

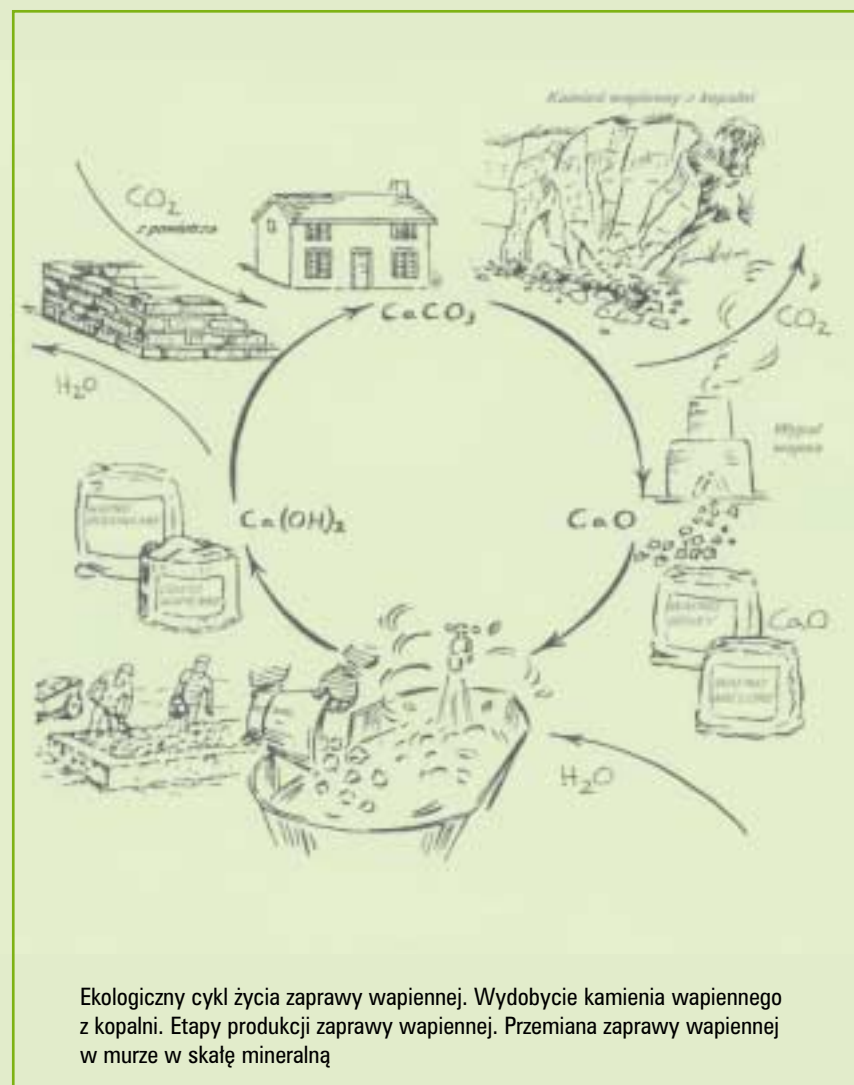
	str.
Wstęp	2
1 Syndrom równorzędnych rozwiązań	4
2 Jak zaplanować inwestycję	5
3 Co mówią współczynniki	8
4 Wybór rodzaju ściany	13
5 Trwałość konstrukcji murej	18
6 Wytrzymałość konstrukcji murej	19
7 Zaprawa murarska	20
8 Składniki zaprawy	22
9 Czy plastyfikator rzeczywiście zastępuje wapno	23
10 Tynk zewnętrzny	25
11 Tynk wewnętrzny	26
12 Skład zaprawy tynkarskiej	27
13 Fabryka czy budowa	28
14 Wykwity na elewacjach murowych	28
15 Miarą nowoczesności okazuje się powrót do zdrowej tradycji	30
Literatura	31

Wstęp

Skąd wziął się pomysł na tę broszurę? Często spotykamy się z poglądem, że firmy pragnące się reklamować nie powinny odwoływać się do tradycji, bo to kojarzy się odbiorcom ze słowem „przeżytek”. Paradoksalnie, właśnie w budownictwie tradycja ma ogromne znaczenie. Dlaczego? Bo tradycja to nic innego jak testowanie materiału czy technologii przez kolejne pokolenia wykonawców i użytkowników. Z tym, że wykonawca ma do czynienia z danym produktem czy technologią przez krótki okres czasu (zwykle jest to czas wykonywania powierzonego mu zadania), a prawdziwy, długookresowy test materiałów i technologii prowadzony jest, zwykle przez nieświadomych tego faktu, użytkowników. To dopiero użytkownik ma okazję sprawdzić w praktyce w ciągu kolejnych kilku, kilkunastu czy kilkudziesięciu lat eksploatacji budynku lub mieszkania, czy dane rozwiązanie (produkt) sprawdziło się czy też nie. W tym ujęciu za tradycyjne materiały i technologie budowlane należy uznać te, które pomyślnie przeszły test poligonowy. Dlatego też we współczesnym budownictwie jest jak najbardziej miejsce dla tradycyjnego materiału – wapna i produktów opartych na wapnie.

Stosowanie wapna w zaprawach murarskich jest wręcz niezbędne, a w zaprawach tynkarskich pożądane. Zaprawy wapienne mają grubo ponad 1000-letnią historię, a zaprawy będące połączeniem wapna i cementu są stosowane od ponad 100 lat. Przez ten czas mieliśmy dużo sposobności, aby poznać zarówno zalety, jak i wady wapna. Współcześnie wapno wykorzystywane jest do produkcji wyrobów silikatowych oraz bloczków betonu komórkowego. Jest ono również niezbędnym składnikiem wielu produktów zaliczanych do chemii budowlanej. Znajdziemy je nie tylko w fabrycznie wytwarzanych tynkach cementowo-wapiennych i wapiennych, ale również w tynkach mineralnych, tynkach i gładziach gipsowych. Lecz nie tylko o wapnie, tynkach i zaprawach jest ta broszura. Namawiamy w niej do rozsądnego wyboru materiałów i technologii do budowy ścian domu, mówimy o szerszym patrzeniu na dom jako inwestycję, która ma nam służyć przez wiele lat, zwracamy uwagę, że od kosztów poniesionych na starcie, związanych z samym zakupem materiałów i ich wbudowaniem, zależą późniejsze koszty podczas użytkowania.

Cykl wapna



1. Syndrom równorzędnych rozwiązań

Wyborze danego projektu domu decydują nie tylko względy estetyczne, ale również nasze możliwości finansowe. Stąd uważnie porównujemy parametry domów, zastanawiamy się, jaką wybrać technologię, gdzie możemy uzyskać oszczędności. Rozmowy ze znajomymi, którzy już swoje domy zbudowali, porady, jakich udzielają nam projektanci lub sprzedawcy w składach budowlanych, porównywanie ofert producentów materiałów budowlanych – to wszystko składa się na codzienność osoby planującej budowę domu. Dochodzi do tego również obowiązkowa lektura pism branżowych. Ma nam to pomóc w dokonaniu właściwego wyboru. Powyższy sposób postępowania jest dość powszechny. I to dobrze, że poświęcamy sporo czasu na przygotowanie się do budowania domu, na zdobywanie potrzebnej wiedzy. Ale często ulegamy sugestiom osób posiadających nie zawsze fachową wiedzę. Ciągłe jeszcze wśród inwestorów pokutują mity, które należałoby obalić, a które bardzo często leżą u podstaw decyzji o wyborze technologii czy materiału. Przeczytajmy uważnie poniższe stwierdzenia. Te i inne utarte przekonania spróbujemy skomentować w dalszej części broszury.

- Niezależnie od tego, jaką wybierzemy ścianę: jednowarstwową, dwuwarstwową, wielowarstwową, to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańszą technologię, która dodatkowo w krótkim czasie pozwoli postawić ściany budynku.

- Należy wybrać dom zaprojektowany według systemu i wszelkie większe kłopoty mamy z głowy.
- Niezależnie od tego, jakiego materiału użyjemy do ocieplenia ścian domu, wełny mineralnej czy styropianu, to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańszą ofertę.
- Niezależnie od tego, jaką zastosujemy zaprawę murarską: cementowo-wapienną czy cementową z plastyfikatorem (domieszką reklamowaną jako zastępującą wapno), to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać zaprawę, która jest łatwa do wykonania i tania.
- Niezależnie od tego, jakie zastosujemy tynki wewnętrzne czy zewnętrzne, cienko- czy grubowarstwowe, i na jakim spoiwie wiążącym są one oparte, to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańsze rozwiązanie.

Żadne z powyższych stwierdzeń nie jest prawdziwe! Należy więc bacznie uważać, aby dokonując analizy kosztów inwestycji nie poddać się wrażeniu, że wszystkie oferowane na rynku materiały i technologie są równoważne. Prowadzi to zwykle do wybierania błędnych rozwiązań. Być może stąd wzięło się popularne powiedzenie, że pierwszy dom buduje się dla wroga, drugi na sprzedaż, a trzeci – dla siebie, bo ten dopiero nadaje się do zamieszkania przez naszą rodzinę.

2. Jak zaplanować inwestycję

Przekonanie: **Należy wybrać dom zaprojektowany według systemu i wszelkie większe kłopoty mamy z głowy.**

Zagadnienie planowania inwestycji sprowadza się często do zastanawiania się nad tym, gdzie można znaleźć oszczędności. Dlatego tak chętnie producenci materiałów budowlanych prezentują swoje produkty lub technologie jako systemy, które przynoszą inwestorowi ewidentne oszczędności i zyski, zarówno po stronie materiałów jak

i robocizny. Często okazuje się, że te oszczędności były jedynie na papierze oferenta.

W większości przypadków obecne na rynku systemy są jedynie systemami z nazwy. Oferta producenta sprowadza się do materiału podstawowego oraz odpowiednich narzędzi. Brak jest natomiast szczegółowej informacji technicznej dla projektantów i wykonawców. Potencjalny klient musi wierzyć sprzedawcy na słowo, że system się sprawdził.

Kiedy planujemy wydatki związane z budową domu, to koncentrujemy się zwykle na wydatkach bezpośrednich, a więc takich, które są związane z zakupem działki,

for. Marcin Bykowski



Planując budowę domu nie wybierajmy raczej całego systemu, lecz odpowiednie materiały – ścianę zewnętrzną tego domu wzniesiono z cegieł silikatowych

Tabela 1 Przykład kalkulacji kosztów budowy domów w dwóch wariantach (źródło: „Buduj dom z PSB”)						
Kwota zł	Wariant „TANI”			Wariant „DROGI”		
	materiał	robocizna	razem	materiał	robocizna	razem
Razem [%],	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
w tym:						
Ławy fundamentowe: zbrojenie, szalunki, fundamenty, ściany fundamentowe	8,4	12,5	9,4	6,9	10,9	8,0
Ściany parteru	10,5	13,4	11,3	12,6	15,1	13,2
Strop nad parterem: szalunki, zbrojenie, strop	9,7	13,2	10,6	8,1	10,6	8,7
Dach: konstrukcja, deskowanie, izolacja pokrycie	16,1	12,5	15,2	15,9	21,3	17,3
Stołarka okienna i drzwi zewnętrzne	14,2	1,8	11,0	15,1	2,9	11,9
Elewacja budynku: wyprawa tynkarska, ewentualne docieplenia	3,1	8,6	4,5	5,0	7,1	5,6
Poddasze: izolacja cieplna, paroizolacja, ścianki działowe, skosy, sufity	7,0	8,4	7,4	6,5	6,7	6,6
Instalacje wewnętrzne: elektryczna, wodociągowa, kanalizacyjna, c.o., wentylacja	24,1	18,2	22,5	22,3	16,1	20,7
Posadzki: podkład pod posadzki, izolacja przeciwwilgociowa i cieplna	2,8	3,1	2,9	2,9	2,5	2,8
Wykończenie sufitów i ścian: tynki wewnętrzne, szpachle, farby	4,1	8,4	5,2	4,6	6,7	5,2

czynnościami formalno-prawnymi, wybudowaniem i wyposażeniem domu.

Przedstawiamy przykład kalkulacji kosztów w tabeli (👁️ **Tab. 1**). Zestawienie sporządzono dla domu bez piwnicy, parterowego z poddaszem mieszkalnym. Całkowita po-

wierzchnia użytkowa domu wynosi 145,5 m².

Jak widać ten sam budynek można postawić zarówno „Tanio” jak i „Drogo”. Różnica wynosi 39 700 zł, z czego na materiałach możemy zaoszczędzić 70%, a na robociznie „jedynie” 30% podanej kwoty.

Czy o czymś w naszych rozważaniach zapomnieliśmy? Okazuje się, że tak. Zapomnieliśmy zadać sobie podstawowe pytanie. Jak długo chcemy użytkować nasz dom? Rok, dwa lata, a może 50-60 lat? Odpowiedź na to pytanie, pozwoli nam ocenić, czy podana powyżej kalkulacja jest pełna czy też nie i czy wybrana przez nas technologia i materiały są rzeczywiście najtańszą, aktualną ofertą rynkową.

W „życiu” materiału budowlanego możemy rozróżnić następujące fazy mające zasadniczy wpływ na całkowity koszt inwestycji.

- Faza przed montażem – materiał trzeba dowieźć na budowę, rozładować i składować,
- Faza montażu – materiał trzeba wbudować we właściwe miejsce,
- Faza użytkowa krótkoterminowa – budynek oddaje zawilgocenie technologiczne, materiał zaczyna „pracować” w naszym budynku i może wymagać drobnych napraw,
- Faza użytkowa długoterminowa – materiał długo „pracuje” w naszym budynku i potrzebne są okresowe remonty z wymianą części materiału włącznie, płacimy „mały podatek ekologiczny”,
- Faza utylizacji – dokonujemy rozbiórki budynku i płacimy „duży podatek ekologiczny”.

Powyższe zestawienie sygnalizuje nam możliwość wystąpienia sytuacji, kiedy rozwiązania, które są względnie tanie w fazie budowy, mogą okazać się drogimi w eksploatacji. Właśnie ze względu na konieczność dokonywania częstych renowacji lub remontów. Stąd zapewne bierze się często stawiane przez budowlanców pytanie:

„Dla kogo Pan/i buduje, dla siebie, czy na sprzedaż?”

Warto, więc zadawać sprzedawcom i producentom pytania nie tylko o koszty bezpośrednio wiążące się ze stosowaniem danego materiału (zakup + robocizna), lecz również dotyczące długotrwałych skutków stosowania wybranego produktu czy technologii. Jeśli nie potrafią na nie rzeczowo odpowiedzieć, lepiej z danego rozwiązania zrezygnować. Brak wiarygodnej odpowiedzi oznacza, że dane rozwiązanie będzie testowane właśnie na nas.

A oto pytania, które można zadać w składzie budowlanym:

Pytanie: „Czy koszt transportu i składowania na budowie domieszki (plastyfikatora) do zapraw cementowych, reklamowanej jako zastępujące wapno, jest niższy od kosztu transportu i składowania wapna hydratyzowanego?”

Odpowiedź: „Tak, transport i składowanie domieszki na budowie jest tańsze niż składowanie wapna hydratyzowanego”.

Pytanie: „Czy stosując domieszkę do zapraw cementowych zamiast wapna hydratyzowanego, będziemy mieli tak samo trwałe mury?”

Uwaga – Obecnie wapno stosowane do zapraw budowlanych jest najczęściej wapnem hydratyzowanym, nawet ciasto wapienne do tynków otrzymuje się zazwyczaj przez moczenie wapna hydratyzowanego

W większości przypadków padnie twierdząca odpowiedź, lecz jak to zwykle bywa, rzeczywistość różni się od obiegowych sądów. Prawdziwą odpowiedź na powyższe pytanie znajdziecie Państwo w dalszej części broszury.

3. Co mówią współczynniki

Przekonanie: **Niezależnie od tego, jakiego materiału użyjemy do ocieplenia ścian domu, wełny mineralnej czy styropianu, to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańszą ofertę.**

Ściana zewnętrzna budynku jest jednym z najważniejszych jego elementów. To ona w dużej części decyduje o długotrwałym komforcie użytkownika budynku. Jej koszt stanowi tylko 13-15% całości wydatków

związanych z budową domu. Jednak właśnie na materiałach ściennych, konstrukcji ściany, zaprawach murarskich, systemach dociepleniowych, tynkach zewnętrznych staramy się robić największe oszczędności. O ile wyposażenie domu, czy instalacje wewnętrzne stosunkowo łatwo wymienić, o tyle nie da się tego powiedzieć o ścianach zewnętrznych budynku. Dlatego powinniśmy zwracać szczególną uwagę nie tylko na to, z czego i w jakiej technologii budujemy, ale również jak długo dane rozwiązanie będzie nam bezawaryjnie służyło.

Tabela 2 Właściwości niektórych materiałów budowlanych

Materiał [kg/m ³]	ρ [W/m ³ *K]	λ [W/m ² *K]	S_{24} [W/m ² *K]	μ	R_S [MPa]
Cegła silikatowa	900-2200	1,10	11,5275	20	7,5-15,0
Cegła ceramiczna	1800	0,77	10,2610	15	5,0-35,0 i więcej
Bloczek z betonu komórkowego	300-1000	0,20	2,3371	10	2,0-7,5
Żelbet	2400	1,80	16,5259	140	20-150 i więcej
Wełna mineralna	10-200	0,055	0,3860	1	-
Styropian	10-50	0,040	0,3558	60	-
Drewno	550	0,20	4,4663	40	-
Tynk wapienny	1700	0,80	9,0851	7	0,3-4
Tynk cementowo-wapienny	1850	0,90	10,0523	19	1 do 20
Tynk cementowy	2000	1,20	13,0851	25	1-30
Płyty gipsowo-kartonowe	1000	0,29	4,5774	8,5	-
Tynk cienkowarstwowy polimerowy	-	-	-	150/400	-

Gdzie: ρ – gęstość materiału, λ – współczynnik przewodności cieplnej, S_{24} – współczynnik przyswajania ciepła (podaje zdolność materiału do przyjmowania lub oddawania ciepła przy wahańach temperatury na jego powierzchni) materiału w 24-godzinny cykl, μ – współczynnik oporu dyfuzyjnego materiału, R_S – wytrzymałość na ściskanie

Tabela 3 Dobór materiału ściennego zależnie od spełnienia parametrów ściany

Co decyduje?	Ochrona akustyczna	Ochrona przed mrozem (ochrona cieplna zimą)	Stabilizacja temperatury latem (ochrona cieplna latem)	Nośność	Możliwość regulacji mikroklimatu w pomieszczeniach
	ρ	λ	S_{24}	R_S	μ
Rodzaj materiału ściennego					
Beton komórkowy	-	+	+/-	+/-	+
Pełna cegła ceramiczna	+	+/-	+	+	+
Silikaty	+	-	+	+	+
Żelbet	+	-	+	+	-
Połączenie drewno + wełna mineralna + paroizolacja + płyta k-g (warunki poddasza)	+	+	-	nie dotyczy	+/-

Ściana zewnętrzna budynku powinna między innymi zapewnić:

- ochronę akustyczną,
- ochronę termiczną w ciągu lata,
- ochronę termiczną w ciągu zimy,
- ochronę przeciwwodną i przeciwwilgociową przez cały rok,
- optymalne przenoszenie obciążeń dla danego projektu,
- zdrowy klimat we wnętrzu budynku.

Jej funkcjonalność uzależniona jest od zastosowanych elementów murowych, zaprawy murarskiej, zaprawy tynkarskiej, ocieplenia. Na końcowe parametry ma również wpływ sposób, w jaki składniki ściany są ze sobą połączone. Podstawowe parametry niektórych materiałów budowlanych podane są w tabeli (☞ **Tab. 2**).

Należy pamiętać, że współczynnik λ podany w tabeli charakteryzuje przewodność cieplną danego materiału w warunkach średnio wil-

gotnych. Zwiększenie zawilgocenia materiału prowadzi do sytuacji, w której na przykład bloczek z betonu komórkowego o współczynniku $\lambda=0,20$ po nawilgoceniu może mieć $\lambda=0,77$ czyli takie, jakie ma pełna cegła ceramiczna.

Korzystając z tabeli 2 jesteśmy w stanie wstępnie określić charakterystykę ścian zbudowanych z poszczególnych materiałów.

W rozważaniach zakładamy, że w pomieszczeniach budynku nie ma mechanicznej wentylacji ani klimatyzacji (☞ **Tab. 3**).

Znak „+” oznacza, że dany parametr jest dobrze spełniany. Jeśli pojawia się znak „-”, nie oznacza to dyskwalifikacji materiału, lecz że należy zastosować coś jeszcze, aby polepszyć parametry ściany zbudowanej z danego materiału. Jak widać, nie ma materiału idealnego. Budując z cegły silikatowej, pełnej cegły ceramicznej lub żelbetu powinniśmy stosować ocieplenie budynku (np. ze styropianu lub wełny mineralnej). Nie jest to konieczne

w przypadku bloczków betonu komórkowego o niskiej gęstości. Bloczek betonu komórkowego ma z kolei mniejszą wytrzymałość na ściskanie niż cegła ceramiczna, cegła silikatowa czy żelbet. Ta cecha betonu komórkowego nie powoduje jednak, aby nie można go było z powodzeniem stosować w budownictwie jednorodinnym. Bloczek betonu komórkowego znalazł również swoje miejsce w budownictwie wysokim. Służy on jako materiał wypełniający konstrukcję żelbetową. W budynkach z cegły ceramicznej lub cegły silikatowej w lecie będziemy odczuwali mniejsze wahania temperatury (brak przegrzania pomieszczenia) niż w domu zbudowanym z bloczków betonu ko-

mórkowego. Ale jest również odwrotna strona tego medalu. W okresie zmiany pory roku (zima/wiosna) domy zbudowane z nieocieplonych silikatów byłyby nieekonomiczne (zbyt duże λ silikatów). Z tabeli 3 wynika również, że w gorące lato temperatura na poddaszu (przy powszechnie dzisiaj stosowanej technologii) będzie zdecydowanie wyższa niż na parterze domu. Dlatego dokonując wyboru materiału na ściany pamiętajmy o tych zależnościach. Dodatkowo warto wiedzieć, że rodzaj materiału ściennego wpływa na jego odporność na korozję biologiczną. Taką odporność wykazują cegły silikatowe oraz bloczki betonu komórkowego. Zawdzięczają to głów-

Tabela 4 Ściana jednowarstwowa z cienkowarstwową spoiną zaprawy murarskiej

Warstwa	Tynk zewnętrzny	Mur		Tynk wewnętrzny
		element murowy	spoina z cienkowarstwową zaprawą murarską	
Funkcja warstwy	<ul style="list-style-type: none"> zazwyczaj w tej odmianie stosuje się cienkowarstwową tynk z dodatkiem polimerów, który bardzo dobrze zabezpiecza ścianę przed wpływami atmosferycznymi (dopóki nie pęknie), ale tamuje odprowadzenie ze ściany wilgoci (duży opór dyfuzyjny), która znajduje się w ścianie nadanie estetycznego wyglądu 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna letnia i zimowa przeniesienie obciążeń zabezpieczenie akustycznie transport na powierzchnię wilgoci z zewnątrz i wewnątrz 	<ul style="list-style-type: none"> przeniesienie obciążeń, zapewnienie spoiwości muru, ze względu na małą grubość ta spoina nie spełnia innych istotnych funkcji 	<ul style="list-style-type: none"> jeżeli zastosuje się cienkowarstwową tynk polimerowy, to zabezpiecza on bardzo dobrze ścianę przed wnikaniem wilgoci z pomieszczenia (dopóki nie pęknie), ale zatrzymuje na swojej powierzchni wilgoć, co może w konsekwencji prowadzić do miejscowego zagrzybienia ściany
Opór dyfuzyjny warstwy	250	10	nie dotyczy	250
Grubość warstwy	około 3 mm	około 400 mm	około 3 mm	około 3 mm

Tabela 5 Ściana jednowarstwowa z zaprawą termoizolacyjną

Warstwa	Tynk zewnętrzny	Mur		Tynk wewnętrzny
		element murowy	spoina z termoizolacyjną zaprawą murarską	
Funkcja warstwy	<ul style="list-style-type: none"> tradycyjny tynk cementowo-wapienny dobrze zabezpiecza ścianę przed wpływami atmosferycznymi. Zapewnia także odprowadzenie ze ściany wilgoci (mały opór dyfuzyjny), która znajduje się w ścianie ma zdolność samozabliźniania mikropęknięć nadaje estetyczny wygląd elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna letnia i zimowa przeniesienie obciążeń zabezpieczenie akustyczne transport na powierzchnię wilgoci wnikającej z zewnątrz i wewnątrz 	<ul style="list-style-type: none"> przeniesienie obciążeń, zapewnienie spoiwości muru, kompensacja odkształceń i naprężeń w murze transport wilgoci ochrona cieplna letnia i zimowa 	<ul style="list-style-type: none"> jeżeli zastosuje się wapienny tynk tradycyjny, to reguluje on ciepłno-wilgotnościowy klimat pomieszczenia, zatrzymuje wilgoć w okresach wzrostu wilgotności w pomieszczeniu i oddaje wilgoć w okresach o mniejszym zawilgoceniu wnętrza ma zdolność samozabliźniania mikropęknięć jest grzybobójczy
Opór dyfuzyjny warstwy	19	10	10	7
Grubość warstwy	10-20 mm	około 400 mm	około 12 mm	10-20 mm

nie temu, że jednym ze składników dodawanych w procesie produkcji jest wapno palone.

We wnętrzu ściany zewnętrznej mieszkania ciągle zachodzą procesy związane z ruchem ciepła i wilgoci przez poszczególne jej warstwy. Podatność danego materiału na przenikanie wilgoci charakteryzuje współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej – μ . Dla trwałości ściany zewnętrznej bardzo istotne jest optymalne zestawienie poszczególnych jej warstw z punktu widzenia ich oporów dyfuzyjnych. Nawet w ścianie, którą umownie określamy jako jednowarstwową, mamy dwie warstwy na jej powierzchniach: tynk ze-

wewnętrzny i wewnętrzny i złożenie dwu warstw we wnętrzu: materiał elementu murowego i materiał spoiny z zaprawy budowlanej, która łączy elementy murowe.

W stosowanych obecnie na polskim rynku budowlanych ścianach jednowarstwowych można wyróżnić dwie główne odmiany technologiczne: ścianę jednowarstwową z cienkowarstwową spoiną zaprawy murarskiej (grubości ok. 1 do 3 mm) i ścianę jednowarstwową z zaprawą ciepłochronną o tradycyjnej grubości ok. 15 mm. Porównania obu odmian dokonujemy w tabelach (👁️ **Tab. 4, 5**).



Pęknięcie zewnętrznego cienkowarstwowego tynku polimerowego na ścianie jednowarstwowej – otwarcie muru na zawilgocenie

Dla prostoty rozważań pominięto wpływ ewentualnych farb: elewacyjnej i wykańczającej tynk wewnętrzny. Należy jednak pamiętać, że w pełni wykorzystujemy walory tynku wapiennego, jeżeli pokryjemy go odpowiednią farbą mineralną. W ten sposób, świadomie używając wapna, otrzymujemy aseptyczną wewnętrzną powierzchnię ścian. Alergia jest obecnie chorobą cywilizacyjną, okazuje się że to tradycyjny tynk wapienny spełnia wymogi XXI wieku.

Powróćmy jednak do poprzednich tabel. Cienkowarstwowy tynk polimerowy jednak pęka, co widać na powyższym zdjęciu.

Ze względu na duży opór dyfuzyjny ($\mu=250$) tego tynku (poza linią pęknięcia) wilgoć wnika do środka elementu murewego zamiast wydostać się na zewnątrz. Tradycyjny tynk cementowy o stosunkowo

niskim oporze dyfuzyjnym ($\mu=10$) odda część wilgoci na zewnątrz. Takie wnikanie wilgoci do elementu murewego ściany jednowarstwowej skutkuje obniżeniem jej właściwości termoizolacyjnych. Zwiększa się więc współczynnik przewodności cieplnej λ .

Wybierając zatem ścianę jednowarstwową murowaną na cienkiej spoinie i pokrytą polimerowym tynkiem cienkowarstwowym ryzykujemy, że już w krótkoterminowej fazie użytkowej element murewy będzie miał w niektórych miejscach zamiast $\lambda = 0,18$ faktycznie λ równe np. 0,40. Dzieje się

tak, ponieważ w ścianie jednowarstwowej element murewy jest warstwą łączącą w sobie wiele funkcji, które w innych typach ścian są rozdzielone na różne warstwy. Wtedy kunsztownie podane nam przez sprzedawcę jednowarstwowej ściany wyliczenia kosztów ogrzewania są już nieaktualne. Mówią o tym właśnie współczynniki.

Przejdźmy teraz do rodzajów ociepleń elewacji. Podstawowe stosowane do tego w Polsce materiały to: styropian i wełna mineralna. Styropian ma opór dyfuzyjny równy 60, a wełna mineralna 1. Jeżeli więc element murewy o oporze dyfuzyjnym 10 (np. bloczek z betonu komórkowego) pokryjemy styropianem, to będzie on pewną barierą w opuszczaniu przez wilgoć elementu murewego. Natomiast wełna mineralna taką barierą nie będzie. To znów powiedziały nam współczynniki. Ich „mowę” szerzej wykorzystamy w następnym rozdziale.

4. Wybór rodzaju ściany

Przekonanie: **Niezależnie od tego, jaką wybierzemy ścianę: jednowarstwową, dwuwarstwową, wielowarstwową, efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańszą technologię, która dodatkowo w krótkim czasie pozwoli postawić ściany budynku.**

Koszty ogrzewania budynku nie należą w Polsce do najniższych. Dlatego każda oferta rynkowa tworzona na zasadzie: oszczędzamy na kosztach materiału przy niezmiennym zużyciu energii, wydaje się być atrakcyjna.

Jednym z niebezpieczeństw, jakie nas czyhają przy wyborze materiałów ściennych i rodzaju ściany jest syndrom „równorzędności rozwiązań”. Ściana jednowarstwowa jest przedstawiana jako alternatywa ściany dwuwarstwowej, dwuwarstwowa jako alternatywa ściany wielowarstwowej, itd. W ten sposób sugeruje się inwestorowi, że powinien wybrać ten system, który jest najtańszy, gdyż biorąc pod uwagę względy eksploatacyjne, będzie miał ciągle to samo. Jest to prawda o tyle, o ile przy porównywaniu typów ścian poprzestaniemy na etapie kalkulacji kosztów materiałów ściennych i robocizny. Innymi słowy, kiedy z kalkulacją wstrzymamy się do okresu zaraz po oddaniu przez budynek całej wilgoci technologicznej.

W poprzednim rozdziale omówiliśmy ścianę jednowarstwową, aby pokazać „mowę” współczynników. Teraz w analogiczny

sposób omówimy ścianę dwuwarstwową i wielowarstwową (☞ **Tab. 6**).

Jak widzimy z tabelarycznego zestawienia w przypadku ściany dwuwarstwowej ocieplonej styropianem polimerowy tynk jest jeszcze zbrojony włóknem szklanym. To dodatkowe zabezpieczenie spowodowane jest szczególnie dużym i częstym przeciążeniem, jakie musi przenieść ten tynk. Po ziemi pod styropianem, jak również w szczelinach pomiędzy płytami styropianu (dopuszczalna szerokość tych szczelin to ok. 2 mm), a także pod warstwą tynku zalega gromadzona tam w ziemi wilgoć. Przy silnym nasłonecznieniu, ciemno



Pęknięcie zewnętrznego cienkowarstwowego tynku polimerowego na ociepleniu ściany dwuwarstwowej – otwarcie muru na zawilgocenie

Tabela 6 Ściana dwuwarstwowa ocieplona styropianem					
Warstwa	Tynk zewnętrzny	Ocieplenie	Mur		Tynk wewnętrzny
			element mурowy	spoina z tradycyjnej zaprawy murarskiej	
Funkcja warstwy	<ul style="list-style-type: none"> stosuje się cienko-warstwowy tynk zbrojony siatką z włókna szklanego z dodatkiem polimerów, który bardzo dobrze zabezpiecza ścianę przed wpływami atmosferycznymi (dopóki nie pęknie), ale tamuje odprowadzenie ze ściany wilgoci (duży opór dyfuzyjny), która znajduje się w ścianie przeniesienie odkształceń i naprężeń od wpływu temperatury i wilgoci nadanie elewacji estetycznego wyglądu 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna zimowa zabezpieczenie akustyczne (choć czasami styropian pogarsza ochronę akustyczną) 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna letnia przeniesienie obciążeń zabezpieczenie akustyczne transport wilgoci 	<ul style="list-style-type: none"> przeniesienie obciążeń, zapewnienie spoiwości muru, kompensacja odkształceń i naprężeń w murze transport wilgoci 	<ul style="list-style-type: none"> jeżeli zastosuje się wapienny tynk tradycyjny, to reguluje on ciepłno-wilgotnościowy klimat pomieszczenia, zatrzymuje wilgoć w okresach wzrostu wilgotności w pomieszczeniu i oddaje w okresach o mniejszym zawilgoceniu wnętrza ma zdolność samozabliźniania mikropełnięć jest grzybobójczy
Opór dyfuzyjny warstwy	250	60	10	10	7
Grubość warstwy	około 3 mm	ponad 100 mm	poniżej 400 mm	12-20 mm	10-20 mm
Współczynnik przewodności cieplnej	–	0,040	0,18-1,1	0,90	0,80
Współczynnik przy swajania ciepła	–	0,3558	2,3371-11,5275	10,0523	9,0851

zabarwiona ściana może nagrzać się nawet do 60-70°C. Wówczas zgromadzona w ociepleniu wilgoć stopniowo zamienia się w parę wodną. W miarę jak proces postępuje, jest jej coraz więcej. Również styropian ogrzewając się od nocnych niskich temperatur do dziennych (różnica temperatury rzędu 40°C) „chce” się wydłużyć. W strefie okotynkowej pojawiają się zatem duże naprężenia rozciągające, które dążą do rozerwania tynku. Zniszczeniu tynku przez ciśnienie pary i termiczne ruchy styropianu powinno zapobiec zbrojenie i silna przyczepność pomiędzy tynkiem i styropianem. Nic dziwnego, że tynki poddane takim przeciążeniom czasem pękają.

Dodatkowo dość powszechnym zwyczajem występującym na polskich budowach jest mieszanie systemów dociepleniowych różnych producentów. Teoretycznie systemy dociepleniowe różnych producentów powinny być do siebie podobne, bo składają się z tych samych elementów. W praktyce jednak poszczególne składowe systemu różnią się między sobą właściwościami chemicznymi i fizycznymi. Chęć uzyskania oszczędności poprzez łączenie elementów najtańszych z poszczególnych systemów rodzi niekiedy opłakane skutki. Odpadające płyty ocieplenia, pęknięte lub łuszczące się tynki, są właśnie objawem tego, że wykonawca lub inwestor chciał zbyt oszczędzić na kosztach robocizny lub materiałów.

Znacznie rzadziej stosuje się w Polsce ścianę dwuwarstwową z ociepleniem wełną mineralną. W tym przypadku stosuje się mineralny tynk zewnętrzny. Jest to głównie spowodowane kwestią proporcji oporu dyfuzyjnego pomiędzy ociepleniem a tynkiem zewnętrznym. W tym przypadku ocieplenie

(wełna mineralna $\mu=1$) nie tworzy bariery dla odprowadzenia wilgoci z muru ($\mu=10$). Jednak tynk mineralny o mniejszej elastyczności niż polimerowy nie może „oddać” latem ciepła słonecznego do elementu mурowego (jak w ścianie jednowarstwowej lub wielowarstwowej) ponieważ przeszkadza temu ocieplenie umieszczone bezpośrednio pod tynkiem. Więc także tynk położony na wełnie mineralnej podlega obciążeniom zmęczeniowym, które prowadzą z czasem do spękania tynku zewnętrznego, zawilgocenia wełny mineralnej i obniżenia zdolności termoizolacyjnych ściany.

Jak widać, ocieplenie ściany dwuwarstwowej znajduje się bezpośrednio pod cienkim tynkiem, który jest poddany znacznym przeciążeniom o charakterze zmęczeniowym. Znowu więc istnieje duże prawdopodobieństwo przeniknięcia wilgoci do ocieplenia i obniżenia współczynnika λ zakładanego przy początkowych wyliczeniach. Z czasem pogarszają się więc właściwości termoizolacyjne ściany dwuwarstwowej.

Najlepsze rezultaty z punktu widzenia długotrwałego użytkowania domu uzyskuje się stosując ściany wielowarstwowe. Następuje w nich korzystne rozdzielanie funkcji ściany zewnętrznej pomiędzy poszczególne warstwy (☞ **Tab. 7**).

Warstwa licowa chroni przed wpływami atmosferycznymi, szczelina wentylacyjna pozwala odprowadzić wilgoć, która przenika przez ścianę licową i z wnętrza. Chroniona i wentylowana warstwa termoizolacji nie jest narażona na destrukcyjny wpływ „pracy” tynku zewnętrznego i na zamakanie, które obniża termoizolacyjność większości materiałów (tak jak jest to przy ścianie ocieplonej metodą lekką moką).

Tabela 7 Ściana wielowarstwowa z wentylowaną szczeliną powietrzną						
Warstwa	Ściana elewacyjna	Wentylowana pustka powietrzna	Ocieplenie	Mur		Tynk wewnętrzny
				element mury	spoina z tradycyjnej zaprawy murarskiej	
Funkcja warstwy	<ul style="list-style-type: none"> zabezpiecza ścianę przed wpływami atmosferycznymi (woda, śnieg, mróz, lód), ochrona cieplna letnia nadanie estetycznego wyglądu elewacji, ochrona akustyczna 	<ul style="list-style-type: none"> odprowadzenie wilgoci przedostającej się z zewnętrznej ściany elewacyjnej oraz z wnętrza pomieszczenia odprowadzenie skroplin i wody, która wnika przez ścianę elewacyjną 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna zimowa zabezpieczenie akustyczne (choć czasami styropian pogarsza ochronę akustyczną) 	<ul style="list-style-type: none"> ochrona cieplna letnia przeniesienie obciążeń zabezpieczenie akustycznie transport wilgoci 	<ul style="list-style-type: none"> przeniesienie obciążeń, zapewnienie spoiności muru, kompensacja odkształceń i naprężeń w murze transport wilgoci 	<ul style="list-style-type: none"> jeżeli zastosuje się wapienny tynk tradycyjny, to reguluje on ciepłno-wilgotnościowy klimat pomieszczenia, zatrzymuje wilgoć w okresach wzrostu wilgotności w pomieszczeniu i oddaje w okresach o mniejszym zawilgoceniu wnętrza ma zdolność samozabliźniania mikropeknień jest grzybobójczy
Opór dyfuzyjny warstwy	10	nie dotyczy	60	10	10	7
Grubość warstwy	około 120 mm	około 40 mm	ponad 100 mm	poniżej 400 mm	12-20 mm	10-20 mm
Współczynnik przewodności cieplnej	1,0	nie dotyczy	0,040	0,18-1,1	0,9	0,7
Współczynnik przyswajania ciepła	około 11	nie dotyczy	0,3558	2,3371 -11,5275	10,0523	9,0851

Tabela 8 Zalety i wady ścian: jedno-, dwu- i wielowarstwowej		
Technologia ściany	Korzyści	Wady
Jednowarstwowa	Prostota wykonania Stosunkowo niskie koszty materiału i robocizny	Zgrupowanie funkcji ściany praktycznie w jednej warstwie. Konieczność prowadzenia ciągłych inspekcji szczelności ściany. Podatność na utratę ochrony przed wodą i wilgocią. Potencjalnie zwiększająca się wartość λ – pogorszenie się ochrony termicznej
Dwuwarstwowa	Rozdzielenie głównych funkcji ściany na jej dwie główne warstwy	Wyższe koszty robocizny Konieczność starannego dobrania systemu dociepleniowego. Potencjalnie zwiększająca się wartość λ – pogorszenie się ochrony termicznej
Wielowarstwowa	Rozdzielenie funkcji ściany na wiele jej elementów składowych. Bardzo dobra ochrona przeciwwodna i przeciwwilgociowa. Potencjalnie stała wartość λ – stabilna ochrona termiczna	Wyższe koszty robocizny i materiałów w porównaniu z poprzednimi technologiami

Wreszcie ściana wewnętrzna, nośna, jest wielokrotnie chroniona przed zewnętrznymi wpływami atmosferycznymi. Technologia ta (w wersji uproszczonej, w której brak szczeliny wentylowanej) ma też najdłuższą tradycję na terenie Polski, czyli jest najdłuższej, i to z powodzeniem, testowana. Ile kosztuje „luksus” posiadania ściany wielowarstwowej? Stosunkowo niewiele, biorąc pod uwagę długofalowe korzyści, jakie uda nam się uzyskać stosując tę technologię. Jeśli posłużymy się tabelą 1 (str. 6), to okaże się, że w stosunku do wersji „TANIA” podróżymy koszty całej inwestycji ok. 7%.

W ścianie wielowarstwowej najlepiej jest chronione ocieplenie. Istnieje więc największe prawdopodobieństwo zachowania

zakładanego współczynnika λ . Więc jest to ten rodzaj ściany, w przypadku którego możemy dać wiarę wyliczeniom długookresowych kosztów ogrzewania.

Zalety i wady omawianych typów ścian zestawiamy w tabeli (☞ **Tab. 8**).

Wieloletnie doświadczenie pokazuje, że w każdej zaprawie budowlanej zwykłej (a takich jest około 80%) powinno być obecne wapno. Jeżeli zależy nam na ścianach skutecznie chroniących przed wodą, wilgocią, korozją biologiczną i mikropeknieniami związanymi z wstępnymi osiadaniami budynku, to zaprawa murarska i tynk ściany powinny zawierać wapno.

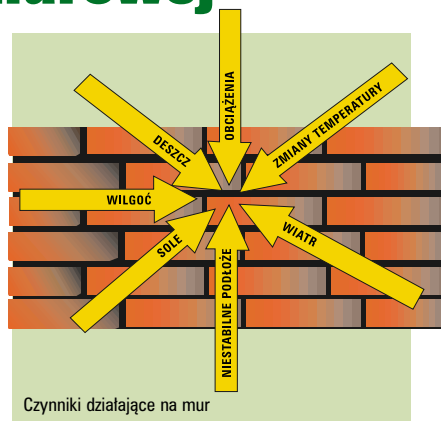
5. Trwałość konstrukcji murowej

Przekonanie: **Wytrzymałe, mrozoodporne zaprawy są gwarancją mrozoodporności muru. A zatem nie należy stosować zapraw zawierających wapno hydratyzowane.**

Konstrukcja murowa (mur) jest zwykle połączeniem dwóch składowych: elementu murowego (cegła ceramiczna, silikatowa, bloczek betonu komórkowego) oraz zaprawy murarskiej. Od jakości użytych do jej budowy materiałów zależy trwałość ścian budynku. Zwykle, aby zmniejszyć koszty inwestycji staramy się zaoszczędzić na materiałach ściennych i zaprawach. Czyli oszczędności robimy tam, gdzie w ogóle ich nie powinno być. Dlaczego? Wystarczy spojrzeć na załączony rysunek, aby przekonać się ile różnorodnych czynników działa na mur.

Tak dzieje się każdego dnia przez kolejne dziesięciolecia. Jakość stosowanych materiałów jest kluczem do sukcesu. Spośród wymienionych czynników najbardziej destrukcyjny wpływ na mury ma woda pod różnymi postaciami (deszcz, śnieg, lód, rosa, wilgoć, para). Wykwitły solne, korozja elementów stalowych, utrata skuteczności ocieplenia związane są z obecnością wody w murze. Zapewnienie szczelności połączenia jest podstawowym zadaniem stojącym przed zaprawą murarską. Także obciążenia, zmiany temperatury, a co za tym idzie zmiany wymiarów liniowych mają swój udział w możliwości uszkodzenia konstrukcji murowej. Dobra zaprawa powinna równocześnie:

- łączyć elementy murowe w stabilną konstrukcję,



Czynniki działające na mur

- kompensować odkształcenia i naprężenia pojawiające się w murze, czyli działać jak poduszka,
- umożliwiać odprowadzenie wilgoci z muru,
- stanowić barierę dla wody próbującej wniknąć do wnętrza muru.

Zwarta, mocna, nieprzepuszczalna dla wody zaprawa nie jest równoważna z tym, iż mur jest wodoodporny. Bo o wodoodporności nie decyduje sama zaprawa, lecz także jakość i szczelność połączenia pomiędzy elementem murowym a zaprawą. Stosowanie bardzo wytrzymałych na ściskanie zapraw nie gwarantuje nam sukcesu. Wręcz przeciwnie, zbyt mocne zaprawy zwykle prowadzą do poważnych uszkodzeń murów (pęknięcia, zarysowania). W uzyskaniu szczelnych połączeń murowych główną rolę gra wapno. W wyniku doświadczeń stwierdzono, że mury na zaprawach cementowo-wapiennych są mniej przesiąkliwe dla wody niż mury stawiane na zaprawach cementowych z domieszkami chemicznymi. To dzięki zawartości wapna do dzisiaj stoją budowle postawione nawet przed setkami lat.

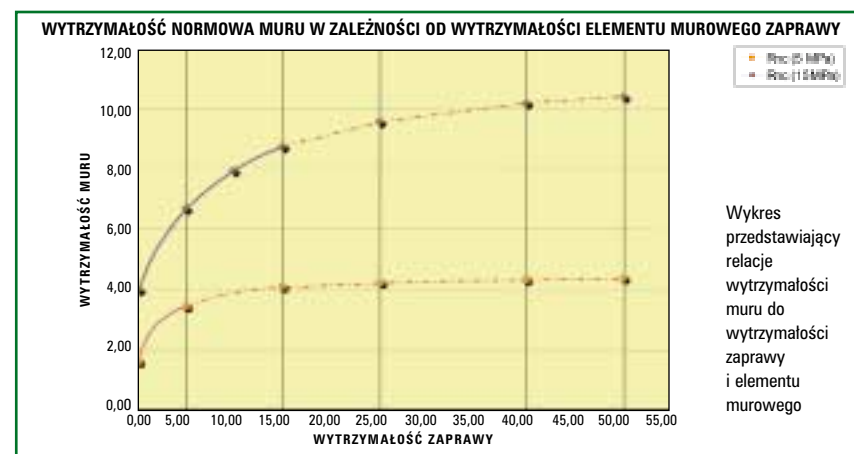
6. Wytrzymałość konstrukcji murowej

Przekonanie: **Najważniejszym parametrem zaprawy murarskiej jest jej wytrzymałość na ściskanie. A zatem należy stosować jak najmocniejsze zaprawy, gdyż zapewni nam to trwałą, stabilny mur.**

Wiele osób (w tym fachowców) uważa wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie za jej najważniejszy parametr. Pod tym kątem dokonują selekcji zapraw stosowanych na budowie. Ma to zapewnić konstrukcji murowej zdolność do przenoszenia znacznych obciążeń. Okazuje się jednak, że wytrzymałość konstrukcji murowej w znacznie większym stopniu zależy od wytrzymałości na ściskanie elementów murowych niż od wytrzymałości zaprawy. Badania przeprowadzone na słupach i filarach murowanych z różnego rodzaju elementów murowych wykazały, że początkowo wraz ze wzrostem wytrzymałości zaprawy rośnie rów-

nież wytrzymałość muru. Jednak po przekroczeniu pewnej wartości wytrzymałości zaprawy wytrzymałość całej konstrukcji murowej niewiele się zmienia.

Przerzywana linia na wykresie obrazuje obszar, w którym zaprawa jest mocniejsza od elementu murowego – rośnie wtedy prawdopodobieństwo uszkodzenia konstrukcji murowej. Dlatego też ze względów zarówno technicznych, jak i ekonomicznych, stosowanie zbyt wytrzymałych zapraw się nie opłaca. Zaprawa murarska powinna być dobrana do konkretnego projektu. Zalecenia budownictwa ogólnego w Stanach Zjednoczonych rekomendują stosowanie zapraw najslabszych z dopuszczalnych dla danej konstrukcji. Zawierają one więcej wapna, przez co są bardziej elastyczne. Lepiej kompensowane są naprężenia i przemieszczenia muru w porównaniu do zapraw cementowych, których urabialność została poprawiona stosowaniem domieszek chemicznych (plastyfikatorów).



7. Zaprawa murarska

Przekonanie: **Wszystkie zaprawy murarskie mają te same cechy użytkowe. A zatem należy poszukiwać najtańszej oferty na rynku.**

Kiedy mamy do czynienia z ceramiką (a są nimi zarówno elementy murowe, jak i zaprawy), to pod obciążeniem zawsze pierwszy pęka najłabszy element. Jeśli zaprawa jest bardziej wytrzymała niż bloczek, to właśnie bloczek będzie ulegał uszkodzeniu.

Mocna, wytrzymała zaprawa murarska jest równocześnie mało elastyczna. Podczas pracy muru dochodzi zwykle do jej uszkodzenia. Zaprawa spękana, słabo przylegająca



Destrukcja cegły na ścianie ze zbyt mocną zaprawą o mniejszej paroprzepuszczalności niż element murowy (cegła)

Zależności opisane w poprzednim rozdziale definiują podstawową zasadę murarską: **wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie nie powinna przekraczać wytrzymałości na ściskanie elementu murowego.**

do podłoża nie gwarantuje szczelności konstrukcji murowej. Mur staje się podatny na atak wody i związków chemicznych w niej rozpuszczonych. W konsekwencji prowadzi to do jego przyspieszonej degradacji.

W tabeli (👁️ **Tab. 9**) podane są orientacyjne (dokładnie markę powinien zawsze określać projekt budowlany) marki zapraw w zależności od prowadzonych prac murarskich (wytrzymałość na ściskanie w MPa określona jest cyfrą po literze M).

Z tabeli wynika, że nie ma jednej, uniwersalnej zaprawy nadającej się do stosowania w każdych warunkach. W zależności od ułożenia partii muru powinniśmy używać odmiennych zapraw murarskich.

Cechy świeżej zaprawy murarskiej powinny być dopasowane do nasiąkliwości stosowanego elementu murowego. Najlepszą przyczepność świeżej i stwardniałej zaprawy do elementu murowego uzyskujemy, jeśli świeża zaprawa ma odpowiednią urabialność i retencję.

Na bardzo nasiąkliwych podłożach świeża zaprawa bardzo szybko traci wodę i sztywnieje, co obniża jej przyczepność do podłoża. Na podłożach mało nasiąkliwych, zaprawa zawierająca zbyt dużo wody również nie gwarantuje uzyskania szczelnego połączenia murarskiego. Wapno poprawia urabialność i retencję świeżej zaprawy.

Tabela 9 Wybór zaprawy w zależności od lokalizacji konstrukcji murowej

Lokalizacja	Element konstrukcji murowej	Marka zaprawy	
		Zalecana	Alternatywna
Zewnątrz, ponad poziomem gruntu	ściana nośna	M5	M10 lub M20
	ściana nieprzejmująca obciążeń	M2	M5 lub M10
	murek ogniowy (attyka)	M5	M10
Zewnętrzna na poziomie lub poniżej gruntu	ściany fundamentowe, ściany oporowe, otwory włazowe, kanały ściekowe, nawierzchnia brukowa, chodniki i dziedzińce	M10	M20 lub M5
Wewnętrzna	ściana nośna	M5	M10 lub M20
	nienośne ścianki działowe	M2	M5

Tabela 10 Zalecane odległości pomiędzy dylatacjami pionowymi

Rodzaj stosowanych elementów murowych ściany zewnętrznej	Odległość pomiędzy dylatacjami pionowymi [m]		
	Zaprawa cementowo-wapienna	Zaprawa cementowa	Zaprawa cementowa z domieszką (plastyfikatorem)
Cegły ceramiczne	60	50	brak danych
Inne elementy murowe	40	25	brak danych

Urabialność jest połączeniem kilku właściwości: plastyczności, konsystencji i przyczepności do podłoża. Retencja wody jest miarą zdolności zaprawy poddanej odsączeniu do zachowania wody zarobowej.

Dodawanie wapna zwiększa elastyczność zaprawy murarskiej. Zaprawa elastyczna lepiej współpracuje z elementami murowymi chroniąc je przed uszkodzeniami. Zawartość wapna pozwala więc zwiększyć odległość pomiędzy dylatacjami. Większa odległość pomiędzy dylatacjami to oszczędność kosztów materiału i robocizny (👁️ **Tab. 10**).

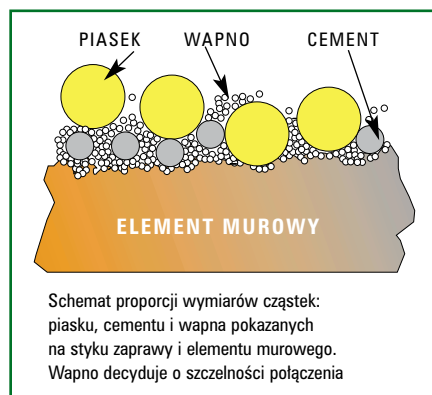
W przypadku zapraw cementowych z domieszkami brak jest wiarygodnych danych, pozwalających oszacować, w jakich odstępach powinno robić się dylatacje.

8. Składniki zaprawy

Przekonanie: **Stosowanie wapna hydratyzowanego jest skomplikowane. A zatem należy używać plastyfikatorów, bo ułatwia to pracę, a efekt końcowy jest ten sam.**

Ze względu na swoje właściwości (materiał wiążący) jak i wielkość cząstek, wapno jest tym składnikiem, którego obecność w zaprawie murarskiej jest niezastąpiona. Wapno ma trzy-, czterokrotnie mniejsze cząstki niż cement. Zapewnia to uzyskanie szczelnego połączenia murarskiego, a przez to mur jest bardziej odporny na działanie wody i wilgoci.

Warto, więc zapoznać się z tabelą podającą receptury zapraw cementowo-wapiennych (👁️ **Tab. 11**). Dozowanie składników jest objętościowe, co znacznie ułatwia pracę na budowie. Wystarczy mieć czyste naczynie (wiadro, wiaderko, inny pojemnik), którego objętość dostosowana jest do zakresu prowadzonych prac. Podane w tabeli wartości wytrzymałości uzyskuje się, jeśli ilość piasku w zaprawie jest 3-krotnie



większa niż suma składników wiążących (cement + wapno). Jeżeli zaś użyjemy mniejszej ilości piasku (ale wciąż w podanym zakresie 2¼-3), to zaprawa będzie miała wyższą wytrzymałość niż podana jest w tabeli dla danej receptury.

Jeśli chcemy otrzymać zaprawę o wytrzymałości na ściskanie co najmniej 5 MPa, powinniśmy zmieszać ze sobą 1 pojemnik cementu, 1¼ pojemnika wapna oraz 6¾ pojemnika piasku.

Tabela 11 Proporcje objętościowe dla zapraw murarskich wykonywanych na budowie

Cement	Wapno	Piasek	Orientacyjna średnia minimalna wytrzymałość na ściskanie zaprawy w [MPa]
1	¼	nie mniej niż 2¼	17,2
1	½	i nie więcej niż 3 sumy objętości cementu i wapna	12,4
1	1¼		5,2
1	2½		2,4

9. Czy plastyfikator rzeczywiście zastępuje wapno

Przekonanie: **Niezależnie od tego, jaką zastosujemy zaprawę murarską: cementowo-wapienną czy cementową z plastyfikatorem (domieszką reklamowaną jako zastępującą wapno), to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać zaprawę, która jest łatwa i tania do wykonania.**

Jeśli stosujemy domieszki reklamowane jako zamienniki wapna, to czy uzyskamy tę samą trwałość konstrukcji mурowej?

Z dotychczasowych rozważań wynika, iż najważniejszym parametrem zaprawy murarskiej jest jej przyczepność do podłoża. Szczelne połączenia murarskie chronią konstrukcję mурową przed atakiem wody i wilgoci, przez co wydatnie ulega wydłużeniu żywotność muru. Tę przyczepność i szczelność połączenia murarskiego zapewnia wapno.

Nie można jednak tego samego powiedzieć o domieszkach reklamowanych jako zamienniki wapna hydratyzowanego. Około 95% dostępnych na składach budowlanych w Polsce domieszek chemicznych jest środkami napowietrzającymi. Wprowadzone do zaprawy mikropęcherzyki powietrza działają w niej jak miniłożyska. Stąd wykonawcy wydaje się, że stosując wapno i plastyfikator uzyskuje taki sam efekt, gdyż za każdym razem poprawił urabialność zaprawy cementowej. Jednak struktura zaprawy z domieszką napowietrzającą oraz zaprawy z wapnem



Bardziej porowata struktura zaprawy zawierającej domieszkę chemiczną (plastyfikator)



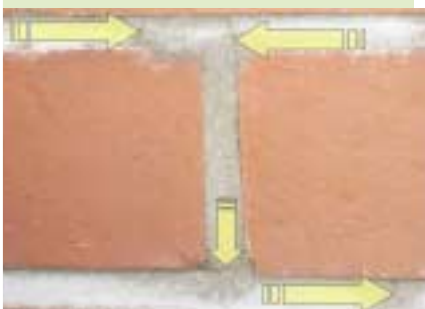
Mniej porowata struktura zaprawy zawierającej wapno

jest różna, o czym można przekonać się porównując załączone zdjęcia.

Zaprawa cementowa z domieszką napowietrzającą jest bardziej porowata, co powoduje, że połączenie murarskie nie jest szczelne. W skrajnych przypadkach, gdy nastąpiło przedozowanie domieszki, występuje utrata



Odspojenie zaprawy od elementu mурowego – otwarcie drogi dla wody



Pęknięcia wewnątrz zaprawy – otwarcie drogi dla wody



Pęknięcia elementu mурowego: najtrudniejsze do naprawy otwarcie drogi dla wody

przyczepności zaprawy do podłoża, cegły dają się wyciągać z muru „golymi” rękami. Słaba przyczepność zaprawy do elementu mурowego skutkuje tworzeniem się szczelin, którymi woda łatwo wnika do wnętrza muru. Z czasem doprowadza to do coraz większych uszkodzeń konstrukcji mурowej. Wprowadzenie domieszki do zaprawy cementowej zmienia charakter zaprawy, która staje się bardziej krucha i podatna na pęknięcie.

Przed ewentualnym zastosowaniem domieszki należy zapoznać się z pełną wersją Aprobaty Technicznej. Stosowanie domieszki nie jest tak proste, jak jest to opisane na opakowaniu produktu. Końcowy rezultat napowietrzenia zaprawy uzależniony jest m. in. od rodzaju stosowanego cementu, temperatury otoczenia, rodzaju piasku, szybkości obrotowej betoniarki, stopnia jej załadowania. Dlatego należy sprawdzić, jak domieszka będzie współdziałała z danymi składnikami zaprawy. Sprawdzenie dokonuje się poprzez wykonanie badań laboratoryjnych. Badania takie trwają 28 dni. Po ich wykonaniu i potwierdzeniu przydatności zaprawy do zastosowania w danym budynku, należy dbać o dochowanie powtarzalnych warunków wytwarzania zaprawy, aby były one zbliżone do tych, kiedy wykonywaliśmy próbne zaroby zaprawy podczas badań. Warto również wiedzieć, że każdy procent dodatkowego powietrza w zaprawie lub betonie skutkuje spadkiem wytrzymałości zaprawy na ściskanie o 5-6%. Jeśli przedozujemy domieszkę, to nie tylko spowodujemy spadek przyczepności zaprawy do podłoża, ale równocześnie możemy sprawić, że zaprawa będzie miała zbyt małą wytrzymałość na ściskanie i zginanie w stosunku do wymagań stawianych przez konstruktora.

10. Tynk zewnętrzny

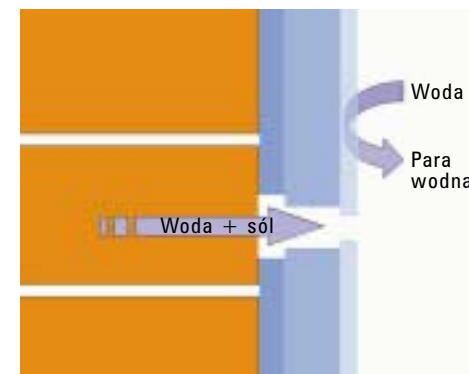
Przekonanie: **Niezależnie od tego, jakie zastosujemy tynki wewnętrzne czy zewnętrzne, cienko- czy grubowarstwowe, i jakie w nich zastosowano spoiwo wiążące, to efekt końcowy będzie taki sam. A zatem należy wybrać najtańsze rozwiązanie.**

Kilkrotnie już tutaj padło stwierdzenie, że najbardziej destrukcyjnym czynnikiem powodującym uszkodzenia murów jest woda. Dlatego, tak jak przed zaprawą mурarską, tak i przed tynkami stoi zadanie ochrony konstrukcji mурowej przed dostępem wody. A kiedy z różnych przyczyn doszłoby do jej zawilgocenia, tynk powinien umożliwić odprowadzenie wody poza obręb muru.

Tradycyjne tynki są wielowarstwowe. W starożytnym Rzymie stosowano tynki 7-warstwowe, a w zachowanych miejscach fragmentach tynków starożytnej Grecji doszukano się nawet 11 warstw.

W tynkach wielowarstwowych szczególną rolę odgrywa granulacja piasku, która zmienia się z warstwą na warstwę. Od granulacji piasku zależy średnica tworzących się w tynku kapilar. Kapilary o największych średnicach występują tuż przy murze (warstwa obrzutki), a najmniejsze w warstwie gładzi. Tradycyjne tynki wielowarstwowe, które wykorzystują zjawisko podciągania kapilarnego cieczy są naturalną pompą ssącą odciągającą wilgoć z murów.

Ale nie tylko. Pierwsza warstwa, bardziej porowata niż pozostałe, jest doskonałym miejscem do magazynowania soli (jeśli takie występują w murze) bez uszkodzenia tynku. Kolejne



Schemat magazynowania soli w tynku umożliwiony przez wielowarstwową i zróżnicowaną strukturę tynku tradycyjnego. Mechanizm wykorzystywany w nowoczesnych tynkach renowacyjnych

warstwy są bardziej elastyczne (rośnie ilość wapna), a przez to są one zdolne do kompensowania naprężeń pojawiających się przy rozroście kryształów soli. Zapobiega to powstawaniu pęknięć tynku. Gdy po latach funkcjonowania opisanego mechanizmu wyczerpią się zdolności do dalszego magazynowania zanieczyszczeń, należy tynki skuć do podłoża i położyć je od nowa. Warto również zauważyć, że współczesne tynki renowacyjne są wielowarstwowe. Oczyszczanie przez nie bardzo zasolonych murów, wykorzystuje opisany powyżej mechanizm.

Zwiększanie ilości wapna w kolejnych warstwach tynku ma również inny skutek. Każda kolejna warstwa jest coraz bardziej przepuszczalna dla pary wodnej. Zapobiega to tworzeniu się stref kondensacyjnych. Wapno daje efekt samoleczenia się tynku. Oznacza to, że tynki wapienne i cementowo-wapienne mają szczególną zdolność do zasklepiania się drobnych nieszczelności powstałych w trakcie eksploatacji budynku.

11. Tynk wewnętrzny

Podobnie jak tynki zewnętrzne składają się one z trzech warstw. W pomieszczeniach może wystąpić niekiedy dokuczliwy problem związany z korozją biologiczną. Dotyczy on zarówno elewacji budynków, jak i pomieszczeń mieszkalnych. Na niektórych typach elewacji często już po jednym roku od ich wykonania, można zaobserwować pojawienie się alg i grzybów. Natomiast wewnątrz pomieszczeń, na materiałach, które zawierają związki przyswajalne przez mikroorganizmy (np. celulozę i jej pochodne) w warunkach pod-

wyższonej wilgotności (wynik stosowania szczelnej stolarki okiennej i drzwiowej) bardzo szybko rozwijają się grzyby pleśniowe. Również materiały pochodzenia mineralnego mogą być atakowane przez grzyby. Nawet niewielka ilość materii organicznej na ich powierzchni (kurz) może zainicjować rozwój mikroflory. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku wapno oddaje mieszkańcom nieocenione zasługi. Wystarczy spojrzeć na dołączone zdjęcie.

GRZYBY NA RÓŻNYCH PODŁOŻACH

Inna zaprawa



Zaprawa wapienna



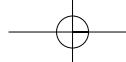
Kontrolny

Grzyby

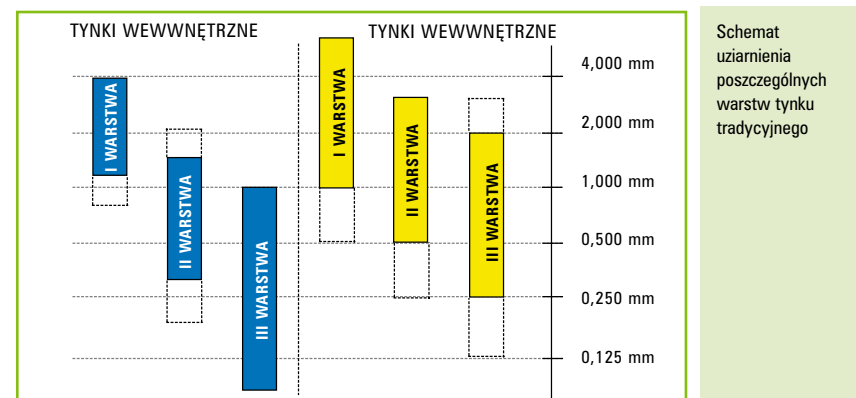
Grzyby + pożywka

Grzyby + podwójna dawka pożywki

Doświadczalny dowód aseptyczności tynku wapiennego



12. Skład zaprawy tynkarskiej



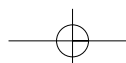
W każdej warstwie, zarówno tynków wewnętrznych jak i zewnętrznych zalecana jest inna granulacja piasku, których optymalne wartości podane są na załączonym rysunku. Każda z warstw w tym systemie pełni specjalną funkcję (☞ **Tab. 12**). Obrzutka powinna być tak dobrana, aby jej wytrzymałość na ściskanie nie przekraczała wytrzymałości podłoża. Więc dla materiałów bardziej porowatych, mniej wytrzymałych należy zwiększać ilość wapna w obrzutce, a dla podłoży takich jak beton ilość wapna ma być mniejsza.

W okresach letnich należy zwiększyć dawkę wapna w zaprawie, gdyż nadaje ono zaprawie zdolność do utrzymywania wody w zaprawie. Ta szczególna cecha wapna jest przydatna przy pracach w wysokich temperaturach, gdy parowanie wody jest większe. Utrzymanie dobrej urabialności zaprawy gwarantuje uzyskanie odpowiedniej przyczepności tynku do podłoża.

Zwiększanie ilości wapna w kolejnych warstwach przynosi dodatkowe korzyści. Stają się one bardziej przepuszczalne dla pary wodnej.

Tabela 12 Proporcje składników zaprawy tynkarskiej w poszczególnych warstwach tynku

Nazwa	Grubość	Funkcja	Skład objętościowy cement:wapno:piasek	Orientacyjna średnia min. wytrzymałość warstwy [MPa]
Obrzutka	5 mm	warstwa czepna i magazynująca sole	1: 1: 6	~ 9,5
Narzut	15 mm	wyrównywanie podłoża, bariera dla wnikania wody z zewnątrz	1: 2: 9	~ 2,7
Gładź, szlichta	3-5 mm	dekoracja, łatwe odparowanie wody	1: 3: 10	~ 1,0



13. Fabryka czy budowa

Nie każdy jednak ma ochotę wykonywać zaprawę na budowie z poszczególnych składników. Do tych osób i firm skierowana jest oferta producentów suchych mieszanek. Obecnie można na rynku znaleźć zarówno zaprawy wapienne, jak i cementowo-wapienne. Z punktu widzenia proporcji podstawowych składników zaprawy fabryczne są tożsame z tymi wytwarzanymi na budowie tradycyjną metodą. Dla poprawienia niektórych parametrów zaprawy dodaje się do nich często związki chemiczne. Stosując zaprawy fabryczne należy

bezwzględnie stosować się do zaleceń producenta, co do ilości dodawanej wody, stosowanych narzędzi jak i temperatury wykonywania prac murarskich czy tynkarskich. Jedynie przy spełnieniu wszystkich zaleceń producenta otrzymamy produkt o pożądanych właściwościach.

Cena nie powinna być jedynym kryterium zakupu zaprawy. Dlatego często lepiej i oszczędniej kupić wyrób droższy o sprawdzonej już jakości (choćby przez sąsiada) niż tani, lecz niegwarantujący uzyskania satysfakcjonujących wyników (np. trwałości konstrukcji murowej).

14. Wykwity na elewacjach murowanych

Przekonanie: **Za wykwity na elewacjach murowanych odpowiedzialne jest wapno hydratyzowane. A więc w zaprawach do tych murów nie należy go stosować.**

Skąd się wzięło to błędne przekonanie, że nie należy wapna hydratyzowanego stosować w zaprawach do klinkieru? Zapewne stąd, że większość nalotów, jakie pojawiają się na cegle, lub na łączeniu cegła-zaprawa ma jasne zabarwienie. A w związku z tym większość wykonawców i inwestorów błędnie sądzi, że jak jakiś nalot jest biały, to na pewno jest to wapno.



Wykwity na elewacji z cegły ceramicznej

Tak naprawdę za każdym razem należy wykonać analizę chemiczną, aby stwierdzić rodzaj związku, jaki pojawił się na elewacji. W wyniku licznych badań i testów stwierdzono, że naloty pojawiające się na cegle elewacyjnej można podzielić na dwie kategorie: wykwity solne (w większości chlorki, siarczki, siarczany) oraz wykwity wapienne. Z tym, że źródłem wykwitów wapiennych nie jest wapno hydratyzowane, lecz sole zawarte w cemencie portlandzkim.

Czyli wykwity pojawiają się nawet na elewacjach, do budowy których nie używano

wapna hydratyzowanego. Ze względu na zwiększenie szczelności muru w wyniku dodania wapna do zaprawy, jego obecność w zaprawie raczej ogranicza prawdopodobieństwo wystąpienia wykwitów. Aby wystąpiły wykwity, muszą łącznie zaistnieć następujące warunki:

- musi istnieć źródło soli (np. w cegle, składnikach zaprawy, wodzie, z którą kontakt ma mur lub jego otoczenie),
- woda, w której te sole ulegają rozpuszczeniu,
- ruch wilgoci, który przetransportuje rozpuszczoną w wodzie sól na powierzchnię elewacji.

Podstawowe błędy przy wznoszeniu murów elewacyjnych:

◆ Niewłaściwe składowanie materiałów na budowie (brak zabezpieczenia przed deszczem, zanieczyszczeniem gruntem itd.).

◆ Używanie cementów z dodatkami. Zawierają one liczne związki chemiczne pochodzące z popiołów czy gipsów dodawanych w procesie wypalania.

◆ Używanie zapraw o konsystencji niedostosowanej do nasiąkliwości elementu murowego i warunków atmosferycznych (temperatury).

◆ Korygowanie ustawienia położonych już cegieł. Najlepszą przyczepność cegły do zaprawy uzyskuje

się w momencie położenia cegły na zaprawie. Późniejsze korygowanie położenia cegły powoduje zerwanie pierwszej przyczepności, która nie zostaje już odtworzona.

◆ Zamykanie w murze wody technologicznej: zbyt wczesne fugowanie, niewłaściwie dobrana retencja wody w zaprawie do nasiąkliwości cegły klinkierowej.

◆ Brak zabezpieczenia muru podczas jego wznoszenia przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (deszczem, ostrym nasłonecznieniem).

◆ Poprawianie urabialności zaprawy cementowej poprzez stosowanie plasty-

fikatorów (domieszek). Domieszki są związkami chemicznymi o zazwyczaj nieznanym składzie (skład domieszki jest tajemnicą producenta). W większości przypadków domieszki są środkami napowietrzającymi osłabiającymi przyczepność zaprawy do podłoża lub nawet jej utratę. Poprawiając urabialność świeżej zaprawy cementowej domieszką wpływamy równocześnie na strukturę stwardniałej zaprawy. Ma ona tendencje do pęknięcia, co powoduje, że spoina traci swoją szczelność. Przez drobne pęknięcia woda deszczowa bardzo łatwo dostaje się do wnętrza muru, co powoduje przyspieszoną degradację konstrukcji murowej.

TRWAŁY I ZDROWY

DOM

DLA TWOJEJ RODZINY



Wykwity na płytkach elewacyjnych układanych na mrozoodpornym kleju bez dodatku wapna hydratyzowanego

A kiedy woda już się tam pojawi, powinna umożliwić jej łatwe wyprowadzenie z wnętrza muru. Za dwie najważniejsze właściwości każdej zaprawy elewacyjnej (nie tylko tej do klinkieru) należy uznać przyczepność oraz strukturalną przepuszczalność.

Dodawanie wapna do zaprawy cementowej zmienia jej strukturę. W miarę jak zwiększa się ilość wapna w zaprawie rośnie jej przepuszczalność. Dzięki temu zaprawa jest bardziej przepuszczalna niż cegła klinkierowa. Tym samym transport wody i soli w niej rozpuszczonych oraz pary wodnej odbywa się wewnątrz spoiny, a nie elementu murowego. Ewentualnej destrukcji będzie więc ulegać spoina z zaprawy murarskiej, a nie element murowy. Jest to istotne, ponieważ łatwiej i taniej ułożyć nową spoinę niż wymieniać elementy murowe istniejącej ściany elewacyjnej.

Przed elewacyjną zaprawą murarską stawiane są szczególnie wysokie wymagania. Powinna nie tylko łączyć cegły w stabilną konstrukcję murową, lecz również stanowić barierę dla wnikania wody do wnętrza muru.

Przed elewacyjną zaprawą murarską stawiane są szczególnie wysokie wymagania. Powinna nie tylko łączyć cegły w stabilną konstrukcję murową, lecz również stanowić barierę dla wnikania wody do wnętrza muru.

15. Miarą nowoczesności okazuje się powrót do zdrowej tradycji

Ściana zewnętrzna naszego domu jest elementem budowlanym o bogatym fizycznym „życiu” wewnętrznym (ruch pary, wilgoci, ciepła itd.). W zapewnieniu jej prawidłowego działania w wieloletniej perspektywie zasadniczą rolę odgrywają tradycyjne rozwiązania technologiczne. Wapno jest kluczowym składnikiem prawidłowo funkcjonującej ściany zewnętrznej, w której spełnia różniczne funkcje:

- nadaje świeżej zaprawie właściwą urabialność i retencję,
- poprzez wyjątkowo korzystną modyfikację

cech świeżej zaprawy ma zasadniczy wpływ na zapewnienie wieloletniej zwartości i szczelności muru,

- podniesienie szczelności muru elewacyjnego przez wapno oddala potencjalną możliwość wystąpienia wykwitów na elewacji,
- umożliwia związanej zaprawie murarskiej spełnianie funkcji „poduszki” kompensującej odkształcenia i naprężenia w murze,
- ma zdolność samozabliźniania się mikro-pęknięć, co pomaga zachować szczelność muru, zwłaszcza po okresie wstępnych osiadań budynku,

30

TRWAŁY I ZDROWY

DOM

DLA TWOJEJ RODZINY

- poprzez pozytywny wpływ na paroprzepuszczalność zaprawy murarskiej w wieloletniej perspektywie chroni elewacyjne elementy murowe przed destrukcją i zmniejsza koszty ewentualnego remontu elewacji,
- poprawiając zdolność tynku wewnętrznego do pochłaniania i oddawania wilgoci ma zasadniczy wpływ na regulację mikro-klimatu pomieszczenia,
- właściwości grzybobójcze wspomagają

zachowanie zdrowego charakteru pomieszczenia.

Wszystkie powyższe funkcje spełnia wapno jako „niechemiczny” materiał mineralny. Jest więc także sposobem na ograniczenie ilości alergenów w budynku XXI wieku, w którym alergia jest chorobą cywilizacyjną. Czyli wapno hydratyzowane jest optymalne w stosowaniu, zdrowe i ciągle jest materiałem nowoczesnym.

Literatura

Marian Gaczek, Sławomir Fiszer – „Tynki”; 2003 XVIII Ogólnopolska Konferencja WPPK w Ustroniu

Dr inż. Marek Gawlicki – „Ocena efektywności działania wytypowanych domieszek zastępujących wapno w zaprawach cementowych.” Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Kraków, czerwiec 1999

Stafford Holmes, Michael Wingate – „Building with lime. A practical introduction”; 1997 Intermediate Technology Publications

Roman Jarmontowicz, Jan Sieczkowski – „Zaprawy murarskie”; 2003 XVIII Ogólnopolska Konferencja WPPK w Ustroniu

Tomasz Kisielewicz, Edward Króla, Zbigniew Pieniążek – „Fizyka ciepła budowli”; Politechnika Krakowska, Kraków 1998

Adam Neville – „Neville on Concrete” 2003 American Concrete Institute

Dr inż. Edward Olszewski, mgr inż. Janina Frychel „Trwałość polimerowych wypraw tynkarskich w metodzie lekkiej ocieplania budynków”; Materiały Budowlane 1’2001

Paweł Pawłowski; „Budownictwo Ogólne”; PWN, Warszawa 1979

Stanisław Peukert; „Cementy powszechnego użytku i specjalne”; Polski Cement; Kraków 2000

Zbigniew Pieniążek – „Fizyka budowli” cz. I. Zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe”; Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 1986

Praca zbiorowa – „Nowy poradnik majstra budowlanego”; „Arkady” Sp. z o. o., Warszawa 2003, 2004

Zbigniew Rusin; „Technologia betonów mrozoodpornych”; Polski Cement; Kraków 2002

Erich Schild, Rainer Oswald, Dietmar Rogier, Hans Schweikert, Volker Schnapauff – „Stabe miejsca w budynkach”, Tom II „Ściany zewnętrzne i otwory na stolarkę”. Arkady 1990

Holmes Stafford, Michael Wingate „Building with lime. A practical introduction”

Tompson Margaret „There is no replacement for lime. A comparative study”; Chemical Lime Company

Leonard Urban „Konstrukcje budowlane”;

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1979

Prof. dr inż. Wacław Żenczykowski – „Budownictwo ogólne”, tom 3/2; Arkady 1987

Prof. dr inż. Wacław Żenczykowski – „Budownictwo ogólne”, tom 2/1; Arkady 1990

Dr inż. Lesław Macieik „Kwitnące mury”; Warstwy, Dachy, Ściany nr 4 (2003)

„Aprobaty Techniczne domieszek do zapraw cementowych”; ITB; Warszawa

ASTM C 270; „Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”

PN-90/B – 14501; „Zaprawy budowlane zwykłe” PN-B-03002; „Konstrukcje murowe niezbrojone” „Projektowanie i obliczanie”

„Global Lime Conservation”. September 2003; „Lime mortars versus cement” „Lime versus additives” The facts; Lime Industry, Australia

Publikacje na stronach internetowych: www.bia.gov, www.genlime.com, www.ibstock.co.uk, www.richtex.com, www.2.cr.nps.gov

Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego, ul. Toruńska 5, 30-056 Kraków
tel.: (012) 626 18 76, fax: (012) 626 28 87 e-mail: info@wapno-info.pl www.wapno-info.pl
Autorzy: mgr inż. Paweł Balos, mgr inż. Sławomir Gąsiorowski

Opracowanie redakcyjne: Teresa Jędrzejewska, opracowanie graficzne: Joanna Kobielska, Szymon Kobielski, tamania: Iwona Suchocka, zdjęcia i rysunki: Paweł Balos, Sławomir Gąsiorowski
archiwum Stowarzyszenia Przemysłu Wapienniczego, zdjęcie na okładce: Andrzej Szandomirski

31