

Wstęp.....	2
1. Procedury Konserwacji i Regeneracji .....	2
1.1 Czyszczenie .....	2
1.2 Konsolidacja .....	8
1.3 Rekonstrukcja i Reintegracja .....	12
1.4 Ochrona.....	14
Uwagi.....	15

## Wstęp

Konserwacja i Regeneracja są wysoce wyspecjalizowanymi dziedzinami działań w odniesieniu do najważniejszych osiągnięć ludzkich kultur i cywilizacji odniesionych we wszystkich czasach, podejmowanych celem przedłużenia ich autentyczności na rzecz wiedzy i zrozumienia.

Sakła znaczenia zabytku decyduje o doborze metod i technik działań, które, z perspektywy architektonicznej, mocno obciążają budżet. Tak naprawdę nie ma istotnych różnic pomiędzy wyborem metod działania w odniesieniu do małych obiektów z kamienia, a tymi w odniesieniu do obiektów na skalę architektoniczną, mającymi wpływ na wartości dziedzictwa kulturowego.

Procedury, narzędzia i materiały mogą być różne nie tylko z powodu ekstremalnie zmiennej charakterystyki kamienia i warunków, lecz także z powodu lokalnych stanów sytuacyjnych: przekonania i praktyki, dostępność wyrobów przemysłowych i narzędzi (względnie ekonomiczne), itd. Świat konserwacji i regeneracji, niemniej, osiągnął pewien poziom jednorodnego konsensusu co do istniejących problemów i sposobów ich rozwiązywania. Z praktycznego punktu widzenia, większość zastosowań w tym sektorze, zwykle wymagających zręczności, nie są trudne do przeprowadzenia. Chociaż, wymagają one wyspecjalizowanych pracowników, którzy są w pełni świadomi wewnętrznych mechanizmów i implikacji różnych technik konserwatorskich, i rozumieją wewnętrzne mechanizmy i implikacje różnych technik konserwatorskich, i rozumieją zmienne (stan obiektu i środowiska), które wpływają na końcowy rezultat działań. Każda technika, procedura i narzędzie musi być przetestowane czy to na próbkach w laboratorium, czy też na małych, mniej widocznych miejscach na konstrukcji kamiennej, po to, aby sprawdzić rezultaty na krótko lub dłużej po testowaniu.

## 1. Procedury Konserwacji i Regeneracji

Zależnie od rodzaju kamienia i charakteru uszkodzenia, procedury konserwacji i regeneracji mogą się znacznie różnić. W kategoriach różnic systemowych, w najprostszy sposób, kamienie można podzielić na cztery makrogrupy zależnie od chemicznych i fizycznych właściwości ich składników:

- Kamienie węglanowe, miękkie i twarde;
- Kamienie niewęglanowe, miękkie i twarde.

Ponieważ kamienie węglanowe są bardzo narażone na działanie kwasów, należy pamiętać o tym na każdym etapie działań konserwatorskich i regeneracyjnych.

### 1.1 Czyszczenie

Procedures compatible with the required performances and the typical scenario at architectural scale comprise the following:

#### Konsolidacja wstępna:

Przeprowadzana dla unknienia strat materiału w trakcie czyszczenia mocno uszkodzonych kamieni. Zob. szczegóły w rozdziale Konsolidacja.

#### Prace wstępne:

Usunięcie niespójnych depozytów powierzchniowych takich jak kurz, warstwy piasku i guano z użyciem narzędzi na sucho (tj. szczotki o różnych rozmiarach i twardości, odkurzacz, skalpele, itd.);

Usunięcie częściowo spójnych depozytów powierzchniowych z użyciem miękkich narzędzi na mokro (tj. szczotki o różnych rozmiarach i twardości, gąbki, ręczne rozpylacze, itd);



Rys. 1: prosta procedura wstępnego oczyszczania wodą zdejonizowaną przy użyciu rozpylacza i szczotki.

#### Dezynfekcja i odpasożycanie:

Przeprowadzane dla usunięcia biodeteriogenów takich jak bakterie, algi, grzyby lub roślinność wszelkiego rodzaju. Stosuje się komercyjnie dostępne biocydy o różnych składach, a metodą użycia jest najczęściej na mokro z użyciem szczotek, rozpylaczy i strzykawk. Grupa tzw. Kationowych Biocydów (wśród nich czteroskładnikowe sole amoniaku) jest dość szeroko stosowaną grupą środków, które pozostają aktywne na powierzchni, nawet gdy ich skuteczność zwykle trwa jedynie przez kilka tygodni, i wymagają ponownego użycia lub eliminacji przyczyn. Alkohole (o różnym stężeniu) mogą być użyte jako środki dezynfekujące, a nadtlenek wodoru (także znana jako woda nasycona tlenem), również o różnym stężeniu, zwykle powoduje odbarwienia. Należy zauważyć, że substancje kwasowe, efektywne wobec większości biodeteriogenów, są stosowane, to ich efekt może być silnie negatywny dla kamieni węglowych.

#### Usuwanie starych reintegracji:

Materiały niekompatybilne, lub wręcz szkodliwe (np. współczesne cementy) trzeba usunąć skalpelami lub mikro-wibracyjnymi dłutami.

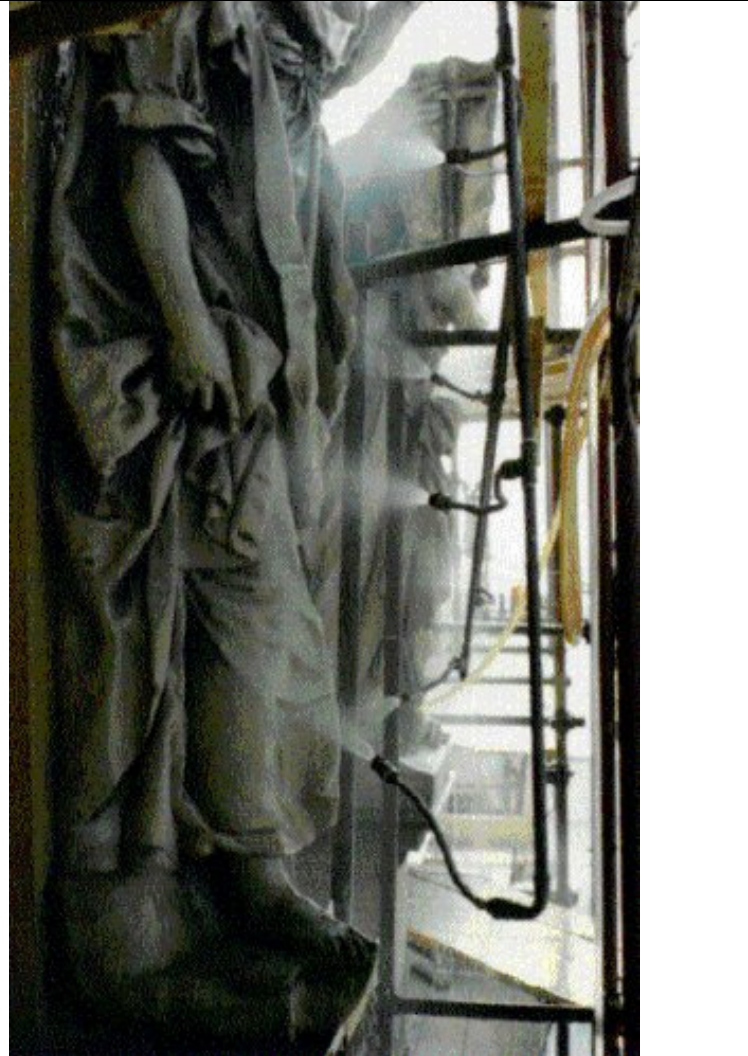


Rys. 2: nadproże z piaskowca częściowo zrekonstruowany z użyciem cementu, który spowodował dalsze uszkodzenia poprzez uwolnienie soli.

W przypadku sklejenia oryginalnych fragmentów z kamienia, należy je oczyszczać tak jak resztę całości konstrukcji kamiennej, i przez tego samego pracownika, aby uniknąć niepożądanych efektów, kiedy fragmenty zostaną ponownie złożone.

Scenariusze oczyszczania:

Zwykle, brud powierzchniowy, mniej lub więcej spójny, plamy rozpuszczalne, można usunąć [wodą zdejonizowaną](#) w postaci rozpylonej lub mgiełki, albo w postaci niskociśnieniowego spreju.



Rys. 3: dysze rozpylające zdejonizowaną wodę na kamienny posąg (nasączenie)

Techniki te są najdelikatniejszymi dla kamieni wrażliwych na kwasy, chociaż są one całkiem efektywne w usuwaniu wszelkiego brudu, poza olejowymi. Mogą one trwać dość długo jako metoda nasączenia, i nie nadają się w mroźnych warunkach, dla poluźnionych połączeń gipsowych lub innych materiałów rozpuszczalnych, alabastrów, itd.

[Konkrecje węglanowe wapnia](#) muszą być usunięte fizycznymi metodami suchymi, na przykład dłutami i skalpelami o różnej wielkości. Daje to sposób na uniknięcie użyci kwasów, nawet gdyby mogły być skuteczne (kwas chlorowy), które mogłyby spowodować erozję kamienia.



Rys. 4: porównanie kolumny pokrytej konkrecją węglanową (na lewo) z kolumną bez niej (na prawo).

**Oksydacja metali** (np. miedź lub żelazo zakotwiczeń budowlanych, lub inne budowlane części metalowe) często powoduje plamy podpowierzchniowe, które są trudne do usunięcia tradycyjnymi metodami. EDTA (kwas wercenowy) daje nam rozwiązanie. Kwas ten, reagując z jonami metalu, tworzy kompozyty rozpuszczalne, które można dalej z łatwością wyplukać zwykłą metodą mokrą (np. sprejem).



Rys. 5: zielone plamy oksydacji brązu (pocodzące z klamry) na mamurowym obiekcie dekoracyjnym.

Bardziej spójny i związany brud może wymagać piaskowania strumieniowego. Metoda ta jest dosyć często stosowana. Trzeba pamiętać, że metoda ta może być bardzo agresywna i pozbawić kamień jego naturalnej patyny, i tym samym, wielokrotnie, przyspieszyć proces rozpadu. Z tegoż powodu opracowano delikatniejsze techniki piaskowania przez:

- Obniżenie ciśnienia wyrzutu piasku na powierzchnię kamienia;
- Użycie bardzo drobnych proszków w postaci tlenków (np. aluminiowych);
- Kriogeniczne piaskowanie z zastosowaniem granulek CO<sub>2</sub> (znane jako „suchy lód”). Warto w tym momencie zauważyć, że szok termiczny wywołany niskimi temperaturami, nie jest szkodliwy;
- Użycie małych dysz i zredukowania wielkości strumienia;
- Mieszanie proszku z wodą i dodanie turbulencji powietrznej strumienia dla złagodzenia uderzenia o kamień (tzw. Technika JOS).



Rys. 6: mikropiaskowanie wewnętrznej arkady z wapienia.

Czarne skorupy jako podprodukt sulfatacji można obłożyć węglanem amoniaku, który wraz z poprzedzającym czyszczeniem daje wtórną desulfatację.



Rys. 7: papierowa papka przy operacji sulfatacji węglanem amoniaku na węglanowo zcementowanym piaskowcu.

Papka celulozowa jest mokrą mieszanką zdejonizowanej wody i węglanu amoniaku (zwykle w stężeniach 3-5% do 15%) wyciśniętą na powierzchnię, aby jej się trzymała. Czas operacji

uzależniony jest od warunków środowiskowych (temperatura i wilgotność) i zaawansowania sulfatacji. Zwykle 30-40 min. operacja jest wystarczająca, a odparowanie płynu może być obniżone przez pokrycie mokrej papki folią polietylenową i tym samym przedłużyć czas reakcji z powierzchnią.

Inne powszechne metody, oparte o technikę opakowywana, stosują różne substancje dla specjalnych celów. Wśród nich mamy:

- Związki pochłaniające sole (naturalne gliny jak [seplolit](#) oraz [atapulgit](#));
- Związki pochłaniające brud ([żywice wymieniające jony](#)).

Metody te wymagają powtórzeń operacji (od mokrych do suchych stanów związków kładzionych na powierzchni kamienia). W przypadku absorpcji soli, usuwania soli nie może być zupełne ze względu na głębokość występowania soli oraz rozmiar kamienia.



Rys. 8: szary, mokry seplilit położony na miękkim wapieniu do absorpcji soli z wewnątrz.

W końcu, technika laserowa czyszczenia kamienia na skalę architektoniczną, poczynając od delikatnych elementów dekoracyjnych, i kończąc na powierzchni całych zabytkowych budynków (np. Św. Stefana w Wiedniu).



Rys. 9: usuwanie czarnych skorup na kamieniu wapiennym pistoletem laserowym.

Taka technika okazała się szczególnie efektywna dla zachowania oryginalnej patyny, farby i inne historyczne elementy, co nie pozostaje bez znaczenia dla wartości kulturowych. Dla kamienia, i w architekturze w ogóle, stosuje się lasery oparte na Nd: kryształ YAG (granat aluminiowo-ityrowy wzbogacony neodymem), które są w stanie emitować wiązki o zmiennej długości fali. Emisja wiązki może być ciągła (normalny mod) lub pulsacyjny o zmiennej długości fali i czasie trwania (tzw. Mod przełączeniowy Q). Wszystkie mody pozwalają na precyzyjne dostrojenie lasera do rodzaju operacji, typu kamienia oraz rodzaju brudu do usunięcia.

Lasery działają na zasadzie odparowywania brudu drogą absorpcji energii (w postaci ciepła) i dalszej sublimacji (mod normalny), lub, drogą szoku termicznego i dalej uwolnienie mikroskopijnych ilości materiału z powierzchni (mod przełączeniowy Q).

Przypadku cienkich czarnych skorup efekt usunięcia uzyskujemy automatycznie i patyna kamienia pozostaje nienaruszona, ponieważ ciemna warstwa łatwo pochłania emitowaną energię, a warstwa kamienia pod spodem przestaje pochłaniać energię i efekt usuwania jest zerowy.

Z powodu zmienności warunków, nawet w zakresie tej samej operacji, technika czyszczenia laserowego wymaga, aby wysoce wyspecjalizowani technicy określili jakiego lasera użyć, oraz jak, specjalnie przeszkoleni pracownicy, mają go użyć na miejscu.

Laserowe czyszczenie kamienia jest dzisiaj dość popularne, głównie w Europie. Zwykle towarzyszą mu inne metody czyszczenia, co pomimo ceny urządzenia laserowego, daje korzyści ekonomiczne. Dłuższe operacje czyszczenia laserowego wymagają użycia środków ochronnych takich jak okulary, maski gazowe, rękawce, itd.

## **1.2 Konsolidacja**

Głównym zadaniem materiałów konsolidujących kamienia jest przywrócić spoiwość pomiędzy cząsteczkami kamienia poprzez zastąpienie utraconego spoiwa.

Procedury zgodne z wymaganymi operacjami i typowym scenariuszem na poziomie architektonicznym, obejmują następujące:

### Konsolidacja:

Różni się od konsolidacji wstępnej tym, że przeprowadza się ją po oczyszczeniu powierzchni kamienia i uzależnione jest od stopnia uszkodzenia obiektu.

Konsolidanty stosowane obecnie są głównie organiczne (lub nieorganiczne rozproszone w rozpuszczalnikach organicznych) jako, że nieorganiczne wykazują:

- Słabą penetrację w kamień, w efekcie – słabą, lub jej brak, przepuszczalność oparów;
- Słabość pod naprężeniami mechanicznymi;
- Wytrącanie różnych soli nierozpuszczalnych, które są bardzo niepożądane z punktu widzenia estetycznego (tworzą nierównomierne zabielenie powierzchni kamienia) i strukturalnego.

Jednak, kompozyty nieorganiczne (wodorotlenki barowe i wapniowe, krzemiany alkaliczne i fluorki krzemianowe) są bardzo kompatybilne z fizyczną strukturą materiałów kamiennych, ich efekt konsolidacyjny trwa dłużej niż ten uzyskany przez kompozyty organiczne. Z tegoż powodu prowadzi się badania nad kompozytami nieorganicznymi, aby uzyskać materiały z bardzo drobnych cząsteczek (na bazie tzw. „nanotechnologii”), które mogą lepiej penetrować materiały porowate.

Pośród kompozytami nieorganicznymi i organicznymi, moglibyśmy umiejscowić tzw.

[Alkoksylany](#), albo rodzinę molekuł monomerycznych opartych na bazie krzemu i grupach metylowych lub etylowych, które reagują z wodą polimeryzując i tworząc albo krzemionkę albo alkoksylan. Polimeryzacja jest powolna (do 3 godz.), co pozwala rozproszonym monomerom dotrzeć środka uszkodzonego kamienia. Alkoksylany mocno penetrują kamienie porowate (50 mm od powierzchni), toteż używa się je do nasączenia z wykorzystaniem naturalnej kapilarności.





Rys. 10: nasączenie krzemianem etylowym mocno uszkodzonej podstawy kolumny z piaskowca.

Akoksylany dają poprawę wytrzymałościową piaskowców (o 20% więcej niż wytrzymałość początkowa) i do pewnego stopnia, wodoodporność. Ten efekt jest od zależny od kamienia. Co więcej, powierzchnie poddane i niepoddane ich działaniu wykazują wiele różnic, co może prowadzić do złych estetycznych rezultatów. Może się to też zdarzyć, ponieważ alkoksylany są materiałami drogimi i dlatego wielokrotnie są używane tylko na części zabytków z powodów ekonomicznych. Od 1990 alkoksylany są sprzedawane jako wodne produkty emulsyjne, które znacznie obniża ich szkodliwość i dają najniższe niebezpieczeństwo wybuchu (magazynowanie na miejscu prac), pożaru i odparowania rozpuszczalników.

Konsolidanty organiczne (albo lepiej: organiczne polimery syntetyczne) to cały „świat” kompozytów stosowanych w procesie konsolidacji. Z grubsza można podzielić je na:

- Termoplastyczne
- Termoutwardzalne

Materiały termoplastyczne można kształtować z użyciem ciepła bez zmian ich właściwości. Charakteryzują się one linearną strukturą polimeryczną, która sprawia, że są one elastyczne i rozpuszczalne w odpowiednich rozpuszczalnikach. Daje to dobrą odwracalność (użycie tych samych rozpuszczalników) do mniejszej spoistości. Przykładami materiałów termoplastycznych są polichlorek winylu, polietylen, nylon, polistyren i poli-metylometakrylan. Materiały termoutwardzalne to takie materiały, które uformowane przez ciepło zachowują swój trwały kształt (nie da się ich stopić i nadać im nowy kształt). Charakteryzują się strukturą polimeryczną trójwymiarową, która daje im dobrą spoistość, lecz niską elastyczność i wytrzymałość mechaniczną. Poliester, epoksy i poliuretan są przykładami materiałów termoutwardzalnych.

Organiczne polimery syntetyczne używane są po dwóch innych procedurach. Podczas pierwszej, organiczne molekuly monomeryczne są najpierw polimeryzowane, a następnie rozpuszczane w odpowiednich rozpuszczalnikach, i w końcu stosowane na kamieniu. Osadzają się one w pustych przestrzeniach i porach kamienia w miarę odparowania rozpuszczalnika, a następnie utwardzają się. Należy wziąć pod uwagę rozpuszczalnik, jak długo następuje jego odparowanie, aby nie nastąpiło wypchanie konsolidanta z powrotem na powierzchnię i w konsekwencji utworzyć powierzchniowe nieprzepuszczalne skorupy. Druga procedura widzi monomeryczne molekuly organiczne jako czyste albo spolimeryzowane w wolnych przestrzeniach i porach kamienia. Ta druga procedura pozwala na lepszą absorpcję konsolidanta jakim są monomery, aniżeli większych polimerów, które łatwiej wsysają się nawet w mniej porowate kamienie drogą kapilarną. Zjawisko polimeryzacji, jednak, musi

zaistnieć w kamieniu i zależy od czynników nie zawsze kontrolowalnych, zwłaszcza na miejscu przeprowadzanych prac.

Żywice epoksydowe są często używane jako konsolidanty. Składają się one z mieszaniny żywicy i składnika inicjującego polimeryzację dodawanego przed zastosowaniem. Żywica epoksydowa przekształca się w twardy termoutwardzalny polimer. Najczęściej używanymi żywicami epoksydowymi są monomery difenylolpropanu, zwanego bisfenolem A, i epichlorohidryna. Żywice uzyskane z tych reaktantów są płynami, lecz są one zbyt lepkie, aby głęboko penetrować kamień. Z tego powodu rozcieńczane są one w rozpuszczalnikach organicznych. Czas ich działania można kontrolować używając szybko lub wolno reagującego odczynnika i temperaturę. Uzyskane polimery nadają kamieniowi doskonałą spoiwość i chemiczną odporność.



Rys. 11: wstrzykiwanie płynnej żywicy epoksydowej po uszczelnieniu szerszych pęknięć.

W przeszłości, w Grecji i Rzymie, do impregnacji używano woski jako konsolidanty (naturalne woski pszczele stopione w terpentynie). Współcześnie, woski parafinowe w rozpuszczalnikach organicznych okazały się wodoodporne i wytrzymałe; co więcej, są one bardzo trwałe i są w stanie zablokować aktywność rozpuszczalnych soli, które mogą występować w kamieniu. Problemem związanym z woskami jako konsolidantami jest to, że mięknią w wysokich temperaturach i wiążą pył umożliwiając tym samym gromadzenie się brudu, który nie jest łatwy do usunięcia.

Wszystkie konsolidanty organiczne ulegają starzeniu (utlenianie, UV), które powoduje odbarwienie, pożółknięcie powierzchni kamienia. Oraz, z powodu innej rozszerzalności termicznej, mogą one spowodować pęknięcia wewnątrz kamienia.

Nawet jeśli wodoszczelność nie jest głównym zadaniem konsolidacji, to efekt ten może mieć miejsce w przypadku użycia konsolidantów organicznych, który nie musi być koniecznie negatywny, o ile nie zredukujemy nadmiernie naturalnej przepuszczalności.

### Konsolidacja wstępna:

Jej zadaniem jest zapobiec utracie materiału w trakcie czyszczenia mocno uszkodzonych kamieni. W wielu przypadkach, aby zapobiec konsolidacji brudu powierzchniowego z kamieniem, stosujemy bardzo delikatne metody (miękkie szczotkowanie, mikropiaskowanie lub laser) zanim rozpoczniemy konsolidację wstępną. Przeprowadzamy ją przez otulenie luźnego materiału (złuszczenia i spiaskowanie) mokrymi taśmami tekstylnymi lub papierowymi, także z użyciem szczotek lub rozpylaczy. Dla przedłużenia zabiegu, taśmy te można pokryć polietylenem lub inną podobną substancją.



Rys. 12: impregnacja uszkodzonego piaskowca krzeminką etylową.

Większość konsolidantów są pochodzenia organicznego. Aby uzyskać głębszą penetrację, stosujemy upłynniające odczynniki, takie jak alkohole, które mieszamy z konsolidantami nieorganicznymi bądź organicznymi.

Niskoprocentowy chloreten wprowadzony do żywic akrylowych (Paraloid lub Akryloid B-72), lub siliksan fenyloetylowy (Rhone Poulenc 11309), można na każdy rodzaj kamienia. Wyższą absorpcję uzyskamy z użyciem krzemionek etylowych ( kwas tetraetylowy esteru ortosilikonowego), które będąc wysoko płynne pozwolą na pełne nasączenie.

W przypadku bardzo mokrych zabiegów, na przykład impregnacja, nadmiar konsolidanta usuwa się z powierzchni, jeśli nadal jest mokry, przez szczotkowanie z użyciem czystego rozpuszczalnika.

Zabiegi puste, których zadaniem jest usunięcie powietrza z por, mające na celu ułatwienie penetrację konsolidantów, przeprowadzono na posągach, a nawet, z pewnymi komplikacjami, na obiektach architektonicznych. Sposób ten okazał się nie dodawać skuteczności przy zabiegach opartych o naturalną kapilarność.

Ogólnie mówiąc, skuteczność tych zabiegów zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od zawartości wody w kamieniu, dlatego przeprowadza się czasami zabiegi odwadniania przed przystąpieniem do konsolidacji wstępnej i samej konsolidacji.

### 1.3 Rekonstrukcja i Reintegracja

Rekonstrukcja kamienia oznacza złożenie fragmentów (metodą anastylozji), które odpadły od oryginalnego obiektu, a reintegracja jest uzupełnieniem brakujących części, zwanych rozstępami, dla polepszenia czytelności estetycznej obiektu i jego trójwymiarowości.

Materiały używane należą do grupy termoutwardzaczy (żywice epoksydowe) lub kompozytów poliestrowych (żywica poliestrowa z styrenem i nadtlakiem benzoilowym).

Wybór materiału zależy od porowatości kamienia i jego chemicznych składników.

Rekonstrukcję przeprowadza się z użyciem klejów i elementów łączących. Te drugie wybiera się spośród różnych materiałów zależnie od stopnia ich udziału w końcowej wytrzymałości wiązania: poczynając na pręty ze stali nierdzewnej (zwykle karbowane dla podwyższenia tarcia) dających wzmocnienie mechaniczne, i kończąc na materiałach kompozytowych jak włókno szklane, węglowe, i araldyt. Materiały te dają dobrą odporność na utlenianie, oraz dobrą kompatybilność fizyczną i chemiczną z kamieniem. Na każdym elemencie wiercone są otwory, a następnie wypełnia się je odpowiednim materiałem adhezyjnym i wprowadza się pręty; na powierzchniach kontaktu używamy tego samego materiału adhezyjnego i elementy pozostają w kontakcie dopóki złącze nie jest całkiem silne.



Rys. 13: usadowienie prętów z włókna szklanego na oderwanym rogu bloku marmurowego.

Reintegracja brakujących części na powierzchni kamienia wymaga ostrożnego doboru materiałów, ze względu na ich fizyczną i chemiczną kompatybilność, siłę wiązania, trwałość oraz odporność na starzenie oraz prostotę zgrania z całością (tekstura i kolor). Aby osiągnąć końcowy efekt estetyczny należy postępować w zgodzie z filozofią regeneracji; reintegracja powinna zlewać się z całością patrząc z pewnej odległości, a jednocześnie być dostrzegalną przy bliskiej obserwacji. Aby uzyskać odpowiedni kolor stosujemy żywice epoksydowe zmieszane z odpowiednimi agregatami (np. piaski krzemianowe o różnych kolorach) i pigmentami mineralnymi.



Rys. 14: wypełnienia na krawędziach ubytków kamieni piaskowca (po lewej) marmuru (po prawej).

Główne różnice w procedurach zachodzą gdy wypełnienie wymaga dodania większej ilości materiału. Zwykle brakująca objętość wypełniana jest materiałem, który ma pewne właściwości tyksofoniczne, nie kurczy się, daje te same termiczne zachowanie co kamień. Takim materiałem wypełniającym są związki celulozowe wolne od substancji szkodliwych. Wypełnienie objętości jest nieco mniejsze, aby pozostawić miejsce na końcową warstwę powierzchniową z tego samego materiału.



Rys. 14:rekonstrukcja sztukateryjna (po lewej) I wykończenie (po prawej) na detalu dekoracyjnym z piaskowca.

## 1.4 Ochrona

Metody ochronne dzielimy na pasywne i aktywne.

Metody aktywne stosują specjalne materiały na powierzchnię kamienia po ukończeniu serii poprzedzających działań, a ich efekt może być przedłużony po zastosowaniu środków pasywnych. Typowym przykładem jest użycie blach ołowianych, przyciętych i umiejscowionych na parapetach i innych osłoniętych elementach architektonicznych. Materiał taki łatwo przycinać i kształtować względem nierównych powierzchni, i zachować jednocześnie ich odtwarzalność.

Pokrycie wodoodporne nie można uznać za konsolidanta. Niekiedy pokrycie wodoodporne lub „konserwacyjne” jeśli jest położone na uszkodzonym kamieniu, może utworzyć skorupę powierzchniową i pogorszyć uszkodzenie i oprowadzić do oderwania większej ilości kamienia. Teoretycznie pokrycia wodoodporne zwykle nie stwarzają problemów o ile usuwają całą wodę z kamienia. Jeśli woda wchodzi w kamień z gruntu lub wnętrza budynku, to pokrycie może tylko zintensyfikować uszkodzenie, ponieważ woda nie będzie miała jak się wydostać. W okresie zimowym woda ta może zamrznąć powodując poważne uszkodzenia mechaniczne. Na ogół, jeśli budynek jest wodoszczelny, wówczas wodoodporne pokrycie nie jest konieczne. Nie zaleca się wodoodpornych pokryć na zabytkowych budowlach kamiennych, o ile nie mamy specyficznego problemu, aby je zastosować. Jeśli problem pojawia się tylko na pewnej części budynku, wówczas wystarczy pokryć tą część, a nie cały budynek.

Jest wiele materiałów syntetycznych, które nadają się do użycia jako aktywny środek ochronny.

Głównym celem materiałów jest zapewnić wodoodporność dla stanów płynnych ale nie gazowych (pozostawić oddychalność materiału). Stosowanie takich materiałów (w stanie płynnym) polega na rozproszaniu ich rozpylaczem lub pędzlem na powierzchni do pełnego nasycenia powierzchni kamienia.

**Woski syntetyczne** lub woski mikrokryształiczne zastępują dzisiaj dawne woski naturalne. Są one spolimeryzowanymi węglowodorami i esterami zmieszanyymi w rozpuszczalnikach aromatycznych, a następnie stosowanymi w postaci stopionej. Mają jednolity skład, odporność na UV, dobre przyleganie, wodoodporność i elastyczność przy niskich temperaturach. Niestety, mają wysokie temperatury topnienia i słabą penetrację w kamień. Z

tego powodu są przeważnie stosowane dla kamieni spoiстых takich jak marmur lub elementy w przestrzeniach zamkniętych.

Materiały oparte na silanie obejmują wiele związków organosilikonowych, które polimeryzują i tworzą sieć żeli krzemianowych. W marę dehydracji, żel tworzy depozyty krzemionki w substracie. Niektóre typy (np. tetraalkoksylany) nie mają właściwości odpychania wody, inne (np. trójalkoksylany alkilu) posiadają pewien stopień wodoodporności, który da się kontrolować poprzez zmienianie własności materiału wyjściowego.

**Polisiloksany** są częściowo spolimeryzowanymi silanami. Są one mniej lotne niż silany i są rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych. Materiały bazujące na silanie są na ogół zdolne do penetrowania stosunkowo głęboko substraty porowate, chociaż rezultaty mogą być różne. Odnotowano poprawę wytrzymałościową po zastosowaniu silanów. Ten polimer jest bardzo stabilny i nie ulegnie promieniowaniu UV albo kwaśnemu deszczowi. Może, jednak, ulec w obecności oparów sianowych w trakcie wtórnego zastosowania konsolidanta jeśli poprzednie zastosowanie okazało się niezadowolające. Niektóre materiały bazujące na silanach stosowane do konsolidacji i ochrony wytwarzane są z związków kwasowych; jeśli kwasowość jest wysoka, może być to szkodliwym dla kamieni węglanowych, na co trzeba zwracać uwagę. Stosowanie ich należy przeprowadzać przy pomocy rozpylaczy niskociśnieniowych, tak jak to się robi dla słabych i bardziej porowatych materiałów, lub pędzlem.

**Alkilsilany** używane są jako pokrycia i wykończenia wodoodporne dla kamieni naturalnych. Łatwo penetrują materiały porowate, zatem mają pewne cechy konsolidacyjne.

**Perfluoropolietyery** są przeważnie używane do odpychania wody i mają niewielki, jeśli w ogóle, efekt kohezji. Są bardzo stabilne na UV i teoretycznie, są usuwalne z kamienia przez rozcieńczenie w rozpuszczalnikach fluorowych. Produkty te pozostają ruchome względem kamienia i dlatego ich skuteczność z czasem spada. Stopień mobilności zależy od rozmiaru grup funkcjonalnych oraz porowatości kamienia, przy czym spadek skuteczności ochronnej jest spowolniony w mniej porowatym kamieniu. Produkty te, zatem, sprawdzają się najlepiej dla kamieni o niskiej porowatości.

**Żywice silikonowe akrylowe** zalecane są do użycia na zewnątrz, ponieważ mają dobrą odporność na UV oraz pogodę. Ponadto, są transparentne i nie okludują całkowicie porowatość kamienia, pozwalając na przedostanie się oparów wodnych lecz nie samego deszczu. Zmiany w wyglądzie i kolorze można złagodzić przy zachowaniu ostrożności poprzez kontrolę stopnia rozcieńczenia, dodatek zmętniaczy krzemianowych, szczotkowanie i ostateczne użycie tylko rozpuszczalnika.

## Uwagi

Materiały do konserwacji kamienia należy wybierać na bazie zrozumienia czynników wpływających na ich zachowanie się, procesy uszkodzenia kamieni na które mają być żyte, ich kompatybilność z specyficznymi cechami kamieni. Chociaż środki konserwacyjne są powszechnie stosowane (nawet przez wieki), to ich wybór wciąż pozostaje sprawą empiryczną. Jeśli dany konsolidant okaże się być odpowiedni dla jednego rodzaju kamienia, to stosuje się go dla innego typu kamienia, bez należytego określenia jego kompatybilności. Co więcej, trwałość kompozytów używanych w konserwacji jest daleka od ścisłego określenia, szczególnie jeśli porównamy upływ czasu od ich położenia, z wiekiem obiektów na których zostały one położone. Należy także zauważyć, że wiele produktów komercyjnych jest generycznymi i trudnym jest uzyskać jasną informację odnośnie chemicznych właściwości. Ich użycie bez jakiegokolwiek informacji i przetestowania nie powinno mieć miejsca. Jakakolwiek praca konserwatorska powinna być poparta naukowym podejściem i minimalnym działaniem.