Tekst i redakcja / Text and editing:
Karol Bayer, Christian Gurtner, David Hughes, Roman Kozłowski, Simon Swann, Wolfgang Schwarz, Johannes Weber

Zdjęcia / Photographs:
Marcin Błaszczyk, Paweł Gąsior, Christian Gurtner, Roman Kozłowski, Nina Mayr, Stefan Olah, Jacek Olesiak, Roman Sonnleitner, Karl Stingl, Simon Swann, Detlef Ullrich, Johannes Weber

Projekt graficzny / Layout:
Christine Klell

Kontakt / Contact:
Roman Kozłowski
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN
Institute of Catalysis and Surface Chemistry
Polish Academy of Sciences
ul. Niezapominajek 8
30-239 Kraków, Poland
tel. +48 12 6395119
fax + 48 12 4251923
e-mail: nckozlow@cyf-kr.edu.pl

Witryna / Homepage:
www.heritage.xtd.pl

Broszura powstała ze środków Komisji Europejskiej w ramach projektu badawczego EVK4-CT-2002-00084 ROCEM. Również dostępna w formie elektronicznej w witrynie projektu: www.heritage.xtd.pl

The brochure was published with the support of European Commission within the research project EVK4-CT-2002-00084 ROCEM. Also available in the electronic form at the project's website: www.heritage.xtd.pl

Zastrzeżenie:
Ani Komisja Europejska, ani jakakolwiek osoba działająca w imieniu Komisji nie mogą odpowiadać za jakiekolwiek użycie informacji zawartych w tej broszurze.

Disclaimer:
Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission may be held liable for any use of information given in this brochure.

ENERGY, ENVIRONMENT
AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

CEMENT ROMAŃSKI
ROMAN CEMENT

European Commission Research Project: ROCEM
ROman CEMent to restore built heritage effectively _ ADVISORY NOTE

Projekt badawczy Komisji Europejskiej: ROCEM
Cement romański do właściwej konserwacji zabytków architektury
_ BROSZURA INFORMACYJNA

Zeszyt 5 serii Projekt UE ROCEM
Volume 5 of a series EU-project ROCEM

Wysokohydrauliczne spoiwa, znane jako cementy naturalne lub romańskie, były podstawowymi materiałami do ekonomicznego i łatwego wytwarzania sztukaterii na elewacjach budynków w XIX i początku XX wieku. Cementy romańskie produkowano przez wypalanie naturalnie występujących złóż węglanu wapnia o wysokiej zawartości gliny. Wypalone kamienie były mielone i przechowywane w drewnianych beczkach. Cementy romańskie odróżniały się od innych hydraulicznych materiałów przede wszystkim krótkim czasem wiązania, piękną fakturą powierzchni i kolorem, niewielkim skurczem podczas wiązania oraz doskonałą odpornością na wpływy atmosferyczne. W XX wieku zanika stosowanie cementów romańskich, wypieranych przez nowsze cementy portlandzkie, które w końcu zdominowały rynek. Brak właściwych materiałów wiążących – odpowiadających materiałom dostępnym rzemieślnikom w XIX wieku – nie pozwalał dotychczas architektom i konserwatorom posługiwać się pierwotną technologią historyczną w renowacji i konserwacji obiektów z omawianego okresu.

Prace międzynarodowego i interdyscyplinarnego projektu „ROCEM – cement romański do właściwej konserwacji zabytków architektury", które rozpoczęły się w marcu 2003, miały za cel przebadanie zabytkowych wypraw elewacyjnych z cementów romańskich, przywrócenie tego historycznego materiału i technologii praktyce konserwatorskiej oraz podniesienie świadomości specjalistów z dziedziny ochrony zabytków architektury w Europie. Projekt uzyskał wsparcie finansowe Komisji Europejskiej – kontrakt EVK4-CT-2002-00084 – w ramach 5. Programu ramowego, Priorytet tematyczny: Środowisko i zrównoważony rozwój, Akcja kluczowa 4: Miasto jutra i dziedzictwo kultury. Został zrealizowany przez 10 partnerów pracujących w dziedzinie badań, produkcji materiałów i praktycznej konserwacji. Informacje umożliwiające kontakt z wszystkimi partnerami są podane poniżej.

Niniejsza broszura informacyjna jest wynikiem trzech lat badań. Z końcem projektu w maju 2006, zespół realizujący pragnie przekazać informacje o historycznych cementach i wyprawach sztukateryjnych, doborze odpowiednich surowców geologicznych, optymalizacji warunków wypału, które doprowadziły do wymaganych cech hydraulicznych i estetycznych wypalonych ostatecznie cementów romańskich, próbach otrzymanych materiałów w pracach warsztatowych i bezpośrednio w konserwacji elewacji. Struktura broszury pozwala na systematyczne zapoznanie się z pojęciami, informacjami i przykładami. Mamy nadzieję, że przysłuży się dobrze wszystkim zainteresowanym ochroną zabytków architektury.

witryna projektu: www.heritage.xtd.pl

Highly hydraulic binders, known as natural or Roman cements, were key materials for the economic and easy manufacture of the stuccoes for the exterior of buildings during the nineteenth and early twentieth centuries. Roman cements were produced by burning naturally occurring deposits of calcium carbonate rich in clay minerals. The fired stones were ground up and kept in wooden barrels. They were distinguished from other hydraulic binders principally by a very short setting time, agreeable texture and colour, little shrinkage on setting and excellent weather-resistance. During the twentieth century Roman cements disappeared from use, displaced by the newer Portland cement, which dominated the market. The lack of appropriate binding materials – matching those available to the craftsmen of the nineteenth century – has deprived architects and conservators of the original historic technology for the repair and conservation of such objects.

The international and interdisciplinary project »ROCEM – Roman cement to restore built heritage effectively« was initiated in March 2003 with the following objectives: to investigate historic renders based on Roman cements, to re-establish this historic material and technology to the conservation practice, and to raise the awareness of professionals involved in the care of the historic built environment in Europe. The project was supported financially by the European Commission – contract EVK4-CT-2002-00084 – as part of the 5th Framework Programme, Thematic Priority: Environment and Sustainable Development, Key Action 4: City of Tomorrow and Cultural Heritage. The project has been implemented by 10 partners from the fields of research, material manufacturing and practical conservation. The contact details of all are listed below.

This Advisory Note is the product of three years of research work. With the project coming

Uwaga: Wszystkie informacje zawarte w tej broszurze mają wyłącznie charakter ogólny. W szczególności receptury zapraw mogą zmieniać się w zależności od użytych cementów i kruszyw, jak również od warunków danego obiektu. Wszystkie prace renowacyjne przy sztukateriach romańskich muszą być poprzedzone staranną analizą indywidualnych uwarunkowań danego obiektu

to its close in May 2006, the project team provides here information about the historic cements and stuccoes, the selection of appropriate raw materials, the optimisation of calcination conditions which produce the required hydraulic nature and appearance of the final burnt Roman cements, tests of the obtained materials in workshop trials and on-site conservation treatments. The structure of the Note provides a systematic progression through concepts, information and examples. We hope that it will serve well all interested in the preservation of the built heritage.

Project's website: www.heritage.xtd.pl

ZESPÓŁ REALIZUJĄCY / PARTICIPANTS

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni Polskiej Akademii Nauk / Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences,
ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków, Poland
Roman Kozlowski (Koordynator/Co-ordinator)
e-mail: nckozlow@cyf-kr.edu.pl
witryna / homepage: www.heritage.xtd.pl

Instytut Sztuki i Technologii, Uniwersytet Sztuki Stosowanej / Institut für Kunst und Technologie, Universität für angewandte Kunst
Salzgries 14/1, A-1013 Wien, Austria
Johannes Weber
e-mail: johannes.weber@uni-ak.ac.at
witryna / homepage: www.dieangewandte.at/kunstundtechnologie

Wydział Inżynierii, Projektowania i Technologii, Uniwersytet w Bradford / School of Engineering, Design and Technology, University of Bradford
Richmond road, BD7 1DP Bradford,
Wielka Brytania / United Kingdom
David Hughes
e-mail: d.c.hughes@bradford.ac.uk
witryna / homepage: www.eng.brad.ac.uk

Firma „Gesellschaft für Wissenstransfer in der Gebäude Diagnostik mbH"
Haynauer Str. 67 A, 12249 Berlin-Lankwitz,
Niemcy / Germany
Detlef G. Ullrich
e-mail: info@gwd-berlin.de
witryna / homepage: www.gwd-berlin.de

AT SUPERBET
Przedsiębiorstwo Betonów Specjalnych
ul. Soboniowicka 17a, 30-615 Kraków, Poland
Andrzej Klocek
e-mail: aklocek@superbet.krakow.pl
witryna/homepage: www.superbet.krakow.pl

AC Konserwacja Zabytków Piotrowski, Kosakowski Spółka Jawna
ul. Szlak 18/12, 31-161 Kraków, Poland
Edward Kosakowski
e-mail: ac@fema.krakow.pl
witryna/homepage: www.fema.krakow.pl/~ac/

Atelier Gurtner Wien
Zirkusgasse 39, 1020 Wien, Austria
Christian Gurtner
e-mail: christian.gurtner@chello.at
witryna / homepage: www.ateliergurtner.at

Wydział Konserwacji, Uniwersytet w Pardubicach
Faculty of Restoration, University of Pardubice
Jiraskova 3, 57001 Litomysl,
Czechy / Czech Republic
Karol Bayer
e-mail: bayer@lit.cz
witryna / homepage: www.irkt.cz/rocem

Urząd Ochrony Zabytków Republiki Słowacji
The Monument Board of Slovak Republic
Cesta na Cerveny Most 6, 814 06 Bratislava,
Słowacja / Slovakia
Martina Stillhammerova
e-mail: mstill@mail.viapvt.sk
witryna / homepage: www.ba.telecom.sk/pamiatky

Firma „Klaus Rogge Spezialbaugesellschaft mbH"
Saatwinkler Damm 13, 13627 Berlin,
Niemcy / Germany
Klaus-Dieter Müller
e-mail: kd.mueller@k-rogge.de
witryna / homepage: www.k-rogge.de

Remark: All information given in this Advisory Note is a general indication only. In particular, mortar designs may vary with the specific Roman cements and aggregates used, as well as in accordance with site conditions. All remedial work to Roman cement stuccoes must be preceded by careful analysis of the specific situation on site.

CEMENT ROMAŃSKI – CZYM JEST?

Cementy romańskie były naturalnymi, wysokohydraulicznymi spoiwami produkowanymi z margli – wapieni zawierających glinę. To naturalne połączenie materiałów węglanowych i ilastych wymagało jedynie wyprażenia – poniżej temperatury spiekania (800–1200°C) – i zmielenia wypalonych kamieni, aby uzyskać spoiwo o znakomitej wytrzymałości mechanicznej i trwałości. Skuteczność syntezy cementu w niskiej temperaturze wynikała z naturalnego, ścisłego wymieszania w marglu wapna i gliny (źródła tlenków krzemu, glinu i żelaza), którego nie można osiągnąć w przygotowanych sztucznie mieszaninach tych składników.

Cementy romańskie zajmują miejsce pomiędzy wapnami hydraulicznymi i cementami portlandzkimi. Różnią się od wapien hydraulicznych tym, że nie zawierają wolnego wapna i dlatego nie wymagają gaszenia, a jedynie mielenia. Od cementów portlandzkich odróżnia je inny skład chemiczny wynikający ze znacznie niższej temperatury wypału.

Charakteryzują je krótkie czasy wiązania po dodaniu wody, z minimalnym skurczem. Wzrost wytrzymałości mechanicznej w zaprawach romańskich przebiega w charakterystyczny sposób: po szybkim związaniu, przyrost wytrzymałości jest relatywnie wolny, jednak po kilku miesiącach wytrzymałość na ściskanie jest podobna, jak dla cementów portlandzkich lub nawet większa.

Cechy te oraz ciepły kolor, zmieniający się od żółtego do brązowego, sprawiły, że cement romański był powszechnie stosowany do taniego i łatwego wykonywania dekoracji sztukatorskich na elewacjach budynków i był zalecany we współczesnej literaturze technicznej i podręcznikach dla sztukatorów.

Norma austriacka z 1878, zmodyfikowana w 1890, zawiera współczesną definicję romańskich cementów[a]: „Romancementy są to wyroby z gliniastych marglów wapiennych – otrzymane przez wypalenie w temperaturze poniżej temperatury zeszklenia, które przez zwilżenie nie gaszą się, zatem dopiero przez mechaniczne rozdrobnienie muszą być na mączkę zamienione". Podaje ona również zakres czasów wiązania, co ułatwiało wybór odpowiedniego materiału w zależności od rodzaju zadania dekoratorskiego: „Romancementy wiążą prędko, średnio albo powoli. Przez prędko wiążące należy rozumieć takie, które bez dodatku piasku, licząc od chwili wiązania wody, poczynają twardnieć w przeciągu 7 minut. Gdy zaś twardnienie rozpoczyna się później aniżeli po 15 minutach, to romancement uchodzi za powolnie wiążący". Inne cechy wymienione w normie to stałość objętości pod wodą i w powietrzu, stopień zmielenia oraz wytrzymałości na rozciąganie i ściskanie dla różnych cementów i wieku zapraw, przytoczone w całości poniżej.

Roman cements were natural, highly hydraulic binders, produced from marls – limestones containing clay. This natural combination of calcareous and argillaceous matter required only calcination – below the sintering temperature (800–1200°C) – and the grinding of the burnt stones to produce a binder of remarkable strength and durability. The success of the cement synthesis at low temperatures resulted from the natural intimate mixture of lime and clay (source of silica, alumina and iron oxide) in the marl, which could not be attained in any man-made mixture.

Roman cements can be placed between hydraulic limes and Portland cements. They differ from hydraulic limes in that they do not contain free lime and therefore do not require slaking but rather grinding. They differ from the Portland cements by the different chemistry resulting from considerably lower temperature of calcinations.

They have fast setting times, after the addition of water, with minimal shrinkage. The development of strength in Roman cement mortars is particular: after rapid setting, the increase in strength is relatively slow but, after several months, compressive strength values similar to, or even above, those of Portland cements are recorded.

These features, as well as their warm yellow-to-brown colour, made Roman cements favoured materials for economic and easy manufacture of the stuccoes for the exterior of buildings, highly recommended in contemporary technical literature and textbooks for stuccoists.

The Austrian standard from 1878, modified in 1890, provides a contemporary definition of Roman cements: 'Roman cements are products obtained from argillaceous marlstones by burning below the sintering temperature. They do not slake in contact with water and must therefore be ground to a floury fineness.' It specifies the range of setting times which facilitated the choice of a suitable material for a given decorative task: 'Roman cements bind fast, medium and slow. By fast binding cements one should understand those which with no addition of sand start to

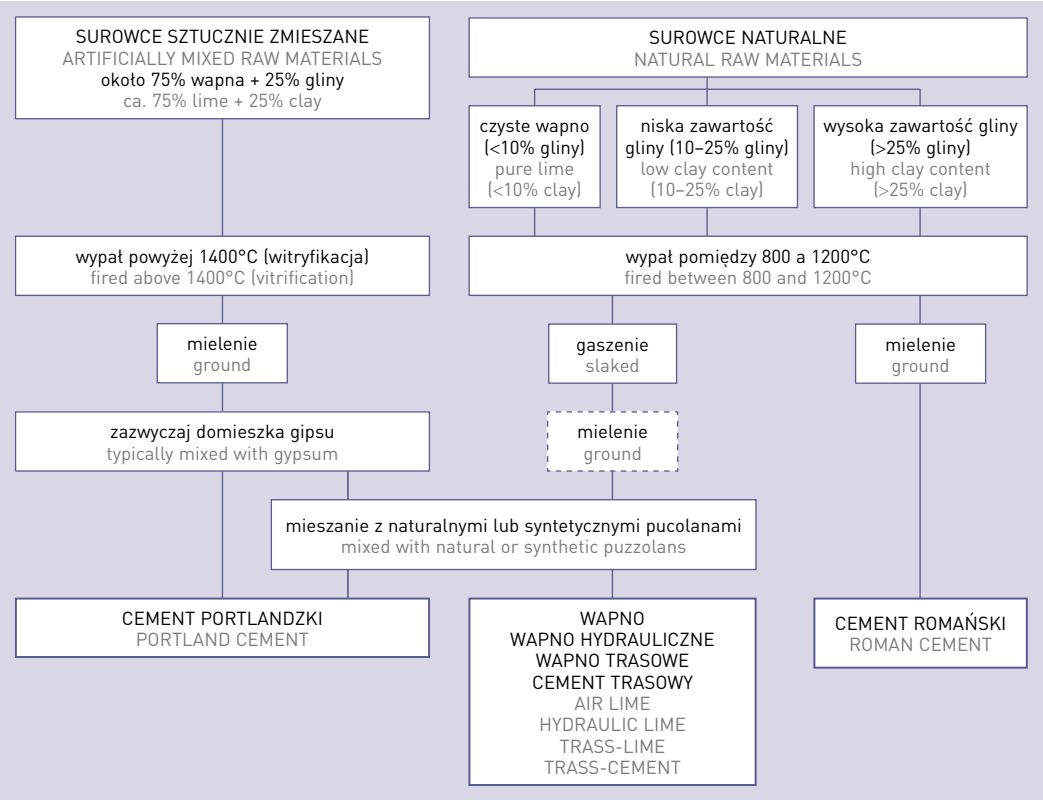
[a] Cytaty z normy za tłumaczeniem polskim zamieszczonym w Czasopiśmie Towarzystwa Technicznego Krakowskiego, t. IV, Nr 12, 101–104 i Nr 13 109–111, 1890.

harden within 7 minutes from the moment water is added. Roman cement is considered a slow binding variety if hardening starts later than after 15 minutes'. Other features specified by the standards are: volume consistency under water and in air, fineness of grinding, as well as tensile and compression strengths for various cements and ages, quoted in full below.

Wiek (dni) Age (days)	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa] Tensile strength			Wytrzymałość na ściskanie [MPa] Compressive strength		
	Cement romański Roman cement		Cement portlandzki Portland cement	Cement romański Roman cement		Cement portlandzki Portland cement
	Szybki Quick <15 min	Wolny Slow >15 min		Szybki Quick <15 min	Wolny Slow >15 min	
7	≥0.4	≥0.5	≥1	brak danych / not specified		
28	≥0.8	≥1	≥1.5	≥6	≥8	≥15

Parametry wytrzymałości mechanicznej dla zapraw z cementów romańskich i cementu portlandzkiego zawarte w austriackich normach z 1878 i 1890. / Strength specifications for Roman and Portland cement mortars as given by the Austrian standards of 1880 and 1890.

„DRZEWO GENEALOGICZNE" SPOIW HISTORYCZNYCH
THE »FAMILY TREE« OF HISTORIC BINDERS



Odpowiednie margle, eksploatowane do produkcji cementów romańskich, można było znaleźć w różnych formacjach geologicznych: najbardziej znane angielskie cementy romańskie były produkowane przez wypalanie tzw. septarii – marglowych konkrecji w glinach eoceńskich Londynu lub surowców z formacji jurajskich lub kredowych wzdłuż wybrzeża. W Europie kontynentalnej złoża margli były eksploatowane we Francji, szczególnie w jurajskich obszarach Burgundii i formacji kredowej w pobliżu Grenoble. Margle wydobywane w Alpach Wschodnich pochodziły z formacji jurajskich, kredowych lub trzeciorzędowych, jak na przykład w rejonie Bergamo w północnych Włoszech, w Tyrolu, w rejonie Salzburga, i na obszarze na zachód i południe od Wiednia. Inne ważne ośrodki produkcji znajdowały się w szwajcarskim Przedgórzu Alpejskim, w południowych Niemczech, Czechach i dawnej Galicji w południowej Polsce.

Margle kruszono na kawałki i zwykle wypalano w piecach szybowych. Szczegóły konstrukcyjne i wielkości tych pieców były różne, ale ze wzrostem uprzemysłowienia w XIX wieku rosnąca liczba dużych zakładów produkcyjnych używała do produkcji cementu romańskiego pieców o dużej pojemności. Jako paliwo stosowano zwykle węgiel, koks, drewno lub torf. Temperatury wypału musiały być dostatecznie wysokie, aby zachodził rozkład kalcytu, ale na tyle niskie, aby uniknąć spiekania. W takich warunkach, prawdopodobne stawało się uzyskanie różnych stopni wypału dla jednego wsadu surowca.

Ponieważ cement romański, ze względu na brak wolnego wapna, nie gasił się w kontakcie z wodą, wypalony „klinkier" mielono na drobny proszek. Następnie pakowano go w 250-kg beczki lub 60-kg worki i wysyłano koleją lub transportem rzecznym.

W trakcie obecnego projektu ROCEM przebadano systematycznie warunki produkcji cementu romańskiego. Dokonano tego przez kwerendę materiałów archiwalnych, analizę spoiw z historycznych zapraw, a w końcu badania laboratoryjne optymalizujące parametry wypału wybranych margli. Stąd zebrano i poddano analizie chemicznej różne margle, pochodzące w większości z kamieniołomów eksploatowanych w przeszłości. Jako najbardziej obiecujące źródła surowca wybrano historyczny kamieniołom w pobliżu Lilienfeld w Dolnej Austrii oraz eksploatowany współcześnie kamieniołom w Folwarku koło Opola w południowej Polsce. Kamienie z tych złóż zostały wypalone w trakcie pilotowej produkcji romańskich cementów, które następnie zastosowano w próbach przeprowadzonych w różnych krajach uczestniczących w projekcie.

Kamieniołom Burgstall w pobliżu Lilienfeld w Austrii, znaczące źródło margli do produkcji cementu romańskiego w XIX wieku i źródło materiału wybranego do wypałów w ramach projektu ROCEM.

The Burgstall quarry near Lilienfeld, Austria, a major source of marls in the nineteenth century Roman cement production, and a source of material selected for calcinations within the ROCEM project.

Historyczny piec szybowy w Sandsend koło Whitby w Anglii. Od 1811 produkowano w nim cement romański, w szopie widocznej z tyłu wytwarzano beczki do przewożenia materiału.

Production began in this shaft kiln in 1811 which is located in Sandsend, near Whitby, England. The shed at the rear is where the barrels used for transportation were manufactured.

Suitable marlstones, which were exploited for Roman cements, could be found in different geologic formations: the best known English Roman cements were made by calcining Septarian nodules in the Eocene London clays or from the Jurassic and Cretaceous formations along the coastlines. In continental Europe, deposits of stratified marls were mined in France, especially in the Jurassic areas of Burgundy and the Cretaceous region near Grenoble. The marls quarried in the Eastern Alps were of Jurassic, Cretaceous or Eocene age, such as in the Bergamo area in northern Italy, in Tyrol, the area near Salzburg and in the area west and south of Vienna. Other important sites of production were situated mainly in the Swiss Pre-alps, in Southern Germany, Bohemia and Galicia, today's Southern Poland.

The marlstone was crushed to pieces and mostly fired in shaft kilns. The exact type and size of those kilns varied, but with growing industrialisation during the nineteenth century an increasing number of big factories were running capacious kilns for the production of Roman cement. The usual fuel was coal, coke, wood or turf. The calcination temperatures had to be high enough to largely enable the decomposition of calcite, but on the other hand low enough to prevent sintering. Under such conditions, different degrees of calcination were likely to occur even within one batch.

Unable to slake in contact with water, caused by its lack of free lime, the calcined material, the Roman cement 'clinker', had to be ground to a fine powder. Then it was packed usually into 250 kg barrels or 60 kg sacks and shipped by rail or river.

In the course of the current ROCEM project, the conditions of Roman cement production were systematically investigated. This has been accomplished by studying written sources, analysing historic mortar binders, and finally by a laboratory programme optimising the parameters of calcination of selected marls. For this reason, a number of different marlstones, most of them from historically exploited quarries, were collected and chemically analysed. As the most promising sources, a historic quarry near Lilienfeld, Lower Austria and a currently exploited quarry at Folwark near Opole in Southern Poland were selected. Their stones have been used for pilot-scale production of Roman cements for test applications in various participating countries.

ZABYTKOWE WYPRAWY ROMAŃSKIE

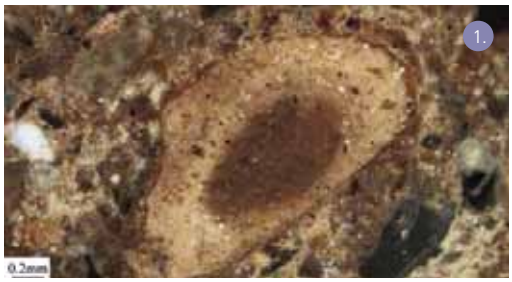
W ramach projektu przebadano w różnych krajach europejskich dużą grupę budynków tynkowanych i dekorowanych wyprawami romańskimi. Pochodziły one z długiego okresu XIX i początku XX wieku. Próbki wypraw pobrano z różnych form sztukatorskich, od odlewanych detali architektonicznych do elementów ciągnionych i tynków wykonywanych wprost na elewacji. W większości badanych obiektów rzucał się w oczy generalnie doskonały stan zachowania badanych elementów.

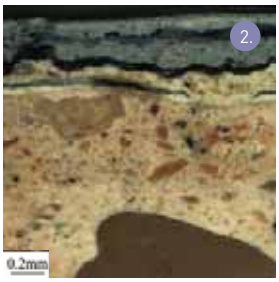
Kruszywo. Uderzającą obserwacją był szeroki zakres proporcji kruszywa do cementu: w odlewach i elementach ciągnionych zawartości kruszywa są niskie – zazwyczaj 20–25%, w tynkach, a szczególnie w zaprawach do spoinowania wyższe – zwykle 40–50%. Wyniki te są zgodne z recepturami zapraw podawanymi w podręcznikach z XIX wieku. Jako kruszywo stosowano szeroką gamę materiałów mineralnych, odzwierciedlających lokalne uwarunkowania geologiczne.

Uwodnione spoiwo. Mikrostruktura stwardniałych zaczynów romańskich zawiera bardzo drobnoziarnistą „matrycę", w której są zatopione nieuwodnione pozostałości ziaren pierwotnego cementu. Najczęściej są to nieprzereagowane ziarna belitu (C_2S) – głównego składnika cementów romańskich, ale również obserwuje się gelenit (C_2AS), rankinit (C_3S_2), wolastonit (CS) i liczne roztwory stałe powstające w układzie SiO_2-CaO-Al_2O_3-Fe_2O_3. Ziarna te mają duży wpływ na właściwości wypraw, ponieważ działają one jak kruszywo silnie związane z otaczającą je uwodnioną matrycą cementową. Zabytkowe wyprawy romańskie są zazwyczaj silnie skarbonatyzowane.

Struktura warstwowa. Grubość tynków prostych zmienia się między 2–50 mm. Z uwagi na niewielki skurcz, zaprawy oparte na romańskich cementach można było nakładać w znacznie większej grubości niż warstwy tynków wapiennych, zazwyczaj nie przekraczające 10–12 mm. Tynki mogły być nakładane w jednej warstwie bezpośrednio na ceglane podłoże lub w dwóch warstwach; wtedy na warstwę podkładową nakładano warstwę wykończeniową dającą gładką, końcową powierzchnię. Również elementy ciągnione i odlewy detali miały zazwyczaj bardziej gładkie zewnętrzne warstwy wykończeniowe i gruboziarniste rdzenie wewnętrzne.

Jak zostało to szczegółowo rozpoznane, wczesne angielskie wyprawy elewacyjne, wykonane w technice cementu romańskiego, były pokrywane pobiałami wapiennymi, a później powłokami olejnymi, zazwyczaj w kolorach imitujących kamień naturalny z Bath. Sztukaterie romańskie w Europie Środkowej powstałe po 1850 zazwyczaj nie były malowane, a uniwersalną techniką wykończeniową było ich powlekanie farbą cementową, otrzymaną przez zmieszanie cementu romańskiego z wodą.



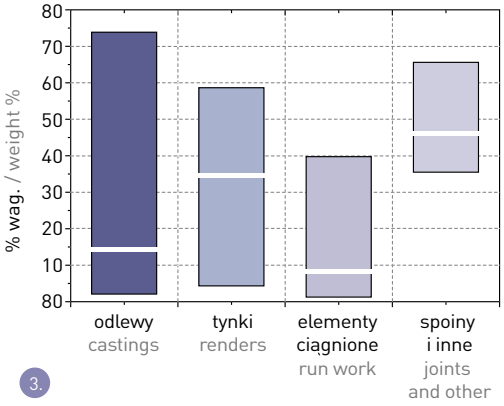


1. Pozostałość ziarna pierwotnego cementu romańskiego zawierająca uwodnioną strefę zewnętrzną wokół nieuwodnionego rdzenia.
A remnant of the original Roman cement showing a hydrated ring around an unhydrated core.

2. Typowa stratygrafia powierzchni tynku romańskiego – warstwa wykończeniowa pokryta powłoką cementową o grubości 0,1 mm. Dwie powłoki farby zostały położone później.
Typical stratigraphy of Roman cement render surface – finish layer covered with 0,1 mm thick cement wash. Two paint coatings are later additions.

Porowatość. Wyróżniającą cechą większości zabytkowych wypraw romańskich jest ich wysoka porowatość dostępna wodzie (30–40% obj.), połączona z generalnie wysoką wytrzymałością mechaniczną i znakomitą trwałością. Porozymetria rtęciowa ujawnia dwie zasadnicze kategorie porów. Najmniejsze pory o średnicy poniżej 0,2 μm pojawiają się w bardzo dobrze uwodnionym dojrzałym zaczynie romańskiego cementu. Większe pory o średnicy około 1 μm są charakterystyczne dla zapraw wystawionych na działania powietrza, w których proces hydratacji został przerwany przez odparowanie wody.

Parametry fizykomechaniczne. Zabytkowe wyprawy romańskie mają wysokie wytrzymałości i moduły elastyczności, ale są przy tym bardzo porowate i nasiąkliwe. Można więc je uważać za materiały twarde, kruche i porowate. Dodatek wapna, często stosowany do tynków, ale nigdy do odlewów detali architektonicznych, znacznie obniża wytrzymałość zwiększając elastyczność, porowatość, nasiąkliwość i przenikliwość dla pary wodnej.



3. Zawartość kruszyw w wyprawach romańskich, białe kreski odpowiadają wartościom średnim dla przebadanych próbek.
Contents of aggregate in Roman cement mortars, white lines mark average values for samples analysed.

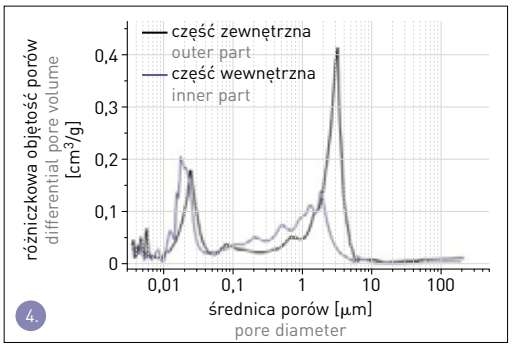
4. Struktura porowata w różnych miejscach odlewu z romańskiego cementu: część zewnętrzna – przerwana hydratacja, część wewnętrzna – w pełni uwodniony materiał.
Porosity structure in various zones of a Roman cement casting: outer part – interrupted hydration, inner part – fully hydrated material.

A number of historic buildings across Europe rendered and decorated with Roman cement mortars were investigated within the project. They covered a long period of the nineteenth and early twentieth centuries. The samples of mortars collected were representative of different modes of application, from cast ornaments to in-situ applied renders and hand-run elements. The most evident observation was the generally excellent state of preservation of the investigated elements.

Aggregate. A striking observation was a wide range of ratios of aggregate to cement: for cast and hand-run mortars the aggregate contents are low – typically 20–25%, for renders and especially pointing mortars higher – generally 40–50%. The results match the recipes for mortar mixtures given in the handbooks of the nineteenth century. A wide range of mineralogical materials were used as aggregate, which reflected local geological conditions.

Hydrated binder. The microstructure of the Roman cement pastes shows a very fine 'groundmass' encapsulating a significant amount of unhydrated remnants of original cements. Not fully reacted grains of C_2S – a principal compound of Roman cements – are most frequent, as well as gehlenite (C_2AS), rankinite (C_3S_2), wollastonite (CS) and a number of solid solutions in the system SiO_2-CaO-Al_2O_3-Fe_2O_3. The remnants are of significant importance for the mortar properties, as they act as aggregates strongly bound to the surrounding hydrated matrix of the cement stone. Historic Roman cements are usually strongly carbonated.

Layer structure. The plain renders varied in thickness between 2–50 mm. Due to little shrinkage, it was possible to apply Roman cement mortars much thicker when compared to lime coats which did not exceed 10–12 mm. The renders could consist of a single render coat applied directly to a solid masonry background or be a sandwich structure in which the render coat was followed by the second coat providing a final level surface.



Also run mouldings and castings had usually finer outer layers and a coarse interior core.

There is well documented evidence that early English Roman cement stuccoes were coloured by limewashes and later by oil paints, usually to imitate the colour of the Bath stone. The post 1850 Roman cement stuccoes in Central Europe were usually unpainted, and Roman cement wash, composed of the cement diluted in water, was a universal technique for finishing them.

Porosity. A distinctive feature of most historic Roman cement mortars is their high porosity accessible to water (30–40% by volume), combined with generally high mechanical strength and excellent durability. Mercury porosimetry has revealed two principal categories of pores. The finest pores with the pore diameter below 0,2 µm are present within very well-hydrated mature Roman cement matrix. Larger pores with the diameters of around 1 µm are characteristic of mortars strongly exposed to air in which the hydration process was interrupted by the evaporation of water.

Physico-mechanical parameters. Historic Roman cement mortars show high strengths and moduli of elasticity, but at the same time they are highly porous and accessible to water. They can thus be regarded as strong, brittle and porous materials. The addition of lime, quite common for renders but never for architectural castings, significantly decreases the strength at increased elasticity, porosity, water absorption and vapour permeability.

Zestawienie parametrów fizykomechanicznych zabytkowych wypraw romańskich.
Compilation of physico-mechanical values assessed for historic Roman cement mortars.

Zabytkowe wyprawy romańskie Historic Roman cement stuccoes	Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength (Mpa)	Wytrzymałość na rozciąganie Tensile strength (Mpa)	Moduł elastyczności Modulus of elasticity (kN/mm^2)	Gęstość nasypowa Bulk density (g/cm^2)	Nasiąkliwość Water-accessible porosity (% obj.)	Całkowita absorpcja wody przez zanurzenie Total water absorption by immersion (% obj.)	Współczynnik podciągania kapilarnego Water absorption coefficient (g/m^2–h)	Przenikliwość pary wodnej Water vapour permeability 10^{-10} (kg/m^{2}sPa)
Tynk (z wapnem) Render (with lime)	11	0,6	5,4	1,43 ±0,01	39	27	23	11
Tynk (czysty cem. rom.) Render (pure RC)	38 ±19	1,6 ±0,8	21 ±10	1,70 ±0,04	28 ±9	18 ±7	9 ±4	4
Odlew / Casting	44 ±7	2,1 ±1,5	17 ±1	1,64 ±0,02	31 ±1	19 ±1	7 ±0,5	3

Dawny magazyn dekoracji Teatrów Dworskich, Lehargasse 6–8, Wiedeń, 1873, Gottfried Semper i Carl Hasenauer. Znakomita elewacja łącząca wątek ceglany, kamień i tynki romańskie, zachowana w autentycznym, naturalnie zmienionym stanie.

Former warehouse of the Court Theatres, 1873, by Gottfried Semper and Carl Hasenauer. Lehargasse 6–8, Vienna. An exquisite façade combining brick, stone and Roman cement renders preserved in the authentic, naturally aged state.

Dom „Pod Pająkiem", ul. Karmelicka 35, Kraków, 1889, Teodor Talowski. Efekt malowniczości i tajemniczości został uzyskany w tym dziele romantycznego historyzmu przez zestawienie cegieł o różnych barwach i fakturach, kamienia i tynków romańskich.

Apartment house »Under the Spider«, 1889, by Teodor Talowski. Karmelicka 35, Cracow, Poland. An effect of picturesque and mystery was obtained in this work of romantic historicism, by combining bricks of various colours and textures, stone and Roman cement renders.

↑ Kościół parafialny w Hainford, Norfolk, Anglia, 1838–1840, John Brown. Detale nisz z wypraw romańskich.

Hainford Parish Church, 1838–1840, by John Brown. Hainford, Norfolk, England. Roman cement niche details.

← Stary kościół Nazaretański, Leopoldplatz, Berlin-Wedding, 1832–1835, Karl Friedrich Schinkel. Neoromańska budowla ceglana o spoinach i detalu architektonicznym wykonanych w wyprawach romańskich.

Old Nazareth church, 1832–1835, by Karl Friedrich Schinkel. Leopoldplatz, Berlin-Wedding. Romanesque Revival brick building with joints and architectural details executed in Roman cement mortars.

Sztukaterie romańskie są generalnie bardzo trwałe. Drobne rysy powierzchniowe, tworzące nieregularną sieć niezależną od struktury budowli, są charakterystyczną cechą wszystkich tynków i odlewów wykonanych z cementów romańskich. Są one wynikiem zwykłego skurczu przy schnięciu i zazwyczaj nie prowadzą do zniszczeń. Jedynie rzadko ulegają pogrubieniu, kiedy sztukaterie są wystawione na intensywne oddziaływanie wody opadowej, szczególnie w górnych partiach budynków. Przy takiej ekspozycji zwarte powierzchnie wypraw romańskich ulegają erozji. Szersze spękania z przemieszczeniami mogą również pojawić się w wyniku ruchów konstrukcji, których nie mogą przenieść twarde i sztywne wyprawy romańskie. Obszary głuche przy ostukiwaniu, co wskazuje na oderwanie się wyprawy od podłoża, są zawsze obecne, ale prowadzą do ubytków w wyjątkowych przypadkach, kiedy między tynk a podłoże swobodnie dostaje się woda.

Niewłaściwa ochrona elewacji przed stałym, nadmiernym zawilgoceniem jest znacznie częstszą przyczyną zniszczeń. W górnych częściach elewacji źródłem wilgoci może być uszkodzony lub niesprawny system odprowadzający wodę deszczową, co prowadzi do zalewania elewacji. W strefie przyziemia, niesprawny drenaż lub brak izolacji przeciwwilgociowej ścian fundamentowych może prowadzić do wnikania wody i zniszczeń wypraw elewacyjnych, głównie na skutek przenoszenia i krystalizacji soli.

Głównym problemem konserwatorskim są jednak późniejsze działania renowacyjne nieodwracalnie zmieniające oryginalne powierzchnie. Nie ma wielu materiałów zabytkowych, które były tak niewiele cenione i niewłaściwie odnawiane, jak sztukaterie romańskie. Lata zaniedbań, nawarstwianie powłok farby lub obrzutek cementowych, agresywne czyszczenie, oraz wypełnianie ubytków niewłaściwymi materiałami, powodują zniszczenia i degradację estetyczną znaczącej części spuścizny architektonicznej XIX i początku XX wieku. Zniszczone oryginalne tynki i odlewy detalu architektonicznego są często usuwane, a nie konserwowane lub wymieniane. W przypadku strat w dekoracji lub nieodwracalnego pokrycia powłokami traci się na zawsze ważne informacje dotyczące dawnych koncepcji estetycznych, technologii i umiejętności budowlanych. Dlatego fasady dekorowane w technice tynku romańskiego zachowane w stanie pierwotnym, jeżeli chodzi o kolor i powierzchnię architektoniczną, są rzadkie, pomimo stosowania tej techniki na masową skalę w okresie gwałtownego rozwoju miast europejskich w tym okresie. Należy podjąć wysiłki, aby ta relatywnie nowsza architektura została zrozumiana, doceniona i ochroniona przez staranne badania i konserwację.

1. Typowa, nieregularna siatka cienkich rys skurczowych, będąca cechą charakterystyczną wypraw romańskich.
Typical irregular network of fine shrinkage cracks characteristic of Roman cement renders.

2. Poważnie uszkodzona powierzchnia elementu dekoracyjnego wystawionego na intensywne oddziaływanie wody opadowej, rysy skurczowe uległy poszerzeniu, a wypadnięcie dużych ziaren kruszywa doprowadziło do charakterystycznego „podziurawienia".
Heavily eroded surface of a decorative element exposed to severe impact of rain water, the shrinkage cracks are widened and the loss of large grains of aggregate has led to characteristic pitting.

3. Zniszczenie wypraw romańskich w przyziemiu budynku.
Destruction of renders at the base of a building.

CONSERVATION PROBLEMS

4. Odlew detalu architektonicznego zniekształcony przez grubą powłokę obrzutki cementowej usuniętej mechanicznie z połowy elementu.
A Roman cement casting disfigured by a thick coating of a cement spray, removed mechanically from a part of the element.

5. Poważne ubytki powierzchni odlewu w formie woluty na skutek niewłaściwego czyszczenia.
Detail of a cast volute showing a considerable losses due to improper cleaning.

Roman cement stuccoes are generally very durable. Fine surface cracks, forming an irregular network not related to building features, are a distinct characteristic of all Roman cement renders and architectural castings. They are caused by normal drying shrinkage and usually do not lead to damage. Only rarely can they widen if the stucco is exposed to the severe impact of rain water, specially on the top of buildings. Very exposed Roman cement surfaces can suffer from erosion of their close compact structure. Wider cracks with displacements can also appear as the result of structural movements which cannot be accommodated by rather hard and stiff Roman cement stucco. Hollow sounding areas, indicative of a loss of bond, are always present but lead to losses only exceptionally when water is freely admitted and trapped between the stucco and the wall.

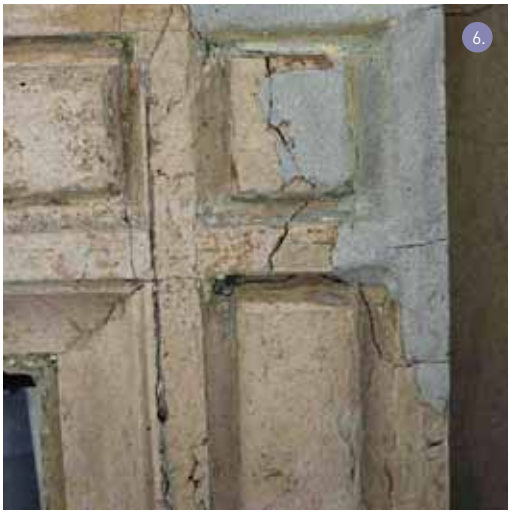
An improper maintenance, making the stuccoes vulnerable to chronic excessive dampness, is a far more frequent cause of failure. In the upper parts of the facades the source of dampness can be damaged or ineffective exterior water handling systems leading to rain water leaks. In the area above ground, ineffective drainage and waterproofing of the foundation walls can lead to the intrusion of moisture and destruction of the renders of the façade, mainly due to transmission and crystallization of salts.

The main conservation problem, however, is the later repair and renovation measures irreversibly altering the original surfaces. Few materials have been so little appreciated and treated as Roman cement stuccoes. Years of neglect, the accumulations of paint layers or sprayed cement

coatings, damaging cleaning and patchy repairs with improper materials adversely affect and aesthetically degrade a substantial part of the nineteenth and early twentieth century built heritage. Original renders and decorative castings are often removed when in poor condition rather then conserved or replaced. Once removed or irreversibly coated, the important information on past aesthetic concepts, technology and building skills is lost for good. Therefore, the unaltered Roman cement facades, preserving their original colour and architectural surface in an undisturbed state, are rare in spite of the fact that the technique was used on a massive scale during the period of rapid urban growth in Europe. Efforts must be maintained to understand, respect and sustain this relatively modern architecture by a careful evaluation and conservation.

6. Niezgodna technologicznie naprawa z cementu portlandzkiego doprowadziła do nasilonego niszczenia sztukaterii romańskich.
Incompatible Portland cement repair enhanced damage of the Roman cement stucco.

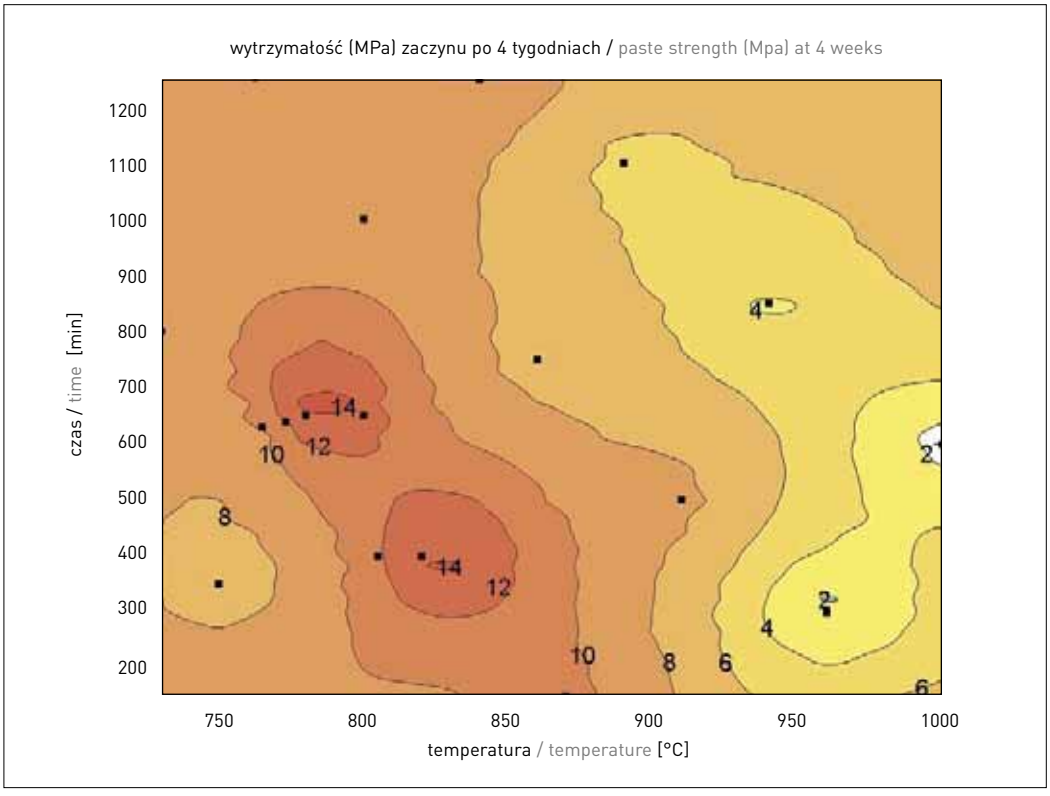
7. Detal architektoniczny uszkodzony przez agresywne oczyszczenie i pokryty nową warstwą współczesnej farby.
An architectural detail damaged by aggressive cleaning and coated with a new layer of modern paint.



Informacje historyczne. Ogólnie panuje zgodność w literaturze, że wypalanie margli w produkcji cementów romańskich powinno być prowadzone w „niskich" temperaturach i że „przepalenie" daje gorszy produkt (na przykład Eckel, 1905). Jednak nawet Eckel w swej fundamentalnej pracy stwierdza, że może chodzić o zakres 900–1200°C. Źródła historyczne często przytaczają obserwację, że najlepsze cementy zawierają niewielką ilość kalcytu, który nie uległ dekarbonatyzacji w czasie procesu wypalania. Czas wypału jest określany w różnych źródłach na 30–72 godzin, co obejmowało cykl osiągnięcia wymaganej temperatury, wygrzewanie wsadu i jego schłodzenie. Pasley (1830) stwierdzał, że okres 2–3 godzin w temperaturze czerwonego żaru jest wystarczający.

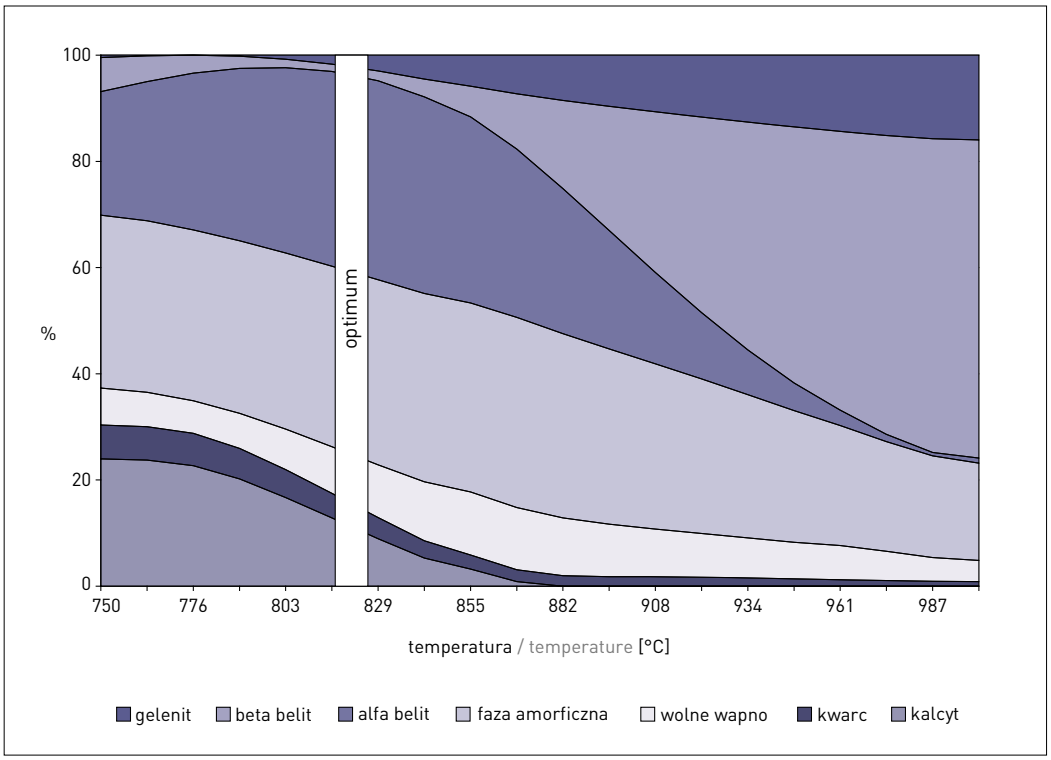
Eckel opracował Wskaźnik Cementacyjny służący porównaniu różnych margli stosowanych do wyrobu cementów. Wartości tego wskaźnika dla margli używanych w ramach projektu ROCEM wynosiły między 1,7 i 2,0, co wskazywałoby na konieczność przyjęcia raczej niższych temperatur wypału.

Powstawanie cementów w czasie ogrzewania. W czasie wypału margli przebiegają istotne przemiany chemiczne: rozkład kalcytu do wapna, odwodnienie i rozkład minerałów ilastych do amorficznych glinokrzemianów oraz reakcje wapna z kwarcem i produktami rozkładu minerałów ilastych. Reakcje te prowadzą do krzemianu dwuwapniowego – belitu w postaci mieszaniny dwóch odmian strukturalnych α' i β oraz, w wyższych temperaturach, glinokrzemianu wapnia – gelenitu. Kiedy wypał staje się bardziej intensywny, zawartości kalcytu, kwarcu i składników amorficznych ulegają obniżeniu, natomiast wzrastają zawartości gelenitu i sumaryczna belitu, przy czym belit α' przeważa w niższych temperaturach, a przechodzi w belit β przy wzroście temperatury. Tak więc cementy są bardzo wrażliwe na temperaturę wypału i osiągają najlepsze wytrzymałości przy relatywnie niskich temperaturach. Badania przeprowadzone w ramach projektu ROCEM potwierdzają historyczne zalecenia odnoszące się do produkcji cementów romańskich o wysokiej jakości – najlepsze cementy powinny zachować pewną ilość kalcytu, a „przepalenie" daje cementy gorsze.



Wytrzymałość zaczynów cementu romańskiego po czasie hydratacji 4 tygodnie – wysokie temperatury i długie czasy wypału prowadzą do gorszego materiału.
Strength of Roman cement pastes at an age of 4 weeks – high temperatures and long times of calcination lead to an inferior material.

CALCINATION OF ROMAN CEMENTS



Zmiana składu cementu romańskiego ze wzrostem temperatury – głównymi składnikami optymalnego materiału są belit α', faza amorficzna i niewielka ilość nierozłożonego kalcytu.

Change of composition of a Roman cement with temperature – the main components of the optimum materials are α'-belite, amorphous phase and smaller amount of undecomposed calcite.

History: It is generally agreed that the calcination of marls to produce Roman cements should be conducted at »low« temperatures and that over-burning produces an inferior product (e.g. Eckel, 1905). However, even Eckel, in his definitive English language text, suggests that this may be between 900–1200°C. Historic texts often refer to the observation that the best cements often contained a small amount of calcite which had not been de-carbonated during the firing process. The period of calcination has been variously reported as lying between 30–72 hours but this would include the heating, soaking and cooling cycles. Pasley (1830) suggested a period of 2–3 hours at red heat would be sufficient.

Eckel developed a Cementation Index to compare the marls for different cements. Those used by the ROCEM project have values between 1.7 and 2.0 which would indicate the need for relatively low temperatures.

Cement formation on heating: Important reactions take place on calcination of the marls: the decomposition of calcite to lime, the dehydration and decomposition of clay minerals to amorphous aluminosilicates and the reaction of lime with quartz and clay mineral decomposition products to give dicalcium silicate – belite as a mixture of two structural modifications α' and β and, at higher temperatures, calcium aluminosilicate – gehlenite. As the calcination is increased, the calcite, quartz and amorphous contents decrease; the free lime increases to a maximum before decreasing; the gehlenite increases; the total belites increase but with α'-belite dominating at low temperatures before transforming to β-belite with an increase in temperature. The cements are therefore very sensitive to calcination temperature and yield best strengths at relatively low temperatures. It is clear that the historic descriptions of quality cements have been confirmed by the ROCEM project – the best cements do indeed retain a proportion of calcite and over-burning yields inferior cements.

Cementy romańskie zawierają aktywne składniki hydrauliczne powstające w trakcie wypału poniżej temperatury spieku (800–900°C): 35–55% wag. mikrokrystalicznego krzemianu dwuwapniowego belitu α' i β oraz 25–35% wag. składników amorficznych, które zawierają odwodnione minerały ilaste.

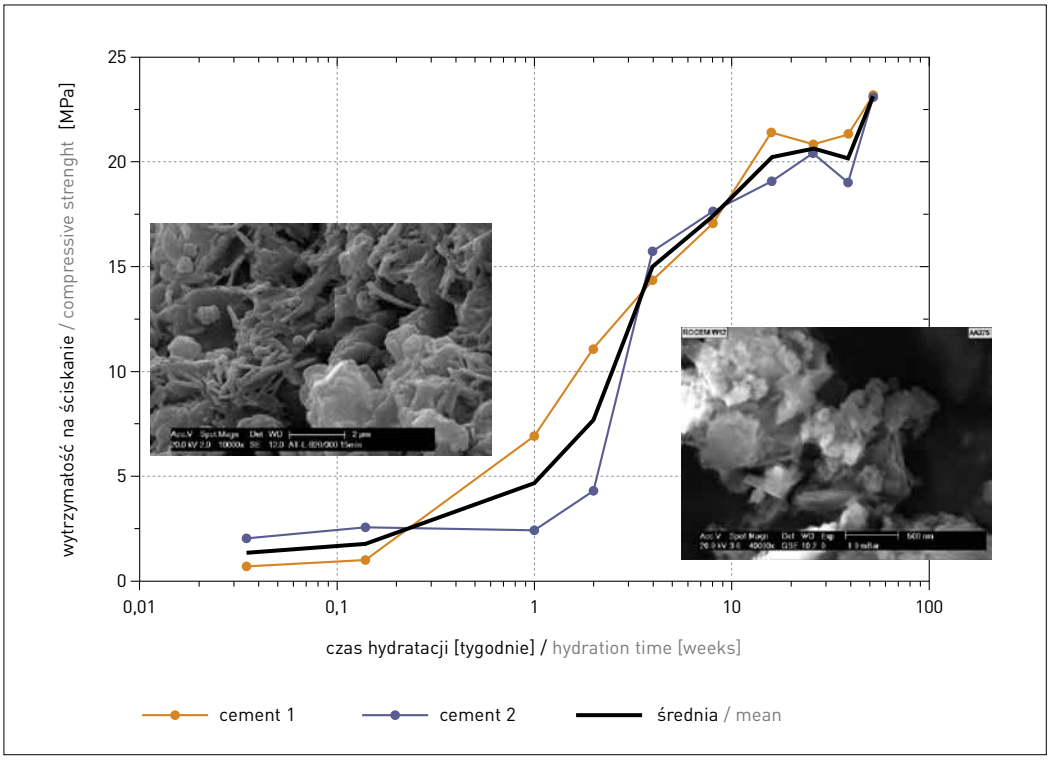
Typowe stosunki wody do cementu stosowane w recepturach zapraw i zaczynów mieszczą się w zakresie 0,65–1,0.

Hydratacja cementu romańskiego zachodzi zgodnie z dwuetapowym mechanizmem:

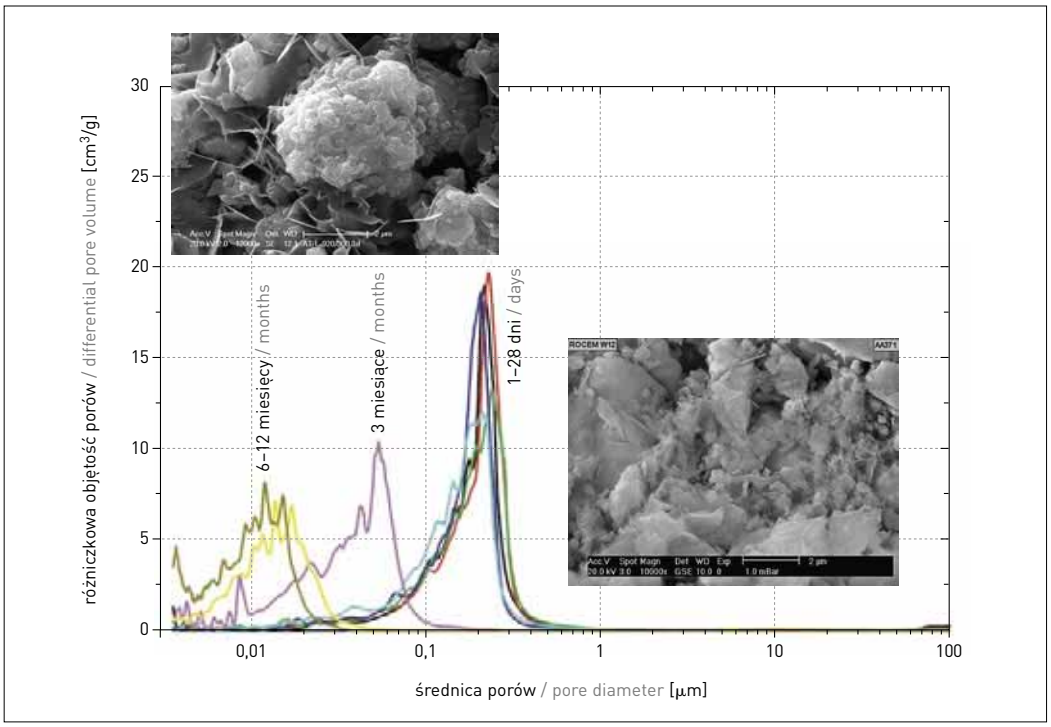
Etap 1 – Szybkie wiązanie i twardnienie po zmieszaniu z wodą; w odróżnieniu od cementów portlandzkich, cementy romańskie twardnieją w ciągu kilku minut po początkowym wiązaniu. Czas wiązania można wydłużyć do 15–90 minut przez dodanie niewielkich ilości odpowiednich substancji opóźniających. Wczesny przyrost wytrzymałości koreluje z powstaniem uwodnionych glinianów wapnia (C-A-H), w zależności od rodzaju cementu romańskiego w ciągu 1–4 godzin uzyskuje się wytrzymałości do 4 MPa.

Etap 2 – Po okresie uśpienia o zmiennej długości, co zależy od rodzaju cementu romańskiego, dalszy przyrost wytrzymałości zachodzi w wyniku hydratacji belitu, przy czym belit α' jest bardziej reaktywny niż belit β, oraz ewentualnie reakcji pucolanowych odwodnionych glin z wapnem, dających uwodnione krzemiany wapnia (C-S-H). Długookresowy przyrost wytrzymałości zachodzi przez kilka lat i może prowadzić to wysokich wartości: wytrzymałości na ściskanie mierzone dla stuletnich zabytkowych zapraw romańskich osiągały 50 Mpa.

Mikrostruktura stwardniałego cementu romańskiego zawiera gęsty żel C-S-H o stosunku Ca/Si wynoszącym 1,2–1,4 i morfologii różnej od C-S-H powstałego w czasie hydratacji cementu portlandzkiego (stosunek Ca/Si 1,6–1,9). Przy właściwej pielęgnacji, w wilgotności względnej otoczenia przekraczającej 95% początkowa struktura porowata o jednorodnym rozmiarze porów pomiędzy 0,1–0,3 mikrometra zmienia się w zwartą, nanokrystaliczną mikrostrukturę o średnim rozmiarze porów około 20 nanometrów. W odróżnieniu od cementu portlandzkiego, zabytkowe zaprawy romańskie mają wysoką porowatość wynoszącą między 20–40%, co zapewnia dobry transport wody i pary wodnej. Te specyficzne właściwości uwodnionego cementu romańskiego korelują dobrze z obserwowaną wysoką trwałością sztukaterii i tynków romańskich.



Typowy przyrost wytrzymałości, wyznaczony dla dwóch typów cementów romańskich (cement 1 – bez okresu uśpienia, cement 2 – wysoka wytrzymałość wczesna, znaczący okres uśpienia).
Zdjęcia mikroskopowe:
a. mikrostruktura utworzona przez płytki C-A-H po 15 minutach twardnienia,
b. zwarta struktura C-S-H ściśle powiązana z fazami C-A-H po 7 miesiącach hydratacji.
Typical strength development, assessed for two types of Roman cements (cement 1 – no dormant period, cement 2 – high early strength, extended dormant period). The micrographs:
a. microstructure built from CAH-platelets after 15 min hardening,
b. dense microstructure of C-S-H closely intermixed with C-A-H phases after 7 month hydration.



Zmiana struktury porów zaczynu z romańskiego cementu w czasie hydratacji od prawie jednorodnego, dużego rozmiaru porów do zwartej mikrostruktury. Zdjęcia mikroskopowe: a. otwarta mikrostruktura po 3 dniach twardnienia, b. zwarta, jednorodna mikrostruktura zaczynu po 7 miesiącach.

Evolution of the pore-structure of a Roman-Cement paste during hydration from a nearly monodisperse to a dense microstructure. The micrographs: a. open network microstructure 3 days after hardening, b. dense homogeneous microstructure of a 7 month old paste.

Roman cements are characterized by hydraulic active components that are formed in the course of calcination below sintering (800–900°C): 35–55 weight % of microcrystalline dicalcium silicate – α'- and β-belite, and 25–35 weight % of quasi-amorphous components that are assumed to contain dehydroxylated clay minerals.

Typical water/cement ratios used in mortar and paste formulations are in the range of 0,65–1,0. The hydration of Roman cement proceeds according to a two-step mechanism:

Step 1 - Rapid set and hardening after mixing with water; different from Portland cements, Roman cements harden within a few minutes after the initial set. The time of setting may be extended to between 15 min to 90 min by admixing small amounts of appropriate retarders. Early strength development correlates with the formation of calcium aluminate hydrates (C-A-H), depending on the type of Roman Cement, 1 – 4 hour strength values of up to 4 N/mm^2 are obtained.

Step 2 – After a varying dormant period, depending on the type of Roman Cement, further strength development proceeds due to the hydration of belite, α'-belite being more reactive than β-belite, and possibly pozzolanic reactions of dehydroxylated clays with lime, yielding calcium-silicate-hydrates (C-S-H). Late strength development continues over several years and may lead to high final strength values: in 100 year old historic Roman cement mortars, compressive strength values up to 50 N/mm^2 were measured.

The microstructure of hardened Roman cement indicates a dense C-S-H gel with a Ca/Si ratio of 1,2–1,4 and morphology different from the C-S-H formed during the hydration of Portland cement (Ca/Si ratio 1,66–1,95). If properly cured under relative humidity exceeding 95%, the initially nearly monodisperse pore-structure (pore diameter 0,1–0,3 micrometres) develops into a dense and nanocrystalline microstructure with an average pore diameter of around 20 nanometres. Again in contrast to Portland cement, historic Roman Cement mortars exhibit a high pore volume ranging from 20–40% which assures good transport of water and water vapour. The specific properties of hydrated Roman Cements correlate well with the observed high durability of Roman cement stuccoes and renders.

Historycznie cementy romańskie były szeroko stosowane do masowej produkcji odlewów detali architektonicznych w długich seriach i niewielkim kosztem. Wyprawy romańskie miały przewagę wyższej trwałości w ekspozycji zewnętrznej niż sztukaterie gipsowe, będąc jednocześnie znacznie tańsze niż terakota lub blacha cynkowa.

Pierwotnie odlewy były wytwarzane w elastycznych formach wykonanych z kleju zwierzęcego. Pomimo stosowania oleju jako warstwy izolującej, formy były bardzo wrażliwe na oddziaływanie wilgoci. Szybkie wiązanie typowe dla zapraw romańskich pozwalało na szybkie wyjmowanie odlewów i umożliwiało w ten sposób wielokrotne użycie form. W celu zmniejszenia ciężaru odlewy były zazwyczaj puste. Były one przytwierdzane do muru za pomocą kotew z kutego żelaza. Dzięki charakterystycznemu kolorowi, od różowobrązowego do ciemnobrązowego, cementy romańskie przypominały wypaloną glinę. Zapewne dlatego elementów odlewanych z cementu romańskiego nie malowano, przynajmniej do około 1900. Dopiero później elementy dekoracyjne malowano zgodnie z koncepcją kolorystyczną elewacji.

Po około 100 latach ekspozycji zewnętrznej dekoracje elewacyjne z tego okresu są zazwyczaj zachowane w doskonałym stanie – poważny powód dla środowiska konserwatorskiego do zwrócenia uwagi na ten materiał. Ponieważ jednak historyczne techniki rzemieślnicze nie są kontynuowane, a częściowo, z upływem czasu zostały zapomniane, w ramach obecnego projektu przeprowadzono szerokie praktyczne testy odtworzonych cementów romańskich. Wstępne wskazówki dotyczące odlewania elementów architektonicznych są podane poniżej.

Na podstawie naszych badań zabytkowych wypraw romańskich, proporcja cementu do kruszywa powinna wynosić co najmniej 2:1 objętościowo, na przykład 3:1 jest w pełni akceptowalna. Tak więc mieszanka musi być znacznie bogatsza w cement niż w zaprawie do tynkowania. Można stosować kruszywo całkiem grube, z maksymalnym ziarnem sięgającym nawet 1 cm. Należy wybierać żwir otoczakowy, aby zapewnić dobre rozlewanie się zaprawy. Należytą konsystencję zaprawy osiąga się przy stosunku wody do cementu 0,65, dla którego można uzyskiwać wyroby wolne od pęcherzyków powietrza nawet dla odlewów o bogatej formie rzeźbiarskiej.

Ze względu na ekstremalną wrażliwość cementów romańskich na wilgoć, należy stosować absolutnie suche kruszywa (piaski). Jest to ważny warunek osiągnięcia najwyższej możliwej wczesnej wytrzymałości. Po wlaniu zaprawy do formy wydzielające się ciepło powinno dać przyrost temperatury w odlewie do około 40°C w ciągu kilku minut. W takich warunkach odlane elementy można usunąć z formy po około 30 min. Zaprawy romańskie osiągają końcową wytrzymałość po długim czasie, dlatego ważne jest przechowywanie odlewów w warunkach wilgotnych, sprzyjających postępowi hydratacji cementu.

Jako substancji opóźniającej wiązanie użyto kwasu cytrynowego, co wydłużyło czas przydatności do stosowania do co najmniej kilku minut. Stężenie w wodzie zarobowej powinno wynosić 0,2–0,5%, co odpowiada 0,13–0,32% w odniesieniu do masy cementu. Inne potencjalne opóźniacze są obecnie przedmiotem prób.

Oryginalny element odlewany z doskonale zachowaną powierzchnią.
Original cast element with perfectly preserved surface.

CASTING ARCHITECTURAL DECORATIVE DETAILS

Przekrój poprzeczny przez oryginalny element odlewany ze strefą powierzchniową zabarwioną pozostałościami oleju lub kleju.
Cross-section of an original cast element with the surface zone coloured by remnants of oil or glue.

Nowy element odlewany zastępujący brakującą część dekoracji.
Newly produced cast element replacing a missing part.

Historically, Roman cements were widely used for the mass-production of cast decorative elements in large numbers and at reasonable costs. Roman cement mortars had the advantage of being more resistant in outdoor exposures than gypsum stuccos and far less expensive than terracotta or zinc plate.

Originally, the castings were produced in elastic moulds made of animal glue; despite the use of oil as an isolating medium, they were very sensitive to the prolonged action of moisture. The typically rapid setting of Roman cement mortars allowed for a quick removal of the casts and enabled therefore the repeated use of the moulds. In order to reduce their weight, the casts were normally hollow, and they were fixed to the masonry on wrought iron nails. By their typically pinky-brown to dark brown colour, Roman cements resembled burnt clay, and this is probably why cast Roman cement elements were frequently left unpainted, at least till around 1900. Only later were the decorative elements integrated into a more elaborated colour concept of the façade by painting them.

After over 100 years of outdoor exposure, the façade decoration of that period is usually found in extraordinarily good condition – a strong reason for the conservation community to pay attention to this material. However, since the historic craft techniques were discontinued and partially lost in the course of time, broad practical tests of the re-established Roman cements have been carried out within the current research project. Draft specifications for casting architectural elements are given below.

In accordance with our examination of historic Roman cement mortars, the cement to aggregate ratio should be at least 2:1 by volume, for example 3:1 is perfectly acceptable. So the mixture must be much richer in cement than mortars for rendering. The aggregate can be quite coarse, with the maximum grain size reaching even 1 cm. But well rounded gravel should be preferred to ensure good flowing properties. A good consistency is obtained with a water to cement ratio of 0,65 at which exact copies free of voids can be produced even for casts rich in fine details.

Due to an extreme sensitivity of Roman cements to moisture, absolutely dry aggregates (sands) should be used. This is an important prerequisite to obtain the highest possible early strength. After the mortar has been poured into the mould, the heat generation should produce a temperature increase in the cast of up to around 40 °C within several minutes. Under such conditions, the cast elements can be removed from the mould after about 30 min. The final strength of Roman cement mortars develops over a prolonged period of time; therefore storage of castings at humid conditions, favouring the progress of cement hydration, is essential.

Citric acid was used to retard set and extend the workable time to at least several minutes. The percentage should be 0,2 – 0,5% in water, which corresponds to 0,13 – 0,32% related to the weight of the cement. Other possible retarders are being tested at present.

XIX-wieczne sztukaterie elewacyjne zawsze zawierały profile ciągnione proste lub owalne, takie jak gzymsy, które uzyskiwano przez narzucanie zaprawy i wielokrotne przeciąganie szablonu. Tynki, zazwyczaj rustykowane lub z wyciśniętymi pozornymi spoinami, imitowały detal i fakturę kamienia. Zazwyczaj nakładano zaprawę w dwóch warstwach, na gruboziarnistej warstwie podkładowej rozciągano drobnoziarnistą, cieńszą warstwę wykończeniową. Cement romański był popularnym materiałem do wykonywania dekoracji ze względu na jego szybkie wiązanie, które ułatwiało postęp pracy.

Receptura zapraw do wykonywania sztukaterii bezpośrednio na elewacji jest różna od składu zaprawy do odlewów opisanej wcześniej. Zaprawy te powinny oczywiście zawierać więcej kruszywa; w warstwie podkładowej optymalny stosunek cementu do kruszywa powinien wynosić 1:1,5 objętościowo, w warstwie wykończeniowej 1:1. Kruszywem są zazwyczaj piaski, dosyć gruboziarniste dla warstwy podkładowej (uziarnienie do 4 mm, ale z główną frakcją około 0,25 mm), drobniejsze w warstwie wykończeniowej. Dobrą konsystencję uzyskuje się dla stosunku wody do cementu około 0,6.

Przy pracy na elewacji czas przydatności do stosowania musiał być znacznie wydłużony. Dlatego cement przetrzymywano w otwartych pojemnikach przez 3 dni, aby opóźnić jego wiązanie na skutek reakcji z wilgocią zawartą w powietrzu. Ponadto dodawano do wody zarobowej opóźniacz (kwas cytrynowy) w stężeniu 0,5%, co odpowiada 0,3% w przeliczeniu na masę suchego cementu. Uzyskiwano czas przydatności do stosowania około 30 minut, co pozwalało doświadczonemu wykonawcy na pokrycie tynkami kilku metrów kwadratowych. Powierzchnię tynków można było opracowywać przez dodatkową godzinę, nadając jej odpowiednią fakturę lub gładką, zamkniętą strukturę.

Przed nałożeniem tynków podłoże musi być dobrze zmoczone, tak aby nie odciągało wody z masy sztukatorskiej. Tak jak obserwowano to wielokrotnie dla wypraw zabytkowych, zaprawy romańskie można nakładać w pojedynczej warstwie w zadziwiającym zakresie grubości od 3 do 60 mm.

Ważne jest zwilżanie zapraw przez jakiś czas, tak jak odlewów. Niekiedy na powierzchni sztukaterii mogą pojawić się wybielenia będące wynikiem krystalizacji niewielkiej ilości węglanu wapnia. Można tego uniknąć przez zaniechanie zwilżania powierzchni w ciągu pierwszego dnia. Jednakże, gdy doszło już do powstania wybielenia, można je łatwo usunąć przez przemycie wodą już związanej, choć jeszcze nie do końca stwardniałej zaprawy.

Odtwarzanie tynków na sterczynach attyki, gdzie wystąpiły znaczne ubytki tynków pierwotnych.
Re-plastering the decorative turrets on the top of the building where substantial losses of the original renders have occurred.

Znaczne uszkodzenie gzymsu niedbale zabezpieczone zaprawą z cementu portlandzkiego, niezgodną technologicznie z pierwotną zaprawą romańską.
A substantial damage of a cornice superficially repaired with a Portland cement mortar incompatible with the original Roman cement stucco.

Rekonstrukcja brakującego fragmentu gzymsu przez nałożenie zaprawy i wielokrotnie przeciągnięcie drewnianego szablonu.
The missing part of the cornice is reconstructed by applying in situ the mortar and repeatedly passing over a wooden profile.

The grand stuccoes of the nineteenth century always contained linear or oval mouldings, like cornices, obtained by applying in situ the mortar and passing repeatedly a profile over them. Renders, usually rusticated or lined out with false joints, were imitating stone details and textures. It was usual to produce the stuccoes in two or more coats, the inner coat being a coarse-grained 'core' on which a fine-grained thinner finish layer was applied. Roman cement was a preferred material to execute the stuccoes due to its quick setting which facilitated the progress of the process.

The mortar design for the in situ stucco work differs from that for casting described above. The mortars should obviously contain a larger proportion of the aggregate filler; for the base coat the optimum cement to aggregate ratio is 1:1,5 by volume, for the finish coat 1:1. The aggregates are commonly sands, quite coarse for the base coat (granular size up to 4 mm but concentrated around 0,25 mm), finer for the finish layer. A good consistency is obtained with a water to cement ratio of about 0,6.

The workable time has to be considerably extended for the in situ work. Therefore, the cement was kept in open containers for 3 days to retard its hardening by the way of its reaction with moisture contained in the air. Moreover, a retarder (citric acid) was added at the concentration of 0,5% in water, which corresponded to 0,3% related to the weight of the cement. The workable time was around 30 min which was sufficient for an experienced practitioner to render several square metres. The surface could be worked to produce the required texture or a close polished finish within an additional 1 hour or so.

Prior to the application, the surface must be well wetted not to take water from the stucco mass. As observed many times for historic renders, Roman cement mortars can be applied as a single coat in an astonishing range of thicknesses from 3 to 60 mm.

Again it is important to keep the mortar moist for a period of time. In some cases a whitish veil, containing calcium carbonate in small amounts, can form on the surface of the mortar. This can be avoided by leaving the surface unmoistened during the first day. However, if the veil has already formed, one can remove it easily by rinsing the surface of the already hardened but not yet fully reacted mortar.

RENOWACJA WYPRAW ROMAŃSKICH – CEMENT ROMAŃSKI W RENOWACJI

Budowle z XIX i początku XX wieku zasługują na taką samą ochronę konserwatorską, jak obiekty z wcześniejszych epok. Niestety, długo nie były doceniane i traktowano je jak substancję o charakterze czysto użytkowym. Stąd były często przedmiotem działań renowacyjnych i przekształceń, które miały niewiele wspólnego z dobrą praktyką konserwatorską. Właściwy program prac renowacyjnych dla sztukaterii romańskich musi zawierać szereg etapów:

Czyszczenie i usuwanie nawarstwień. Po pierwsze należy pamiętać, że powłoki farb nie muszą mieć negatywnego wpływu na pierwotne materiały elewacyjne, o ile są zachowane w dobrym stanie. Dlatego decyzja o usunięciu powłok farb lub oczyszczeniu powierzchni jest często problemem bardziej estetycznym niż technicznym.

Nie ma podstaw do często wyrażanych obaw, że materiały elewacyjne mogą zostać uszkodzone podczas czyszczenia z użyciem wody. Zwarta, dobrze zachowana powierzchnia wypraw romańskich, szczególnie odlewów, ma relatywnie niską nasiąkliwość. Z drugiej strony, wewnętrzna struktura tych materiałów jest bardzo porowata i szybko oddaje wchłoniętą wodę.

Tak więc usuwanie opartych na spoiwie polimerowym powłok barwnych można najlepiej przeprowadzić przy użyciu urządzeń wytwarzających przegrzaną parę wodną, a powłoki mineralne wymagają niskociśnieniowego strumieniowania ściernikiem, w którym działanie czyszczące daje wirujący strumień powietrza zmieszanego z wodą i mineralnym proszkiem. Trudne do usunięcia pozostałości wymagają czyszczenia ręcznego przy użyciu precyzyjnych narzędzi mechanicznych. W takich przypadkach pełne oczyszczenie elewacji nie jest możliwe, przynajmniej z przyczyn ekonomicznych, i jest ona przeważnie przemalowywana.

Stabilizacja odspojeń i spękań. Siatka cienkich rys, tak charakterystyczna dla wypraw romańskich, zazwyczaj nie stwarza żadnych zagrożeń. To samo dotyczy częstych odspojeń pomiędzy tynkami i podłożem. Niemniej, kiedy jest to konieczne, można przeprowadzić iniekcję odspojeń przy użyciu mieszaniny romańskiego cementu z wodą o potrzebnej konsystencji, z ewentualnym dodatkiem środka powierzchniowoczynnego. Po przepłukaniu pustej przestrzeni wodą, wprowadza się masę zalewową. Iniekcje są w stanie ustabilizować odspojenia. Oczyszczone i zwilżone spękania można również efektywnie wypełnić i ustabilizować wodnym zaczynem cementu romańskiego. Jednak w odróżnieniu od żywic syntetycznych, nie osiągnie się sklejenia luźnych fragmentów. Inaczej niż cementy portlandzkie, cementy romańskie są w znacznym stopniu wolne od siarczanów i mają niewielką tendencję do wytwarzania wapiennych wybieleń.

Uzupełnianie ubytków. Receptura zaprawy renowacyjnej powinna uwzględniać uziarnienie i kolor zbliżony do materiału oryginalnego. Należy więc wstępnie przetestować pewną gamę kruszyw, zmieniając proporcje, skład i uziarnienie. Stosunek kruszywa do cementu można zmieniać od 1 do 3 części objętościowych, co powinno wytworzyć zaprawy o odpowiedniej wytrzymałości, kompatybilne z pierwotnymi sztukateriami. Powierzchnie wypełnianego ubytku należy pokryć warstwą rzadkiej zaprawy lub odpowiednią emulsją polimerową, aby uzyskać dobrą adhezję naprawy. Wypełnienie należy zwilżać przez jakiś czas, aby wspomóc dobre związanie. Ze względu na wysoką retencję wody i zdolność do dalszego twardnienia przy wysokiej wilgotności względnej powietrza, samoprzesuszanie zapraw romańskich jest mało prawdopodobne.

Powłoki. Jeżeli sztukaterie były pierwotnie pomalowane, w celu imitacji okładziny kamiennej, należy odtworzyć powłokę barwną na oczyszczonej i naprawionej powierzchni. Malowanie powinno prowadzić do laserunkowej powłoki o wysokiej trwałości, a kolor powinien naśladować zachowane opracowanie pierwotne. Elewacje dekorowane sztukateriami romańskimi, które nie były pier-

Obszar odspojenia boniowanych tynków imitujących okładzinę kamienną, które należy ustabilizować przez iniekcję.
Stripping existing modern masonry paint with the use of superheated water.

Usuwanie istniejącej powłoki współczesnej farby przy użyciu przegrzanej pary wodnej.
Detached area of jointed renders imitating stone which has to be stabilised by grouting.

Nakładanie cienkiej warstwy wykończeniowej z zaprawy romańskiej (2–3 mm), aby scalić estetycznie powierzchnię.
Laying thin Roman cement finish layer (2–3 mm) to re-integrate aesthetically the surfaces of the Roman cement renders.

RESTORATION OF ROMAN CEMENT –
ROMAN CEMENT FOR RESTORATION

Wypełnienia ubytków.
Repair of damages.

wotnie malowane, można pokryć cienką warstwą rzadkiego zaczynu z cementu romańskiego, jeżeli konieczne jest estetyczne scalenie zaplamionej i uszkodzonej powierzchni.

Nineteenth and early twentieth century buildings deserve the same good conservation approach as objects from earlier periods. Unfortunately, they have long been undervalued as purely utilitarian constructions and therefore have been vulnerable to frequent renovation and redecoration measures which would have had little concern for the requirements of good conservation. The proper remedial strategy for Roman cement stuccoes must take into consideration several aspects:

Cleaning and uncovering: First of all it should be recalled that paint layers need not affect the original building materials adversely as long as they are in a good state of preservation. The decision to remove paints or to clean surfaces is therefore frequently an aesthetic rather than technical question.

There is no basis for frequently encountered concern that façade materials can be damaged by cleaning with the use of water. The close, sound surface of Roman cement stuccoes, especially of cast elements, has a relatively low water absorption capacity. On the other hand, these are highly porous in their bulk and quickly release the absorbed water.

Thus, the removal of polymer-bound paints is best performed by using superheated water systems, while mineral paints and surface coatings require a low pressure abrasive cleaning by a swirling action of a mixture of air, water and fine mineral powder. Stubborn residues require hand cleaning with the use of fine mechanical tools. In such cases, full cleaning of a façade is not feasible, at least on economical grounds, and the façade is usually overpainted.

Grouting and injection of cracks: the network of fine cracks so characteristic of Roman cement stuccoes usually does not pose any threat. The same is true of the frequent hollow spaces between the render and the masonry. However, when necessary, grouting can be carried out using a mixture of Roman cement with water to the required consistency, possibly with the addition of a surfactant. After flushing out the void with water, the grout is introduced. The grouting is capable of stabilising the detached areas. Cleaned and dampened cracks can be also effectively filled and stabilised by a Roman cement-water paste. Differing from synthetic resins, however, it will not glue together loose fragments. In contrast to Portland cement, Roman cements are largely free of sulphates and have a reduced tendency to form carbonate veils.

Repair of damages: the repair mortar should be designed to match the colour and texture of the host material. A range of aggregates must therefore be first tested in terms of sieve fraction, composition and amount. The aggregate to cement ratio can be varied from 1 to 3 parts by volume which would produce mortars of a required strength compatible with the original stucco. Surfaces of a cavity repaired should be painted with a slurry of mortar in water, or a suitable polymer dispersion, to achieve a good adhesion of the repair. The repair should be kept moist for a period of time to assist proper hardening. Due to its high water retention and the capacity to continue hardening at elevated relative humidity, self-desiccation of Roman cement mortars is unlikely to occur.

Surface coatings: Where the stucco was originally coloured to imitate stonework, the colour is to be replaced on a cleaned and repaired surface. The paint treatment should produce a translucent coating of high durability and the colour should be matched to surviving original examples. Unpainted Roman cement façades can be coated with a thin layer of Roman cement wash, if an aesthetic re-integration of stained and eroded surfaces is necessary.

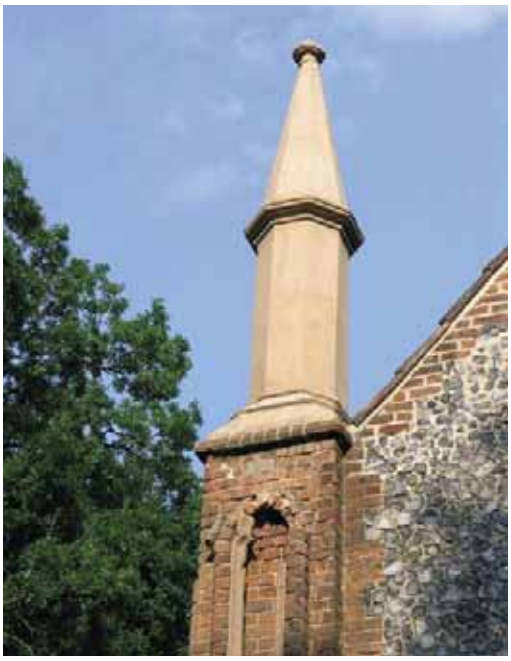
Former Trade Academy, 1904–1906, by Jan Zawiejski. Kapucynska 2–4, Cracow, Poland. A monumental municipal school building decorated principally with Roman cement renders, preserved in the original state under a later paint-layer extensively weathered and delaminated. A full scale restoration of the fragment of the building's façade was financed in 2005 by The Citizen's Committee of the Renovation of Cracow. It was carried out in a close collaboration with the ROCEM team using the materials and techniques re-established as a result of the activities of the project.

←
Budynek po konserwacji.
The building after conservation.

Dawna Akademia Handlowa, ul. Kapucyńska 2-4, Kraków, 1904–1906, Jan Zawiejski. Monumentalny miejski budynek szkolny, dekorowany głównie tynkami romańskimi, zachowanymi w pierwotnym stanie pod późniejszą powłoką bardzo zniszczonej i łuszczącej się farby. Pełna renowacja fragmentu elewacji została sfinansowana w 2005 przez Społeczny Komitet Odnowy Zabytków Krakowa. Została przeprowadzona w ścisłej współpracy z zespołem realizującym projekt ROCEM przy użyciu materiałów i technik odtworzonych w wyniku prac projektu.

Fragment elewacji po konserwacji – element odlewany pokryty powłoką cementu romańskiego.
A fragment of the façade after conservation – the cast element coated with Roman cement wash.

Dolna część elewacji po konserwacji – cementy romańskie i portlandzkie zostały skontrastowane przez architekta w celu imitacji różnych rodzajów kamienia.
Base of the façade after conservation – Roman and Portland cements renders were contrasted by the architect to imitate different varieties of stone.



↑

Kościół parafialny w Hainford, Norfolk, Anglia, 1838–1840, John Brown. Brązowy kolor wczesnych angielskich cementów romańskich nie był lubiany, stąd w Anglii powszechnie upodobniano wyprawy romańskie do cenionych jasnych odmian kamienia, szczególnie wapieni z Bath. Istnieją jednoznaczne i dobrze udokumentowane informacje, że wyprawy te były pokrywane pobiałami wapiennymi, cementowo-wapiennymi lub później farbami olejnymi. Pobiały wapienne lub czasem „gorące" pobiały wapienne były często nakładane na świeży cement romański w procesie określanym jako „fresco". Pokryte pobiałą powierzchnie były często różnicowane kolorystycznie, aby uzyskać efekt estetyczny różnych odmian kamieni naturalnych.

Sterczyny kościoła w Hainford są dobrym przykładem wypraw imitujących kamień. Pierwotnie nałożono jasną warstwę tynku na bardziej typową, ciemnobrązową warstwę podkładową. W czasie konserwacji w 2004 kolor zapraw naprawczych został dostosowany do koloru tej warstwy wierzchniej, po czym nałożono warstwę pobiały ochronnej.

Hainford Parish Church, 1838 – 1840, by John Brown. Hainford, Norfolk, England. The brown colour of the early English Roman cements was not appreciated, and there was a very strong tendency of making the English stuccoes in imitation of valued light building stones, specially of Bath limestone. There is clear and well documented evidence that they were coloured by limewashes, lime-cement washes and later by oil paints. Limewashes, sometimes 'hot' limewashes were often applied onto fresh Roman cement in a process referred to as 'Fresco'. The limewashed surfaces were then often stained to match the variations common in natural stones.

The pinnacles of the Hainford church represent a good example of 'stuccoes in imitation of stone'. A lighter coat of stucco was originally applied on top of the more typical dark brown coating. During the conservation of 2004 the mortar repairs were coloured matched to this top coat and then shelter coated.

↓

Kedleston Hall, Derby, Derbyshire, Anglia, 1759–1765, James Paine i Robert Adams. Przykład imitacji piaskowca powłoką barwną nałożoną na odnowioną warstwę tynku. To rozwiązanie konserwatorskie zostało oparte na informacji źródłowej, że tynk tak został wykonany pierwotnie.

Kedleston Hall, 1759 – 1765, by James Paine and Robert Adams. Derby, Derbyshire, England. An example of imitation of sandstone, in paint, on the surface of the repaired stucco. The restoration concept was based on a historical written evidence that this was carried out originally.

PODSUMOWANIE / CONCLUSION

Głównym osiągnięciem projektu ROCEM jest przywrócenie stosowania cementu romańskiego w praktyce konserwatorskiej. Z powszechną dostępnością cementów romańskich rodzina historycznych spoiw hydraulicznych, potrzebna do właściwej konserwacji zabytków architektury XIX i XX wieku, stanie się kompletna, nie trzeba będzie posiłkować się substytutami, jak dotychczas. Mamy nadzieję, że będzie narastało przeświadczenie o konieczności stosowania zapraw i powłok opartych na cementach romańskich do konserwacji zabytkowych budowli z tego okresu nie z powodu wymagań narzuconych przez władze konserwatorskie, ale na podstawie ich unikatowych zalet:

- Cementy romańskie są autentycznymi materiałami historycznymi, opartymi na historycznej technologii, zgodnymi z pierwotnymi sztukateriami elewacyjnymi.

- Cementy romańskie rozszerzają gamę naturalnych spoiw historycznych o zmiennej hydrauliczności dostępnych w praktyce konserwatorskiej – wapno > wapno hydrauliczne > cement naturalny

- W sposób optymalny zbliżają się do kolorów i faktury zabytkowych materiałów pierwotnych.

- Są spoiwami uniwersalnymi, pozwalającymi konserwatorom na wytwarzanie różnorodnych elementów dekoracyjnych na elewacjach budynków: od odlewów detali architektonicznych do tynków prostych.

- Są materiałami czystymi, wolnymi od soli.

- Mogą być nakładane w grubych warstwach ze względu na niewielki skurcz.

- Zaprawy romańskie łączą wysoką wytrzymałość z wysoką porowatością, co zapewnia dobry transport wody i pary wodnej.

- Zabytkowe wyprawy romańskie są bardzo trwałe w szerokim zakresie proporcji cementu do kruszywa.

Zespół realizujący projekt ROCEM ma nadzieję, że zawarte w tej broszurze informacje pomogą konserwatorom praktykom w planowaniu i realizacji renowacji historycznych sztukaterii romańskich efektywnie, ekonomicznie i w zgodzie z nowymi wysokimi standardami.

The principal achievement of the ROCEM project is re-establishing use of Roman cement in the conservation practice. With the ready availability of Roman cements the family of historic hydraulic binders, necessary for the appropriate conservation of the built heritage of the nineteenth and twentieth centuries, is now complete; we no longer need to turn to substitutes for help. We hope for a growing acceptance that Roman cement based mortars and washes must be used in the restoration of historic buildings of the period not just as a requirement imposed by conservation authorities but on the grounds of performance:

- They are an authentic historic material and technology compatible with the original stuccoes.

- Roman cements extend the range of natural historic binders of varying hydraulicity available for the conservation practice – lime > hydraulic lime > natural cement.

- They are optimally matching the colours and textures of the historic host materials.

- They are universal binders enabling restorers to produce a range of decorative elements on the facades of buildings from architectural castings to plain renders.

- They are pure salt-free material.

- They can be applied in thick layers due to low shrinkage.

- The Roman cement mortars combine high strength with high porosity which assures good transport of water and water vapour.

- The historic Roman cement stuccoes and renders of a wide range of cement/aggregate ratio exhibit excellent durability.

The ROCEM project team hopes that this Advisory Note will help conservation practitioners to plan and carry out the restoration of historic Roman cement stuccoes efficiently, economically and to new high standards.

WYBRANA BIBLIOGRAFIA / SELECTED BIBLIOGRAPHY

ASHURST, J. (2002), Mortars, Plasters and Renders in Conservation, 2nd edition. Ecclesiastical Architect's and Surveyors' Association.

BOHNAGEN, A. (1914), Der Stukkateur und Gipser, Leipzig, Reprinted Verlag Leipzig, Holzmunden.

ECKEL, E. C. (1905), Cements, Limes and Plasters. 1st edition. John Wiley & Sons Inc. New York.

FRANCIS, A. J. (1977), The Cement Industry 1794-1914: A History. Davis & Charles, London.

ISSEL, H. (1902), Illustriertes Lexikon der Baustoffe, Verlag von Theod.Thomas Leipzig, Reprinted Verlag Leipzig, Holzmunden.

KOCH, E. (1838), Gesammelte Erfahrungen über die Verarbeitung und die verschiedenen Anwendungen des Cements, Kassel und Leipzig.

KÜHL, H., KNOTHE, W. (1915), Die Chemie der hydraulischen Bindemittel – Wesen und Herstellung der Hydraulischen Bindemittel, Verlag von S. Hirzel, Leipzig.

KÜHNE, J.F. (1877), Kalk-, Zement, Gyps- und Ziegelfabrikation vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus bearbeitet; Braunschweig.

PARKER, J. (1796), A certain Cement or Terras to be used in Aquatic and other Buildings, and Stucco Work, British Patent 2120, dated 27 July 1796 to James Parker of Northfleet.

PASLEY, C. W. (1830), Observations, deduced from experiment, upon the natural water cements of England, and on the artificial cements, that may be used as substitutes for them. Printed by authority, at the Establishment for Field Instruction.

Przepisy dotyczące jednolitej dostawy i badania romancementu (wapna cementowego), Czasopismo Towarzystwa Technicznego Krakowskiego, 1890, Nr 12, 101-104 oraz Nr 13, 109-111.

Putzfassaden in Europa um 1900: Studien zur Technologie und Restaurierung, EU-Rendec, Bundesdenkmalamt, Arbeitshefte zur Baudenkmalpflege, Kartause Mauerbach, Verein Förderung der Baudenkmalpflege, Mauerbach, 1999.

ROYER, Amandine (2004), Le ciment romain, Ecole de Louvre, Memoire de muséologie, module 'Examen scientifique des oevres, Conservation, Restauration'.

SCHOCH, C. (1896), Die moderne Aufbereitung der Mörtel-Materialien, Verlag der Thonindustrie-Zeitung, Berlin.

SCHOCH, C. (1904), Die moderne Aufbereitung der Mörtel-Materialien, 2. Aufl., Verlag der Thonindustrie-Zeitung, Berlin.

SCHOCH, K. (1928), Die Mörtelbindestoffe Zement Kalk Gips, 4. Aufl., Verlag der Tonindustrie-Zeitung, Berlin.

SMEATON, J. (1791), A Narrative of the Building and a Description of the Construction of the Edystone Lighthouse. London.

STARK J., WICHT, B. (1995), Aus der Geschichte des Zementes – Parkers Patent zur Herstellung von Romanzement vor 200 Jahren, Wissenschaftliche Zeitschrift – Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar Universität, 41 (6/7), pp. 3-6.

TARNAWSKI, A. (1887), Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Österreich-Ungarn, Selbstverlag, Wien.

TETMAJER, L. (1893), Methoden und Resultate der Prüfung der Hydraulischen Bindemittel. Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum Zürich, 6. Heft, Selbst-Verlag der eidgen. Festigkeits-Anstalt; Zürich.

Roman Cement, Artificial Terras, and Stucco in: Thurston, A. P., 'Parker's Roman Cement', Transactions of the Newcomen Society, vol. 19, 1938-1939, London, 1940, p.194.

VICAT, L. J. (1828), Résumé des connaissances positives actuelles sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres □ la fabrication des mortiers et ciments calcaires, Paris.

VICAT, L. J. (1837), A practical and scientific treatise on calcareous mortars and cements, artifical and natural, translated by Captain J. T. Smith, published by John Weale, London, 1837. Reprinted in Fascimile by Donhead publications Ltd 1997.