

Maria Wesołowska*

O podatności na wykwyty współczesnych murów licowych

The susceptibility to efflorescence of contemporary facing walls

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich lat klinkier stał się jednym z najpopularniejszych materiałów budowlanych stosowanych na reprezentacyjnych częściach budynków. Poza wysokimi walorami użytkowymi, powodem tego jest wysoka estetyka takich elewacji. Współczesne elementy licowe, ze względu na bogactwo kolorów i formatów, dają niezliczone możliwości komponowania elewacji oraz wykonywania detali architektonicznych. Jednak jest to materiał szczególnie wymagający, zarówno na etapie doboru składników jak i samego wykonawstwa. Często okazuje się bowiem, że zamierzony efekt nie zostaje osiągnięty gdyż na elewacji pojawiają się wykwyty (rys. 1). Jest to zjawisko dosyć powszechne ale przez użytkowników rozpatrywane głównie jako defekt estetyczny, nie mający wpływu na trwałość całej konstrukcji. Tymczasem po kilku sezonach eksploatacji następuje zniszczenie powierzchni elementów licowych.



Rys. 1. Wykwit na współczesnym murze licowym
Fig. 1. Efflorescence on present facing wall

2. Wymagania normowe

Mur licowy został zdefiniowany w Eurokodzie EN 1996 [6] jako element stosowany na zewnątrz lub wewnątrz, który powinien mieć atrakcyjny wygląd. Jest skonstruowany z atrakcyjnych elementów mu-

1. Introduction

Over the last few years clinker has become one of the most popular building materials used on representative parts of the building. Apart from high utility values, the reason of that is the great beauty of such facades. Due to the great selection of colors and textures the contemporary facing wall decorative elements offer limitless possibilities of composing the facade and architectural details. This material, however, requires especially high expertise both at the stage of selection of its components and the very workmanship. Frequently it turns out that the intended result is not achieved because efflorescence occurs on the facade (fig. 1) Its occurrence is fairly common but the users consider it primarily as an aesthetic defect which does not affect the durability of the whole construction. However, after a few seasons of use the surface of the facing wall units becomes damaged.

2. Requirements of the norms

The facing wall was defined in Eurocode EN 1996 [6] as an element applied outside and inside which should demonstrate attractive appearance. It is built of attractive masonry units with the use of standard

rowych z zastosowaniem standardowego sposobu wykonania i złączami wypełnionymi zaprawą odpowiednią do typu elementu murowego. Powyższe parametry muszą być utrzymane przez cały okres użytkowania konstrukcji tzn. czas, w którym stan elementów składowych muru odpowiada wymaganiom eksploatacyjnym pod warunkiem właściwego użytkowania. Zgodnie z EN 1996 dla zewnętrznych murów licowych właściwe jest przyjęcie klas ekspozycji: MX 3.1 do MX 5 (tab. 1) Jakkolwiek Eurokod 1996 jest przewidziany do wprowadzenia w 2010 roku [3], to przytoczona klasyfikacja funkcjonuje od 2007 roku w normie PN – B – 03002 [8].

Konsekwencją tej klasyfikacji są dalsze wymagania, dotyczące zarówno elementów licowych jak i dla zapraw.

methods and joints filled with mortar appropriate for specific masonry units. These parameters must be maintained over the whole period of use of the construction that is the time when the condition of the component elements of the wall complies with the requirements of use as long as the use is appropriate. According to EN 1996 it is proper to assume the following classes of exposure for external facing walls: MX 3.1 to MX 5 (Table 1) Although Eurocode 1996 shall be implemented in 2010 [3], that classification has already been applied since 2007 in PN – B – 03002 [8].

The consequence of that classification is further requirements regarding both facing wall units and mortars.

Tab. 1. Klasy ekspozycji właściwe dla murów licowych według Eurokodu 6
Classification of micro conditions of exposure of facing masonry according to Eurocode 6

| Klasa Class | Warunki środowiskowe Environmental conditions | Przykłady murów licowych Examples of facing walls |
|----------------|--|--|
| MX 3.1 | Klasa narażenia na zamarzanie bez znaczącej obecności soli i innych związków chemicznych <i>Exposure to freezing without significant presence of salts and other chemicals</i> | Ściany zewnętrzne narażone bezpośrednio na deszcz i mróz. Konstrukcje murowe w strefie zamarzania znajdujące się w nieagresywnym gruncie. <i>External walls exposed directly to rain and freezing temperature. Masonry constructions in the frost penetration zone located in non-toxic ground</i> |
| MX 3.2 | Klasa narażenia na środowisko silnie mokre i zamarzanie bez znaczącej obecności soli i innych związków chemicznych <i>Exposure to highly wet environment and freezing without significant presence of salts and other chemicals</i> | Mury narażone na zamarzanie lub agresję chemiczną zlokalizowane w ścianach zewnętrznych z kapinosami, parapety i wolnostojące ściany; mury w gruncie, pod wodą, narażone na cykliczne zamarzanie <i>Walls exposed to freezing or chemical toxicity located in external walls with drip flashing, window sills and free standing walls; walls in the ground, underwater, exposed to regular freezing</i> |
| MX 4 | Klasa narażenia na nasycone rozpuszczalne sole z powietrza, wodą morską oraz środkami odładzającymi <i>Exposure to saturated soluble salts from the air, sea water and defrosting agents</i> | Mur pogrążony całkowicie lub częściowo w wodzie morskiej, mur położony w strefie bryzgów wodnych lub znajdujących się w powietrzu nasyconym solą; mur przylegający do dróg posypanych solą w okresie zimy <i>Walls fully or partially submerged in sea water, walls built near water splashes or air saturated with salt; walls adjoining roads where salt is used in winter time</i> |
| MX 5 | Środowisko chemicznie agresywne <i>Environment chemically toxic</i> | Mury w kontakcie z gruntami naturalnie agresywnymi lub wodą agresywną chemicznie. Mury w gruntach zasolonych oraz mury w pobliżu obiektów przemysłowych emitujących środki agresywne chemicznie. <i>Walls in contact with grounds which are toxic by nature or chemically toxic water. Walls in salted grounds and walls near industrial facilities emitting toxic chemicals.</i> |

Wg wprowadzonej w 2006 roku grupy norm dotyczących elementów składowych muru, cegły lico- we zaliczane do elementów murowych HD – czyli przeznaczonych do stosowania w murach nie zabezpieczonych przed penetracją wody, oraz elementów o gęstości brutto > 1000 kg/m³ przeznaczonych do stosowania w murach zabezpieczonych przed penetracją wody, pracujące w wymienionych klasach eks-

According to the group of norms introduced in 2006 regarding the wall component units, the facing bricks classified as HD masonry units – that is designed to be used in the walls which are not protected against water penetration as well as the units with gross density > 1000 kg/m³ designed to be used in the walls which are protected against water penetration – working under exposure listed above, due

pozycji, ze względu na zamrażanie i odmrażanie narażone są na warunki umiarkowane – F1 lub surowe –F2, oraz ze względu na kategorie zawartości rozpuszczalnych soli mineralnych S1 lub S2 (tab. 2). Przy czym warunki kategorii S2 są spełnione, gdy mur pracuje w warunkach F2 i jest bezpośrednio narażony na długotrwałe nasączenie wodą gruntową, deszczową i chlapiącą (gzymsy, parapety, ogrodzenia, kominy, itp.) oraz użyto zaprawy na bazie cementu portlandzkiego, siarczanoodpornego (HSR). Warunki kategorii S1 występują wówczas, gdy mur pracuje w warunkach F2 oraz użyto zaprawy na bazie cementu portlandzkiego (CEM I), lub gdy mur jest zabezpieczony przed nasączeniem przez odpowiednią konstrukcję (gzymsy, okapy) – warunki F1.

to the freezing and thawing are exposed to moderate conditions – F1 or severe conditions – F2, and due to the category of content of soluble mineral salts as S1 or S2 (tab. 2) The conditions of category S2 are met when the wall works in conditions F2 and is directly exposed to long-lasting penetration of ground water, rain and splashes (eaves, window sills, fences, chimneys, etc.) and the mortar which was used was Portland cement high sulfate-resistant mortar (HSR.) The conditions for category S1 occur when the wall works in conditions F2 and the mortar which was used was Portland cement mortar (CEM I) or when the wall is protected against water penetration by appropriate construction (moldings, eaves) – conditions F1.

Tab. 2. Kategorie zawartości aktywnych soli rozpuszczalnych dla elementów murowych HD [4]
Categories of content of active soluble salts for HD masonry units

| Kategoria Category | Całkowita zawartość w % masy, nie więcej niż Total content in % of mass, not more than | |
|-----------------------|---|------------------|
| | Na ⁺ +K ⁺ | Mg ²⁺ |
| S1 | 0,17 | 0,08 |
| S2 | 0,06 | 0,03 |

Poza wspomnianymi: mrozoodpornością i zawartością aktywnych soli rozpuszczalnych, do normowych cech warunkujących powstanie wykwitów można zaliczyć również absorpcję wody, przepuszczalność pary wodnej, stabilność wymiarów, gęstość brutto i wytrzymałość spoiny oraz pośrednio wytrzymałość na ściskanie elementów murowych.

W przypadku zapraw budowlanych, zarówno w Eurokodzie 6 jak i normach związanych, podano tylko ogólne wytyczne doboru zaprawy (tab. 3), a zakres badań określony w EN 998-2 [5] obejmuje wymienioną wyżej grupę cech, uzupełnionych o czas zachowania właściwości roboczych, zawartość powietrza, proporcję składników oraz ewentualnie zawartość chlorków (Zaleca się aby zawartość chlorków nie przekraczała 0,1% Cl suchej zaprawy 5)

Dla wyrobów dodatkowych do murów, poza cechami wytrzymałościowymi sprawdza się odporność na penetrację wody i odporność na korozję [4]. Wprowadza to ograniczenie stosowania określonych materiałów w zależności od klasy ekspozycji. Jednocześnie wskazuje, że niewłaściwe zastosowanie wkładek prowadzi do powstania ognisk korozji muru, konsekwencją czego jest miejscowa penetracja wody w utworzonych szczelinach.

Z przytoczonych wymagań wynika, że przepisy budowlane odnoszą się tylko do poszczególnych wyrobów nie uwzględniając skutków ich wzajem-

Apart from the features mentioned above: resistance to frost and the content of active soluble salts, the standard features conditioning the occurrence of efflorescence can also include water absorption, water vapor permeability, stability of dimensions, gross density and joint strength as well as indirectly the compression strength of the masonry units.

In the case of building mortars both Eurocode 6 and other relevant standards provide only the general guidelines for the selection of mortar (Table 3) and the scope of tests defined in EN 998-2 [5] includes the group of features mentioned above as well as the duration of the maintenance of working qualities, air content, proportion of components and possibly the content of chlorides. (It is recommended that the content of chlorides be below 0.1% Cl in dry mortar 5)

For elements additional to the walls, apart from the strength properties, their resistance to water penetration and to corrosion should be checked too [4]. This imposes a limitation in the use of certain materials, depending on exposure class. Furthermore, this also indicates that improper use of additives results in the development of wall corrosion and, consequently, local penetration of water into the cracks which occur.

The requirements listed above indicate that the construction regulations regard only individual products and not the effects of their mutual interactions.

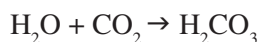
Tab. 3. Dobór zaprawy z uwagi na trwałość murów licowych [6]
Selection of mortar to durability of facing wall [6]

| Klasa ekspozycji <i>Exposure class</i> | Rodzaj zaprawy w połączeniu z dowolnym rodzajem elementów murowych <i>Type of mortar in connection with any type of masonry units</i> |
|--|--|
| MX 3.1 | M lub S <i>M or S</i> |
| MX 3.2 | S ^a |
| MX 4 | W każdym przypadku określić stopień narażenia na działanie soli, zawilgocenie i cykliczne zamrażanie /odmrażanie oraz zasięgnąć opinii producentów zaprawy. <i>In each case define the degree of exposure to activity of salts, moisture and regular freezing/thawing as well as consult mortar producer.</i> |
| MX 5 | W każdym przypadku powinna zostać dokonana ocena środowiska, efektów wpływów chemicznych z uwagi na stężenie, ilości dopuszczalne i szybkość reakcji oraz należy zasięgnąć opinii producentów zaprawy. <i>In each case the following should be defined: assessment of the environment, chemical effects in relation to concentration, admissible quantities and reaction rate; consult mortar producer.</i> |
| <p>^a Gdy ceramiczne elementy murowe kategorii S1 są stosowane w murach narażonych na oddziaływanie czynników zewnętrznych odpowiadających klasom ekspozycji MX 2.2, MX 3.2, MX 4 i MX 5, zaprawa powinna być odporna na korozję siarczanową.</p> <p>– Zaprawa M – stosowana w przypadku murów narażonych na średnio intensywne działanie czynników zewnętrznych.</p> <p>– Zaprawa S – stosowana w przypadku murów narażonych na intensywne działanie czynników zewnętrznych.</p> <p>^a <i>Where ceramic masonry units category S1 are used in the walls exposed to activity of external factors corresponding to exposure classes MX 2.2, MX 3.2, MX 4 and MX 5, mortar resistant to sulfate corrosion should be used.</i></p> <p>– <i>Mortar M – used in the case of walls exposed to moderately intensive activity of external factors.</i></p> <p>– <i>Mortar S – used in the case of walls exposed to intensive activity of external factors.</i></p> | |

nych oddziaływań. Jest to szczególnie istotne w murach licowych, gdzie niewłaściwie dobrane składniki powodują obniżenie trwałości muru, skutkującą między innymi powstawaniem wykwitów.

3. Wykwity

W składzie wykwitów występujących na współczesnych murach dominują węglany oraz wodorotlenek wapnia. Węglany wypierane są z tworzonych przez siebie soli nawet przez najslabsze kwasy. Woda deszczowa reaguje z dwutlenkiem węgla z powietrza tworząc agresywny kwas węglowy [1]:



Korozja powodowana przez kwas węglowy przebiega w kilku etapach [1]:

- Reakcja wapnia z kwasem węglowym i powstanie węglanu wapnia



- Następnie cząsteczki dwutlenku węgla tworzą z węglanem wapnia i wodą dwuwęglan wapnia nazywany też wodorowęglanem wapnia. Tenże łatwo rozpuszcza się w wodzie i dlatego też może być transportowany z wnętrza ściany za zewnątrz:



This is especially important in the case of facing walls where improperly selected components reduce the durability of the wall, which results among others in efflorescence.

3. Efflorescence

The content of efflorescence which occurs in contemporary walls is dominated by carbonates and calcium hydroxide. The carbonates are removed from the salts they produce even by the weakest acids. The rain water reacts with carbon dioxide from the air, creating aggressive carbonic acid [1]:



Corrosion caused by carbonic acid takes place in a few stages [1]:

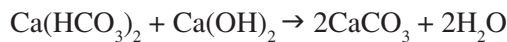
- Reaction of calcium with carbonic acid and the development of calcium carbonate



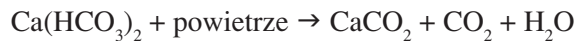
- Next, the particles of carbon dioxide reacts with calcium carbonate and water and create calcium bicarbonate also called calcium hydrogencarbonate. This compound easily dissolves in water and that is why it can be transported from the wall outside:



- Dwuwęglan wapnia reaguje z wodorotlenkiem wapnia tworząc węglan wapnia:

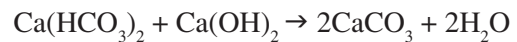


- Następnie cząsteczki kwasu węglowego rozpuszczają węglan wapnia tworząc dwuwęglan wapnia, który wychodzi z danego elementu budowlanego, utwardza się i pozostaje widoczny jako wykwit:

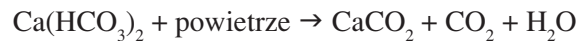


Od 2007 roku, na terenie Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego funkcjonuje stanowisko poligonowe z 8 licowymi murkami testowymi, wykonanymi jednostopniowo na różnych zaprawach. Jednym z elementów badań jest ewolucja wykwitów w kolejnych sezonach funkcjonowania oraz ustalenie wpływu użytych zapraw na podatność na wykwit.

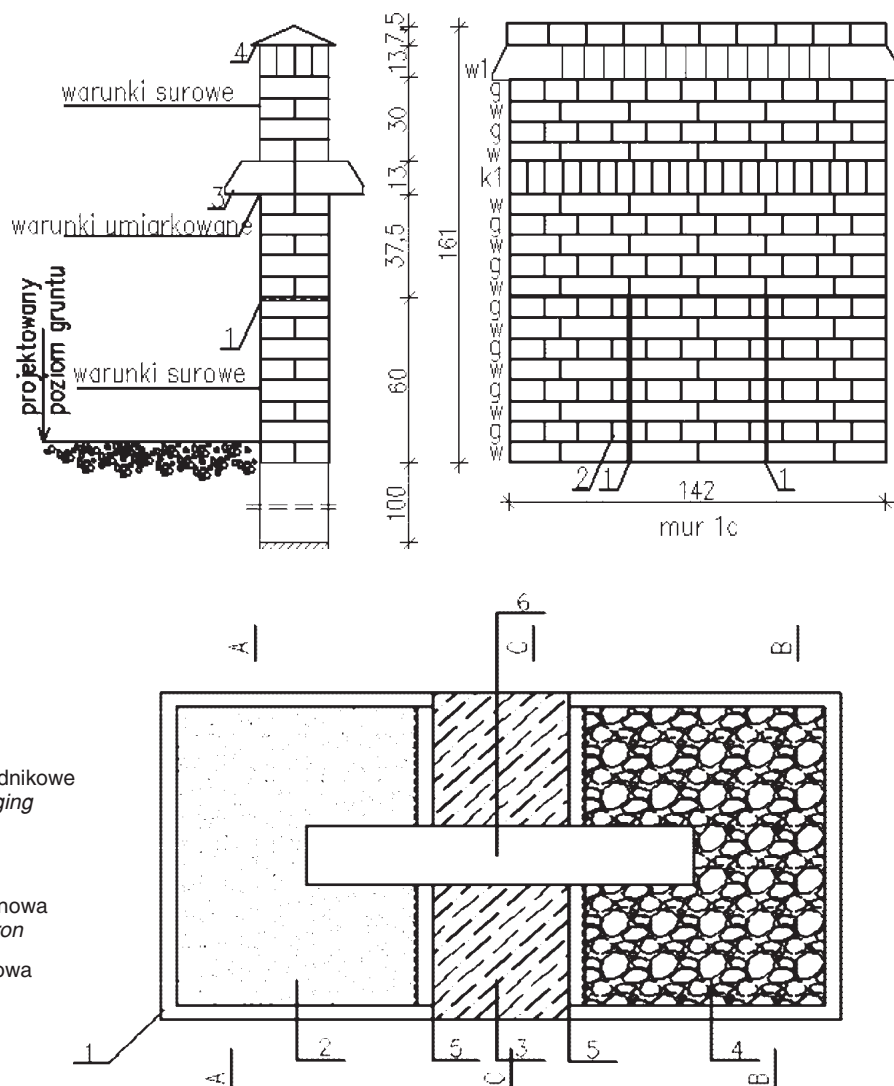
- Calcium bicarbonate reacts with calcium hydroxide and creates calcium carbonate:



- Next, the particles of carbonic acid dissolve calcium carbonate and create calcium which comes out of a given construction unit, cures and develops into a visible efflorescence:



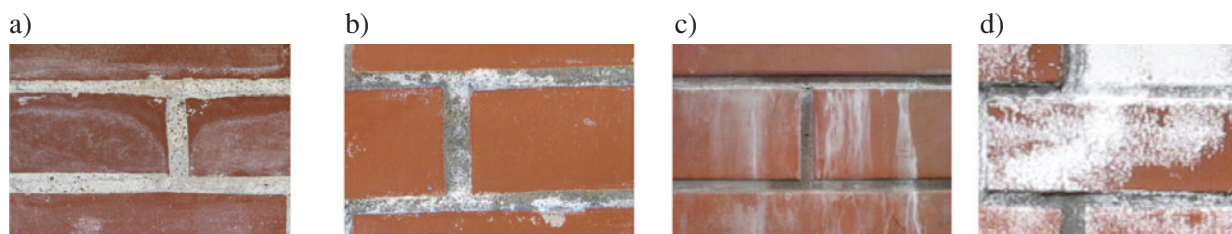
Since 2007, at the University of Technology and Life Sciences, there has been a test station in operation with 8 test facing walls made as single units with the use of different mortars. One of the elements of research is the formation of efflorescence in successive seasons and the determination of the influence of different mortars on the susceptibility to efflorescence.



Rys. 2. Geometria murka testowego
Fig. 2. Geometry of the test wall

Do wzniesienia murków użyto materiały spełniające opisane wyżej wymagania normowe. Przekrój murka został tak ukształtowany, żeby modelował surowe warunki pracy (oddziaływanie dużej zawartości wody i cyklicznemu zamrażaniu – odmrażaniu) – typowe dla murów licowych. Dla każdego murka wymodelowano trzy warianty styku z powierzchnią gruntu rys. 2). Izolacja ma za zadanie zabezpieczyć przed migracją wody z betonowych fundamentów (I poziom) oraz wydzielić obszar narażony na wodę chlapiącą (II poziom) w różnych wariantach styku z gruntem. Górna część stanowi pole obserwacji murka dla działania zacinającego deszczu oraz spływu wody deszczowej po powierzchni daszków, gzymsów i muru.

Murki ustawiono szczytami do wyróżnionego na tym terenie kierunku wiatru, ustalonego wg raportów WIOŚ w Bydgoszczy [9].



Rys. 3. Formy wykwitów, obserwowane na współczesnych murach licowych
Fig. 3. Efflorescence formation observed on contemporary facing walls

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji ustalono, że w zależności od układu materiałowego powstały wykwit może przybrać formę nalotu na licu cegieł (rys. 3a) lub na zaprawie (rys. 3b), który w granicznym przypadku krystalizuje w postaci osadu (rys. 3d). Nalot i osad powstają w wyniku dyfuzji w murze związków rozpuszczalnych, która może być wspomagana oddziaływaniem wiatru (rys. 4).

The test walls were built with the use of the materials which comply with the requirements of the norms referred to above. The profile of the wall was built in such a way as to imitate severe working conditions (exposure to a lot of water content and regular freezing – thawing) – typical of the facing walls. For each wall three variants of contact with the ground surface have been modeled (fig. 2.) Insulation is supposed to provide protection against water migration from concrete foundation (level I) and separate the area exposed to splash water (level II) in different variants of contact with the ground. The upper part is the observation area of the wall exposed to wind-driven rain and rain water flowing down the roofs, moldings and the wall.

The walls were erected facing in the direction of the wind as determined acc. to the reports of the Regional Inspectorate of Environmental Protection in Bydgoszcz [9].

On the basis of observations it was found that, depending on the content of the material, efflorescence can occur in the form of a film on the brick face (fig. 3a) or on mortar (fig. 3b) which in extreme cases can crystallize as deposit (fig. 3d.) The film and the deposit occur as a result of diffusion of soluble compounds in the wall which can be intensified by the activity of wind (fig. 4.) The location



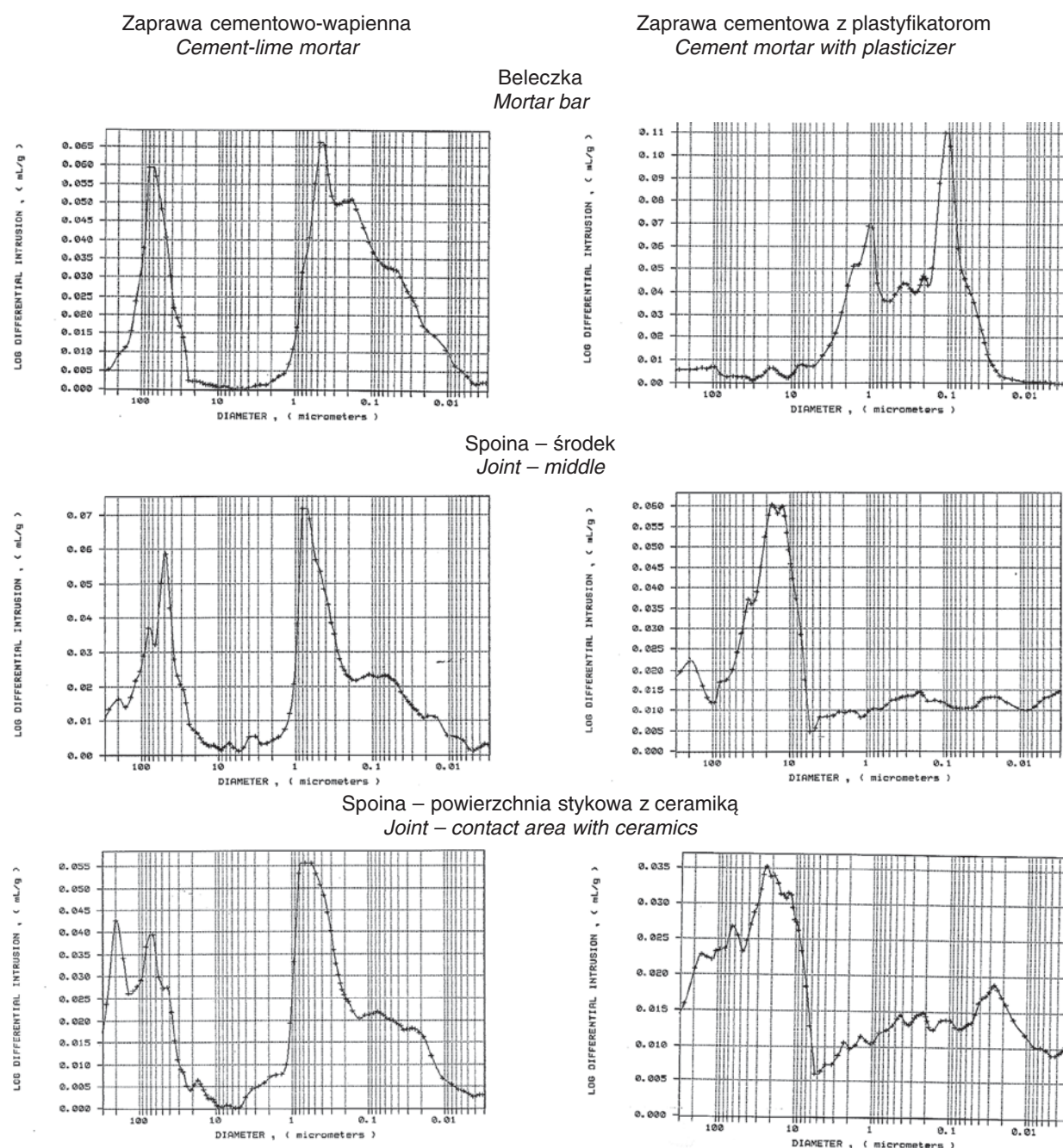
Rys. 4. Ewolucja wykwitów na murku testowym, wykonanym na zaprawie trasowej
Fig. 4. Efflorescence formation on the test wall made on trass mortar

O umiejscowieniu nalotu decydują parametry struktury elementów składowych, głównie rozkład i wielkość porów oraz przepuszczalność.

Naciek (rys. 3c) powstaje w rezultacie filtracji wody przez nieszczelne złącza, w których zaprawa utraciła przyczepność do podłoża, co najczęściej jest wynikiem zastosowania zaprawy o nieodpowiedniej wiązliwości (retencji) wody w stosunku do cegły powodującej niedostateczną przyczepność zaprawy do podłoża.

of the film depends on the parameters of the structure of the component elements, primarily distribution and size of pores as well as permeability.

The runs (fig. 3c) develop as a result of water filtration through leaking joints in which mortar lost its adhesion to the substrate, which most often is the result of the use of mortar with insufficient bonding strength (retention) of water in relation to brick, causing insufficient bond of mortar with the substrate.



Rys. 5. Krzywe różniczkowe rozkładu wielkości porów dla wybranych zapraw
Fig. 5. Differential curves of porosity for chosen mortars

Forma wykwitu zależy również od warunków klimatycznych. W pierwszym roku funkcjonowania, w sezonie wiosennym, mogą wystąpić wykwity

The form of efflorescence also depends on climatic conditions. In the first year in spring time primary efflorescence can occur even in the form of

pierwotne nawet w formie osadu. Przy właściwie dobranych zaprawach i zachowaniu reżimu technologicznego, osad w kolejnych miesiącach jest rozpuszczany aż do całkowitego zniknięcia wykwit. Jeżeli jednak osad ulega przeobrażeniu w nalot, który cyklicznie przechodzi znowu w osad, i dodatkowo utrzymuje się wysoka wilgotność ściany, można wnioskować o błąd wykonawczy. Do najczęściej spotykanego błędu należy przyjęcie niewłaściwej zaprawy, co jest konsekwencją luk w przepisach budowlanych oraz pewnych stereotypów funkcjonujących w środowisku wykonawczym. Jednym z nich jest wskazywanie wapna jako składnika intensyfikującego wykwit. Prowadzone na stanowisku polowym obserwacje nie potwierdzają tego faktu. Na murku w czasie eksploatacji pojawił się wykwit pierwotny, który następnie zaniknął.

Może to wynikać z właściwości zaprawy z dodatkiem wapna – analizując wyniki badań porozymetrycznych można stwierdzić, że tego typu zaprawa jest mało podatna na zmiany struktury wynikające z różnych warunków formowania. Pozwala to przypuszczać, że właściwości zbadane na beleczkach mogą być odniesione do spoiny. W przypadku zapraw modyfikowanych (np. plastyfikatorom), rozkład wielkości porów w spoinie próbek zespolonych znacznie się różni od stwierdzonego w beleczkach (tab. 4, rys. 5).

deposit. With correctly selected mortars and maintaining technological regime the deposit in the following months is dissolved until complete disappearance of the efflorescence. If, however, the deposit transforms into a film which regularly transforms into deposit and if additionally high humidity in the wall prevails, one can conclude that a mistake was committed while constructing the wall. The most frequent mistake involves the use of inappropriate mortar, which is the effect of loopholes in construction regulations and some stereotypes existing in the community of builders. One of them is indicating lime as the component intensifying the occurrence of efflorescence. The observations conducted in the field study do not confirm that claim. During the use a primary efflorescence appeared on the wall and it soon disappeared.

The reason of that could be the properties of the mortar with addition of lime – analyzing the results of the porosimetric tests it can be observed that this type of mortar demonstrates little susceptibility to changes of the structure caused by various conditions of formation. This can lead to the assumption that the properties tested on mortar bars can be related to the joints. In the case of modified mortars (e.g. with plasticizer) the distribution of sizes of pores in the joint in bonded samples greatly differs from the one observed in the mortar bars (tab. 4, fig. 5.)

Tab. 4. Podstawowe parametry struktury wybranych zapraw użytych do murków testowych
Basic parameters of structure of chosen mortars used in test walls

| zaprawa <i>Mortar</i> | Próbka <i>Sample</i> | Gęstość szkieletu <i>Frame density</i> [g/cm ³] | Gęstość objętościowa <i>Volumetric density</i> [g/cm ³] | Porowatość <i>Porosity</i> [%] |
|--|--|---|---|--------------------------------------|
| Cementowa z plastyfikatorem <i>Cement mortar with plasticizer</i> | Beleczka formowana normowo <i>Mortar bars formed acc. to norms</i> | 2,50 | 1,96 | 21,50 |
| | pobrana z części środkowej spoiny próbki zespolonej <i>taken from the middle section of joint of bonded sample</i> | 2,53 | 2,09 | 17,43 |
| | pobrana z powierzchni styku z ceramiką próbki zespolonej <i>taken from the area of contact with ceramics of the bonded sample</i> | 2,48 | 2,03 | 18,22 |
| Cementowo-wapienna <i>Cement-lime mortar</i> | Beleczka formowana normowo <i>Mortar bars formed acc. to norms</i> | 2,61 | 2,05 | 21,43 |
| | pobrana z części środkowej spoiny próbki zespolonej <i>taken from the middle section of joint of bonded sample</i> | 2,61 | 2,10 | 19,66 |
| | pobrana z powierzchni styku z ceramiką próbki zespolonej <i>taken from the area of contact with ceramics of the bonded sample</i> | 2,60 | 2,09 | 19,39 |

W procesie powstawania wykwitów istotną rolę, obok struktury, odgrywa absorpcja wody. Zaprawy modyfikowane charakteryzują się niską kapilarnością, co jest postrzegane jako czynnik ograniczający zawilgocenie murów. Jednak badania poligonalne nie potwierdzają tego założenia. W murkach wykonanych na tych zaprawach utrzymuje się podwyższona wilgotność. Dla murków wykonanych na zaprawach trasowych i cementowo-wapiennych, w okresach deszczowych kumulacja wilgoci następuje w spoinach, skąd wyparowuje w krótkich terminach. Wynika z tego, że cechą właściwą do rozpatrywania podatności na wykwit jest nie kapilarność a początkowa absorpcja wody.

4. Podsumowanie i wnioski

Aby na murze pojawiły się wykwitki muszą zostać spełnione (jednocześnie) następujące warunki:

- istnieje źródło soli rozpuszczalnych w wodzie (składniki zaprawy, atmosfera, grunt, elementy metalowe i inne wbudowane w mur),
- do muru przenika woda, w której sole zostaną rozpuszczone,
- występuje czynnik powodujący ruch roztworu soli (różnica stężeń, temperatur lub ciśnienia między wnętrzem muru a jego powierzchnią).

W przypadku właściwie wykonanych murów współczesnych, głównym źródłem soli poza atmosferą oraz czynnikami antropogenicznymi są składniki zaprawy. Należy tutaj zwrócić uwagę, że dobór zaprawy nie może być przypadkowy, ale powinien uwzględniać warunki eksploatacji muru oraz wymagania dotyczące trwałości. Przy ocenie niezbędne jest również wykorzystanie zarówno lokalnych, jak i tradycyjnych doświadczeń [5]. Jest to szczególnie istotne dla zapraw, które z definicji mają pełnić rolę służebną dla elementów murowych. Zaś obowiązujące wymagania przy obrotach, opierające się głównie na podstawowych cechach, nie dają projektantowi odpowiedzi co do trwałości zaproponowanego układu, czego przykładem są przytoczone obserwacje.

During the process of efflorescence formation, apart from the structure, water absorption plays a significant role. Modified mortars demonstrate low capillarity, which is perceived as a factor limiting the moisture of the walls. However, the field tests do not confirm that assumption. The humidity in the walls built with the use of these mortars is higher. For the walls built with the use of trass mortars and cement-lime mortars, during rain seasons moisture accumulates in joints and it quickly evaporates. This is so because the feature which should be taken into account when assessing the susceptibility to efflorescence is not capillarity but the initial water absorption.

4. Summary and conclusions

The following conditions must be met (concurrently) for efflorescence to occur on the wall:

- there is a source of water-soluble salt (components of mortar, atmosphere, soil, metal and other elements built in the wall,)
- water in which the salts dissolve penetrates into the wall,
- there must be a medium causing the salt solution to migrate (difference in concentration, temperatures or pressure inside the wall and on its surface.)

In the case of correctly built contemporary walls the main source of salts, apart from atmosphere and anthropogenic factors, is the components of mortar. It should be noted that the selection of mortar cannot be accidental; it should take into account the conditions of use of the wall and its durability requirements. When assessing the mortar it is also necessary to make use of both local and traditional experience [5] It is especially important for mortars, which by definition should serve the less essential role in relation to masonry units. The requirements applicable to trading, which are based primarily on the basic properties, do not provide the designers with the answer as to the durability of the proposed system, which was demonstrated by the observations presented above.

Literatura • References

- [1] F. Frössel, *Osuszanie murów i renowacja piwnic*, Polcen, Warszawa 2007
- [2] Gajownik. R., Sieczkowski J., . *Ceramiczne elementy murowe w PN-B-03002:2007/cz.1/*. *Ceramika budowlana nr 2*, 2007, str. 10-13
- [3] Lewicki B., *Eurokody i ich wdrażanie do praktyki polskiej*. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego”. Cedzyna koło Kielc, Materiały konferencyjne ITB, Warszawa 2006
- [4] PN – EN 771-1 Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 1: Elementy murowe ceramiczne.

- [5] PN – EN 998 – 2 Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa murarska
- [6] EN 1996 – 2 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2: Uwarunkowania projektowe, dobór materiałów i wykonawstwo konstrukcji murowych
- [7] PN – EN 845 – 1 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki.
- [8] PN – B – 03002: 2007 Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie.
- [9] Raport o stanie środowiska woj. kujawsko-pomorskiego. WIOŚ 2007

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz, Polska
University of Technology and Life Science, Bydgoszcz, Poland

Streszczenie

Niniejsza praca porusza temat estetyki murów lico-
wych. Przeanalizowano obecnie obowiązujące pol-
skie normy dotyczące doboru zapraw do elemen-
tów murowych. Na podstawie obserwacji przepro-
wadzonych na stanowiskach badawczych ustalono
czynniki wpływające na powstawanie wykwitów.

Abstract

The paper presents the aesthetic aspects of facing
walls. The current Polish standard requirements were
analyzed in relation to the selection of mortars for
masonry units. The factors determining the devel-
opment of efflorescence were established on the
basis of observations made on test positions.