego towarzyszy wzrost objętości kryształów, wynoszący – przy przejściu soli bezwodnej w dziesięciowodną – ponad 400 proc. Gdybyśmy zamknęli w ograniczonej przestrzeni bezwodny siarczan sodu i w temperaturze poniżej 24°C doprowadzili do niego parę wodną, to ciśnienie hydratacyjne wywierane przez sól dziesięciowodną wyniosłoby około 24,0 MPa. Ta siła hydratacyjna jest tak duża, że przy kilkukrotnej hydratacji i dehydratacji może doprowadzić do całkowitego zniszczenia cegieł gotyckich czy wapienia pińczowskiego.

### Działanie czynników biologicznych

Mury budowli niszczone są głównie przez drobnoustroje oraz przez wyższą roślinność zieloną (il. 15). Drobnoustroje bytujące i rozkładające cegły, zaprawy i kamienie należą do organizmów autotroficznych (samożywnych) i heterotroficznych (cudzożywnych). Drobnoustroje autotroficzne to glony, porosty oraz bakterie chemolitotroficzne (siarkowe i nityfikacyjne). Do heterotroficznych należą grzyby (głównie pleśniowe) oraz bakterie.





14. Zdezintegrowany wapień wskutek krystalizacji soli. Fot. z archiwum autora.

14. Lime disintegrated due to salt crystallisation. Photo: from the archive of the author.

Głównym źródłem zakażenia obiektów jest gleba, w której występują drobnoustroje zdolne do zniszczenia przede wszystkim powierzchni materiałów budowlanych, ale także warstw podpowierzchniowych. Ich rozwój i intensywność działania niszczącego zależą od składu chemicznego podłoża, na którym bytują, oraz od warunków zewnętrznych takich, jak wilgotność i temperatura. Materiały budowlane niszczą nie tylko kwasy nieorganiczne (węglowy, siarkowy, azotowy), ale także kwasy organiczne (mlekowy, szczawiowy, octowy i in.), wydzielane przez drobnoustroje w wyniku procesów metabolicznych. Ich mechanizm niszczenia jest podobny do opisanego wyżej działania kwasów nieorganicznych.

Niszczące działanie wyższej roślinności zielonej polega na rozkładzie chemicznym materiałów przez kwasy organiczne, sole rozpuszczalne w wodzie powstałe wskutek działania tych kwasów oraz wskutek działania mechanicznego, tzn. wrastania korzonków i chwytników (np. mchów) w makropory i szczeliny materiałów. Czynniki te powodują osłabienie, dezintegrację, pęknięcie oraz rozpad cegieł, zapraw i kamieni (il. 16).

### Działanie zmian temperatury

Gwałtowne zmiany temperatury, szczególnie o dużej rozpiętości i przy jej spadku poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ , są istotnym czynnikiem niszczącym materiały porowate i nieporowate. W środowisku bezwodnym zmiany temperatury powodują powstanie naprężeń ścinających w materiałach anizotropowych, co prowadzi do rozluźnienia ich składników, pęknięcia i rozwarstwiania się. Przyczyną tego są odmiennie współczynniki rozszerzalności cieplnej różnych minerałów, a także ich odmienna rozszerzalność w kierunkach osi krystalograficznych. W wyniku tych naprężeń materiały

o budowie krystalicznej, np. marmury, ulegają dezintegracji granularnej, którą – z uwagi na podobieństwo produktów rozpadu białych marmurów do cukru – nazwano scukrzaniem. Tego rodzaju rozpad marmurów obserwujemy w bardzo intensywnej formie w krajach Europy Południowej czy w Afryce, gdzie wskutek dużego nasłonecznienia kamienie nagrzewają się do wysokiej temperatury, a w nocy ochładzają nawet poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ . Inne objawy zniszczeń obserwujemy w kamieniach uwarstwionych, szczególnie jeśli są one umieszczone w murach uwarstwieniem równoległym do łożysk murów. W takich przypadkach powstają naprężenia między nagrzaną powierzchnią a chłodnymi warstwami wewnętrznymi, prowadząc do rozwarstwienia wzdłuż warstw sedymentacyjnych i ich zluszczenia się. Rozwarstwienia mogą występować także, jeśli bloki kamienne wstawione w mur mają uwarstwienie poziome.

W naszym klimacie zniszczenia spowodowane zmianami temperatury występują głównie w obecności wody. Przy spadku temperatury poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  woda wypełniająca kapilary materiałów oraz ich szczeliny, zamrażając, rozsadza materiały. W temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  lód ma większą objętość od wody o ok. 9 proc., a w temperaturze minus  $22^{\circ}\text{C}$  ok. 13,2 proc. Zmianie objętości towarzyszy wzrost ciśnienia w pierwszym przypadku o 0,6 MPa, a w drugim o 211,5 MPa. Ciśnienie jest wystarczające, aby przy powtarzającym się zamrażaniu wody i topnieniu lodu nastąpiła destrukcja materiałów budowlanych. Najczęściej spotykanym zjawiskiem jest pęknięcie materiałów wskutek



15. Mikroorganizmy niszczące obiekty kamienne. Fot. W. Domański.

15. Microorganisms damaging stone objects. Photo: W. Domański.



16. Mur niszczoney przez rośliny. Fot. W. Domasłowski.  
16. Wall damaged by plants. Photo: W. Domasłowski.

zamarzania wody w ich szczelinach. Nie zawsze wszystkie pory materiałów wypełniają się wodą i w przypadku spadku temperatury poniżej 0°C zamarzająca woda może przemieszczać się do porów sąsiadujących, niewypełnionych wodą, co osłabia niszczące działanie lodu. Innym pozytywnym zjawiskiem jest przechładzanie wody w kapilarach o małych średnicach, tzn. że ulega ona zamarzaniu poniżej 0°C. I tak na przykład w rurkach o średnicy 1,5 mm woda zamarza w temperaturze -5,5°C, o średnicy 0,25 mm w temperaturze -14°C, a w rurkach o średnicy 0,1 mm w temperaturze -18°C.

Działanie lodu jest w praktyce znacznie mniej groźne niż działanie soli rozpuszczalnych w wodzie (wzrost objętości niektórych soli hydratyzowanych dochodzi do 400 proc.).

### Działanie czynników mechanicznych

Do niszczących czynników mechanicznych zaliczamy wszystkie te, które powodują ubytki w kamieniach na skutek ścierania i wymywania, czy też ich pęknięcia i rozwarstwiania się. Dużych zniszczeń może dokonywać wiatr, który porывa pyły, drobny piasek i inne rozdrobnione materiały i – podobnie jak dmuchawa piaskowa – ściera miękkie kamienie, powodując powstawanie wżerów, nierówności, zaokrąglenia krawędzi, deformacje rzeźb i zaokrąglenia profili elementów architektonicznych (il. 17), niszczenie powierzchni szlifowanej i polerowanej. Szczególnie groźne są burze piaskowe.

Do innych pospolitych niszczących czynników mechanicznych należą: grad, naprężenia statyczne, wstrząsy, korozja dybli, kotew i innych elementów stalowych stosowanych do łączenia kamieni.

## Zasady konserwacji murów ceglanych i detali kamiennych

Konserwacja murów ceglanych i kamiennych detali architektonicznych polega na utrwaleniu materiałów, aby nie dopuścić do dalszego ich niszczenia, eliminowaniu czynników niszczących i zabezpieczeniu przed ich działaniem, wzmocnieniu struktury materiałów i uzupełnieniu ubytków, szczególnie konstrukcyjnych.

### Prace wstępne

Pod określeniem „prace wstępne” rozumiemy wszystkie działania poprzedzające właściwe zabiegi konserwatorskie. Należą do nich: dokumentacja opisowa i fotograficzna stanu zachowania, badania historyczne oraz archiwalne dotyczące wcześniej wykonanych prac konserwatorskich i dokonanych zmian (przekształcenia, przebudowa, dobudowa, itp.), ocena stanu zachowania obiektu i właściwości materiałów na podstawie badań wizualnych, chemicznych, fizycznych, petrograficznych, mechanicznych, nieniszczących i innych.

### Wizualne określenie przyczyn niszczenia obiektów

Znając ogólne przyczyny niszczenia murów ceglanych i kamiennych detali możemy z dużą dokładnością określić główne przyczyny destrukcji obiektów. Badanie ich możemy podzielić na wizualne i laboratoryjne. Niszczenie może być spowodowane złą jakością materiałów (cegły, zaprawy, kamienie) bądź wynikać z działania czynników agresywnych. Dlatego też należy wnikliwie obejrzyć fragmenty zniszczone lub ulegające niszczeniu i wyciągnąć wnioski na podstawie objawów zniszczeń:

- pęknięcie murów może świadczyć o złym ich posadowieniu, niestabilnym podłożu, występujących przeciążeniach, złym przewiązaniu cegieł itp.;
- ubytki zaprawy i wypadanie cegieł świadczą o złych właściwościach mechanicznych zaprawy lub/i niszczącym działaniu soli rozpuszczalnych w wodzie;
- rozpad cegieł, pęknięcie, wykruszanie fragmentów, rozwarstwienia, ubytki, mogą świadczyć o niskiej ich jakości – wadliwej technologii, kiepskich surowcach;
- rozpad cegieł i występowanie wykwitów mogą być świadectwem niszczącego działania soli rozpuszczalnych w wodzie;
- niszczenie cegieł, przy jednocześnie dobrze zachowanej zaprawie w spoinach, może być spowodowane zastosowaniem szczelnej i mocnej zaprawy do spoinowania;
- zaplamienia cegieł mogły powstać wskutek chemicznej destrukcji ich składników i migracji powstałych produktów do powierzchni lub też wskutek inwazji mikroorganizmów;
- nawarstwienia powierzchniowe bywają wynikiem osiadania pyłów z zanieczyszczonej atmosfery (ruch kołowy, kominy domów i zakładów przemysłowych);
- ciemne, strefowe zabarwienie dolnych partii murów i występowanie ewentualnych wykwitów soli świadczyć może o braku izolacji poziomej, występowaniu wód gruntowych lub zawieszonych, powstałych wskutek opadów atmosferycznych, wpuszczenia rur spustowych do ziemi lub nieuszczelnej kanalizacji i rur wodociągowych;
- występowanie wykwitów soli w różnych partiach



17. Niszczenie elementów kamiennych przez wiatr. Fot. W. Domasłowski.

17. Stone elements damaged by wind. Photo: W. Domasłowski.

murów można tłumaczyć także zastosowaniem w czasie robót konserwatorskich materiałów zawierających sole;

- ciemne pasma wilgoci, występujące na pewnej wysokości muru powyżej strefy suchej, mogą świadczyć o zhydrofobizowaniu dolnego pasa muru;
- zacieki w górnych partiach muru i ubytki zaprawy są konsekwencją nieuszczelnienia rynien i koszy. Podobne objawy mogą występować w różnych miejscach budowli wskutek wycieku wody z rzygaczy;
- pękanie fragmentów murów jest często efektem korozji znajdujących się w nich elementów żelaznych.

### Określenie przyczyn niszczenia murów i kamieni na podstawie badań *in situ* i w laboratoriach

Ocena wizualna zniszczeń i na tej podstawie określenie ich przypuszczalnych przyczyn powinna znaleźć potwierdzenie w badaniach prowadzonych *in situ* i w laboratoriach specjalistycznych.

Do najważniejszych badań *in situ* należą:

- pomiary zawilgocenia murów. Dotyczą one określenia wysokości, głębokości i stopnia zawilgocenia. Na ich podstawie należy podejmować dalsze prace i badania związane z zawilgoceniem budowli;
- pomiary zawilgocenia gruntu i określenie I poziomu wód podziemnych (gruntowych). Pomiary te wykonane sondażowo pozwalają na stwierdzenie, czy budowla jest zawilgacana wodą odbitą, wodą zawieszoną czy też wodą podziemną. Uzyskane wyniki pozwalają na podjęcie odpowiednich działań zapobiegających zawilgacaniu murów;
- sprawdzanie, czy rynny, kosze odpływowe i rury spustowe są prawidłowo zainstalowane i czy skutecznie odprowadzają wody opadowe do kanałów ogólnospławnych czy deszczowych. Jest to ważne dla ochrony całej budowli przed zniszczeniem. Zdarza się bowiem często, że rynny są dziurawe, źle połączone z koszami, a rury spustowe wpuszczone bezpośrednio do ziemi;
- ustalenie pierwotnego wiązania cegieł (wątku murarskiego). Ma na ogół charakter dokumentacyjny, lecz może być wykorzystane przy generalnych remontach czy pracach renowacyjnych;
- określenie profilu spoin. Prowadzone prace konserwatorskie są rzadką okazją do ustalenia pierwotnego kształtu powierzchni zapraw wypełniających spoiny między cegłami. Ze względu na podatność na zniszczenie zapraw wapiennych poszukiwać należy w miejscach zasłoniętych przed deszczem. Przywrócenie pierwotnego kształtu spoinom ma znaczenie historyczne i estetyczne;
- badania obecności mono-/polichromii oraz tynków pierwotnych. Pozwalają one na ustalenie pierwotnego wyglądu obiektu, stanowią ważny element jego historii oraz mogą być pomocne przy ewentualnych rekonstrukcjach całości lub fragmentów. Dowody, że w obiekcie występowała polichromia



18. Fasada domu ze wstawkami nowych cegieł. Fot. W. Domasłowski.

18. Facade of house with inserts of new bricks. Photo: W. Domasłowski.

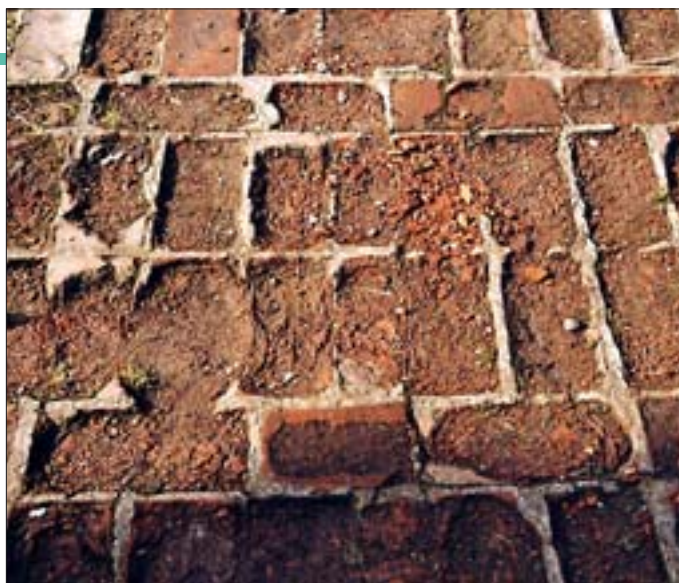
są obecnie trudne do ustalenia i dlatego poszukiwać należy zachowanych fragmentów w zagłębieniach, pod nawarstwieniami i w miejscach trudno dostępnych dla wody. Poszukiwania warstw malarskich powinny być kontynuowane w czasie późniejszych prac konserwatorskich, szczególnie przy oczyszczaniu powierzchni i usuwaniu nawarstwień.

Do najważniejszych badań laboratoryjnych należy zaliczyć:

- określenie ilości i rodzaju soli występujących w ceglach, zaprawach i kamieniach. Jak stwierdzono już wcześniej, stopień zagrożenia zależy zarówno od stężenia soli, jak też od ich rodzaju. Szczególnie szkodliwe są siarczany sodu i magnezu oraz węglan sodu;
- określenie rodzaju i składu kamieni oraz zapraw wypełniających spoiny. Badania te (petrograficzne i chemiczne) mają charakter dokumentacyjny oraz pozwalają na ustalenie przyczyn niszczenia badanych materiałów;
- badania właściwości cegieł, zapraw i kamieni. Należy określić ich nasiąkliwość, zdolność kapilarnego podciągania wody i rozpuszczalników organicznych, jak też – jeśli to jest możliwe – ich wytrzymałość na ściskanie. Badania mają istotne znaczenie dla ustalenia możliwości odsalania wymienionych materiałów, ich ewentualnego wzmocnienia strukturalnego i hydrofobizacji oraz dla doboru odpowiednich zapraw do spoinowania i uzupełniania ubytków w ceglach i kamieniach;
- badania rodzaju nawarstwień występujących na kamieniach. Identyfikacja nawarstwień pozwala na dokonanie doboru środków chemicznych do ich usunięcia;



19. Zniszczone cegły wskutek zastosowania do spoinowania szerszej i mocnej zaprawy cementowej. Fot. W. Domasłowski.  
19. Brick damaged due to the application of dense and strong lime mortar for binding. Photo: W. Domasłowski.



20. Zniszczone cegły chodnika wskutek wyspoinowania go szczelną i mocną zaprawą cementową. Fot. W. Domasłowski.  
20. Pavement bricks damaged due to the application of dense and strong lime mortar for binding. Photo: W. Domasłowski.

- badania mono-/polichromii i tynków. W przypadku znalezienia fragmentów polichromii należy zbadać ich stratyografię, m.in. w celu ustalenia warstw pierwotnych, określić kolorystykę oraz – w miarę możliwości – zbadać spoiwa i pigmenty, także rodzaj i skład tynku. Badania służą dokumentacji historycznej i pozwalają na ewentualną rekonstrukcję polichromii;
- określanie rodzaju mikroorganizmów. Umożliwia ono określenie ich działania niszczącego i dobór odpowiednich preparatów do ich likwidacji.

### Zabiegi konserwatorskie i ich rodzaje

Zabiegi konserwatorskie w obiekcie powinny poprzedzić następujące prace: remont dachu, rynien, rur spustowych oraz ich podłączeń do kanalizacji; dokonanie zabezpieczenia przed wodami zawieszonymi i gruntowymi (izolacja pozioma, izolacja pionowa, drenaż, rowy osuszające). Właściwe zabiegi konserwatorskie obejmują:

- usunięcie zniszczonych cegieł i zaprawy,
- wstępne zabezpieczenie (wzmocnienie) zniszczonych fragmentów cegieł dekoracyjnych i detali kamiennych,
- usunięcie nawarstwień z cegieł i detali kamiennych,
- odsolenie cegieł i detali kamiennych,
- strukturalne wzmocnienie ulegających niszczeniu i osłabionych cegieł dekoracyjnych i detali kamiennych,
- wmurowanie nowych cegieł,
- wyspoinowanie muru,
- uzupełnienie ubytków w ceglach dekoracyjnych i detalach kamiennych za pomocą zapraw lub flekowania,
- zhydrofobizowanie strukturalne muru i detali kamiennych.

### Omówienie zabiegów konserwatorskich

Usuwanie zniszczonych cegieł jest powszechne (il. 18). Obejmuje cegły, które utraciły lico, często także i te o niewielkim zniszczeniu i ubytkach, co w przypadku autentycznych jest sprzeczne z postanowieniami Karty Weneckiej. Porządkując lico muru, powinniśmy przyjąć założenie, że usuwamy wyłącznie cegły całkowicie zniszczone. Cegły, których tylko lico uległo zniszczeniu, po usunięciu warstw zwietrzałych, wykorzystujemy do uzupełnienia, wmurowując pierwotnym licem do wnętrza. Cegły częściowo zniszczone poddajemy konserwacji, polegającej na uzupełnieniu ubytków zaprawą ceglopodobną.

Istotnym problemem jest dobór nowych cegieł. Powinniśmy kierować się zasadą, że muszą być one zbliżone do „starych” wymiarami, barwą i jej intensywnością oraz właściwościami fizycznymi (zdolność kapilarnego podciągania wody i schnięcia, nasiąkliwość wodą) i mechanicznymi (wytrzymałość na ściskanie). W praktyce jednak konserwatorzy rzadko badają właściwości cegieł, a tym bardziej cegieł nowych. Innymi słowy, stosuje się najczęściej cegły przypadkowe o nieznanach parametrach. Zwykle mają one niską nasiąkliwość, źle podciągają wodę i mają wytrzymałość na ściskanie kilkakrotnie przekraczającą wytrzymałość cegieł gotyckich. Wykonawcy tłumaczą się najczęściej, że nie można kupić w Polsce



22. Zluszczająca się warstewka kamienia wzmocnionego powierzchniowo. Fot. P. Niemcewicz.

22. Flaking layer of stone reinforced on the surface. Photo: P. Niemcewicz.



21. Portal przygotowany do strukturalnego nasycenia metoda ciągłego przepływu. Fot. z archiwum autora.

21. Portal prepared for structural saturation by means of the continuous flow method. Photo: from the archive of the author.

cegieł o odpowiednich parametrach. I tak jest rzeczywiście – cegły produkowane są na potrzeby budownictwa, a nie konserwacji zabytków.

Usunięcie zwietrzałej zaprawy jest konieczne. Jedynie w przypadku niezbyt osłabionych zapraw autentycznych, niezdezintegrowanych, należy je wzmocnić strukturalnie, aby zachować istotnego świadka historii. Spoinując nową zaprawą, o odpowiednich parametrach, zapewniamy murom stabilność i bezpieczeństwo, a więc takie działanie jest zgodne z Kartą Wenecką. Zaprawy do spoinowania powinny mieć właściwości fizyczne i mechaniczne zbliżone do cegieł. Wskazane jest, by charakteryzowały się lepszymi właściwościami kapilarnymi, większą nasiąkliwością i zdolnością schnięcia, zbliżonym współczynnikiem rozszerzalności cieplnej oraz niższą wytrzymałością mechaniczną. Takie zaprawy zabezpieczają cegły przed zniszczeniem, stanowią bowiem swoisty sącdek ściągający wodę z cegieł (roztwór soli!) i amortyzują zmiany objętości cegieł spowodowane wahaniami temperatury.

Zaprawy o wymienionych właściwościach są bardziej narażone na procesy niszczenia niż cegły i szybciej od nich ulegają destrukcji. I tak było zawsze – zaprawy w warunkach zewnętrznych ulegały i ulegają zniszczeniu, a spoiny muszą być uzupełniane. Nowe powinny mieć strukturę i zabarwienie podobne do zaprawy autentycznej. Zaprawy mocne, o złych właściwościach kapilarnych niszczą cegły (il. 19, 20).



23. Rozwarstwiający się kamień wzmocniony powierzchniowo.  
Fot. P. Niemcewicz.  
23. Stone undergoing stratification, reinforced on the surface.  
Photo: P. Niemcewicz.

Powierzchniom spoin należy nadać taki kształt, jak w zaprawach autentycznych. Gdy brakuje wzorca, wskazane jest nadanie spoinom charakteru właściwego dla epoki historycznej, z której pochodzi obiekt (np. w gotyku spoiny najczęściej wypełniano równo z licem cegły, a następnie nadawano im kształt jednostronnie skośny lub dwustronnie skośny).

Wstępne zabezpieczenie fragmentów cegieł dekoracyjnych i detali kamiennych ma na celu utrwalenie ich formy oraz niedopuszczenie do powstawania dalszych zniszczeń w trakcie wykonywania zabiegów konserwatorskich. Stosowane preparaty nie powinny uszczelniać porów w tych materiałach ani ich hydrofobizować, uniemożliwiać czy utrudniać zabiegi odsalania, wzmocniania i hydrofobizacji.

Nawarstwienia na ceglach i kamieniach nie tylko je szpecą, lecz także przyspieszają destrukcję. Przed podjęciem decyzji o metodzie ich usunięcia należy przeprowadzić próby wstępne, które rozpoczynamy od metod najprostszych (szczotką, strumieniem wody, wodą i parą wodną pod ciśnieniem). W przypadku wystąpienia trudności można zastosować środki chemiczne, mechaniczne (mikropiaskarki) lub laser. Środki chemiczne mogą być użyte jedynie w przypadkach koniecznych.

Odsalanie cegieł i kamieni jest zabiegiem podstawowym i nieodzownym w ochronie zabytków. Do odsalania metodą migracji do rozszerzonego środowiska stosuje się okłady o dużej nasiąkliwości i zdolności kumulowania soli, dobrej przyczepności do podłoża i dające się łatwo z niego zdejmować po

wyschnięciu, bez zanieczyszczania powierzchni. Okłady powinny wysychać powoli tak, aby szybkość odparowywania wody z kompresu była mniejsza niż jej transport w kapilarach cegły czy kamienia do powierzchni. Dlatego też, jeśli praca wykonywana jest w dzień słoneczny, przy wysokiej temperaturze, należy obiekty chronić przed nadmiernym parowaniem. Proces odsalania powinien trwać od trzech do kilkunastu dni, w zależności od warunków atmosferycznych. Zdejmować należy okłady suche, a nie – jak to czynią niektórzy pseudokonserwatorzy – mokre czy wilgotne. Zabieg trwający 1-2 dni nie pozwala na usunięcie soli; pozostają one w porach cegieł czy kamieni. Zabieg odsalania powinien być wykonany co najmniej dwukrotnie.

W przypadku dezintegracji bądź osłabienia cegły dekoracyjnej lub detalu kamiennego należy poddać je wzmocnianiu strukturalnemu (głębokiemu) za pomocą metod umożliwiających nasycenie obiektu roztworami. Pod tym terminem rozumiemy całkowite przesylenie i całkowite wzmocnienie elementów cienkościennych, a w przypadku grubszych – wzmocnienie co najmniej warstwy osłabionej oraz ok. 2 centymetrowej warstwy zdrowego kamienia czy cegły. Nie należy natomiast wzmocniać cegieł i kamieni powierzchniowo, gdyż zmniejszenie porowatości lub uszczelnienie powierzchni prowadzi do niszczenia warstw wewnętrznych i złuszczenia się utwardzonej warstewki powierzchniowej (il. 22, 23). Do wzmocniania należy stosować roztwory w odpowiednio dobranych rozpuszczalnikach uniemożliwiających migrację środka wzmocniającego do powierzchni w czasie odparowywania rozpuszczalników, nieulegających rozdziałowi fazowemu, niezawierających soli rozpuszczalnych w wodzie i innych szkodliwych substancji.



24. Niechlujnie wykonane uzupełnienie ubytków w ceglach. Fot. W. Domasłowski.  
24. Careless supplementation of gaps in bricks. Photo: W. Domasłowski.

Uzupełnianie ubytków w ceglach i detalach kamiennych ma także – oprócz wartości estetycznych – ważne znaczenie z punktu widzenia konserwatorskiego, pozwala bowiem na wzmocnienie konstrukcyjne elementów i ogranicza możliwość oddziaływania na nie czynników destrukcyjnych (il. 24, 25, 26). Najczęściej do uzupełniania stosuje się zaprawy cegło- i kamieniopodobne. Wymienione podobieństwo dotyczy nie tylko cech zewnętrznych, jak zabarwienie i struktura, ale także parametrów fizycznych i mechanicznych. Do najważniejszych z nich należą:

- zbliżony współczynnik rozszerzalności cieplnej,
- zbliżone/lepsze właściwości kapilarne i nasiąkliwość wodą,
- zbliżona/nizsza wytrzymałość na ściskanie,
- dobra przyczepność do cegieł czy kamieni,
- zbliżona struktura (podobne uziarnienie) i barwa,
- barwienie w masie,
- odporność na działanie czynników niszczących.

Często stosuje się do tego celu zaprawy przypadkowe o nieznanym wykonawcom parametrach fizycznych i mechanicznych, najczęściej mocne i mało-porowate, o złych właściwościach kapilarnych. Zaprawy takie na styku z ceglami czy kamieniami tworzą bariery dla wody i soli rozpuszczalnych. W rezultacie po pewnym czasie, wskutek zamarzania wody i krystalizacji soli, następuje destrukcja cegieł i kamieni, a zaprawa pozostaje w dobrym stanie. W przypadku łączenia dwóch materiałów o różnych właściwościach zniszczeniu zawsze ulega materiał słabszy, w tym przypadku zabytkowa cegła i zabytkowy obiekt kamienny. Choć jest to zjawisko znane, na rynku znajduje się niewiele gotowych zapraw, które spełniają pożądane kryteria. Najczęściej spotykane są zaprawy o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i złych właściwościach kapilarnych.

Hydrofobizacja murów ceglanych i zabytków kamiennych jest zabiegiem umożliwiającym skuteczną ich ochronę przed działaniem wody i szkodliwych czynników atmosferycznych (il. 27).

Zazwyczaj stosuje się dwie metody hydrofobizacji: powierzchniową i głęboką. Hydrofobizacja powierzchniowa jest stosowana najczęściej ze względu na prostotę wykonania i niskie koszty. Jest



26. Element portalu zrekonstruowany w sztucznym kamieniu. Fot. z archiwum autora.

26. Element of the portal reconstructed in artificial stone. Photo: from the archive of the author.

ona jednak niepewna i nieskuteczna. W przypadku uszkodzenia cienkiej warstewki hydrofobowej woda, przenikając w pory materiału, rozprzestrzenia się pod powłoką hydrofobową, która utrudnia jej odparowanie, i w rezultacie obiekt zostaje bardziej zawilgocony niż przed hydrofobizacją. Sprzyja to omówionym już procesom zamarzania wody, jak też krystalizacji soli pod warstewką hydrofobową, co prowadzi do dezintegracji powierzchniowej materiału i złuszczenia się warstewki hydrofobowej.

W przypadku hydrofobizacji głębokiej na 2-5 cm zniszczenie warstewki hydrofobowej jest mało prawdopodobne, a poza tym w warstwie tej uwięzione zostają sole rozpuszczalne. W strefie zhydrofobizowanej wstrzymany jest ruch wody, co w znacznym stopniu ogranicza procesy destrukcyjne.

25. Cegły uzupełnione zaprawą cegłopodobną. Fot. W. Domasłowski.

25. Bricks supplemented with mortar imitating brick. Photo: W. Domasłowski.





27. Kropla wody nie zwilża i nie wsiąka w zhydrofobizowany piaskowiec, zachowując kulisty kształt. Fot. z archiwum autora.  
27. A drop of water does not moisten or seep into sandstone treated with water repellent, and preserves its oval shape. Photo: from the archive the author.

Hydrofobizacji, także głębokiej, nie można zalecać jedynie w przypadkach, gdy w materiałach występują sole rozpuszczalne w wodzie i gdy obiekt nie jest odizolowany od wody gruntowej. W takim przypadku hydrofobizacja głęboka może przyczynić do szybkiego zniszczenia murów. Prawidłowa hydrofobizacja nie tylko chroni przed działaniem czynników niszczących, lecz także zmniejsza podatność materiałów na zabrudzenie i tworzenie się nawarstwień (osiadające pyły są zmywane przez deszcz). Nie należy hydrofobizować obiektów znajdujących się we wnętrzach, ponieważ nie ma ku temu powodu.

**Prof. dr hab. Wiesław Domaśłowski, konserwator i chemik, pracuje w Zakładzie Konserwacji Elementów i Detali Architektonicznych Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwacji UMK w Toruniu, którego był organizatorem w 1969 r. Był także twórcą i kierownikiem toruńskiego Laboratorium Naukowo-Badawczego Konserwacji Kamienia PP PKZ. Jest autorem wielu prac naukowych i ekspertyz wykonywanych w kraju i za granicą. Prowadził badania nad konserwacją kamienia, drewna i witraży. Działa w wielu organizacjach krajowych i zagranicznych.**

## Przypisy

\* Artykuł powstał na podstawie referatu wygłoszonego przez autora na VII Forum Konserwatorów, Toruń, 13-15 października 2004 r.

1. Zob: <http://www.pg.gda.pl/~jkrenz/MiastoH/Kartawenecka.htm>
2. Przykładem niech będzie pokrycie Barbakanu, za zgodą konserwatora miejskiego w Krakowie, nierozpuszczalnym lakierem

fluoroakrylowym (Imlar produkcji Du Pont) i wynika z tego rozprawa sądowa oraz smutne jej konsekwencje.

3. Jak dotychczas chlubnym wyjątkiem jest kujawsko-pomorski wojewódzki konserwator zabytków, który niedawno zatrudnił, bez mojej sugestii zresztą, konserwatora rzeźby kamiennej i elementów architektonicznych.

## PRINCIPLES OF THE CONSERVATION OF BRICK WALLS AND STONE ARCHITECTURAL DETAILS

The article starts by discussing the departure of Polish conservators from the ascertainments of the Charter of Venice, a process favoured by competitions for conservation designs, the principles of accepting completed projects and other factors; subsequently, it considers problems associated with the conservation of historical brick walls and stone architectural detail.

A brief presentation of the durability of walls and stones as well as those factors which damage them, together with an examination of fundamental conservation undertakings, such as the removal of stratification, desalination, reinforcement, filling gaps, and treatment with water repellents. The article focuses on the binding principles of conservation, drawing particular attention to the encountered irregularities.