

AUTOREFERAT

dr inż. Waław Brachaczek

Instytut Budownictwa
Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska
Akademia Techniczno-Humanistyczna
w Bielsku - Białej

1. Imię i nazwisko

Wacław Brachaczek

2. Wykształcenie i stopnie naukowe

13 XII 2001	doktor nauk technicznych Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej w Łodzi „Wpływ oddziaływania cieplnego na odkształcenie nawierzchni asfaltowych” (promotor: prof. dr hab. inż. M. Woźniak)
27 VI 1989	magister inżynier Instytut Energochemii Węgla i Fizykochemii w Sorbentowie „Określenie podatności na aktywację fizykochemiczną półkoku z węgla brunatnego” (promotor: doc. dr hab. inż. Z. Dębowski)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1990–1991	Główny Instytut Górnictwa w Katowicach: pracownik naukowo-techniczny
1991–1992	Politechnika Łódzka Filia w Bielsku-Białej: pracownik naukowo-techniczny
1992–1995	Politechnika Łódzka Filia w Bielsku-Białej: asystent
2008–2013	Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach: pracownik naukowo-dydaktyczny
od 2011 do chwili obecnej	Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Instytut Budownictwa: adiunkt

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Kształtowanie właściwości współczesnych tynków renowacyjnych.

b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa

Wacław Brachaczek, *Kształtowanie właściwości współczesnych tynków renowacyjnych*, Kraków 2018, Polska Akademia Nauk – Oddział w Krakowie, Polskie Towarzystwo Ceramiczne, ISSN 0860-3340, ISBN 978-83-65955-15-9.

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Motywacją do podjęcia badań nad wpływem czynników oddziałujących na właściwości fizyczne tynków renowacyjnych były liczne dyskusje i kontrowersje wokół stosowania tych tynków do odnawiania zawilgoconych i zasolonych murów. Tynki renowacyjne mają porowatą mikrostrukturę i powinny być odporne na oddziaływanie wilgoci oraz soli w niej zawartej [1, 2]. W renowacji budynków stosuje się je już od kilkudziesięciu lat. Mimo iż w wielu przypadkach korzyści wynikające z ich używania są oczywiste, pojawiły się również głosy krytyczne – najczęściej na temat stosowania ich do odnawiania obiektów zabytkowych, które na ogół mają dużą wartość historyczną i kulturową. Zastrzeżenia dotyczyły zarówno właściwości fizycznych tynków, jak i ich walorów estetycznych. Można napotkać opinie, że tynki niekorzystnie wpłynęły na trwałość murów, które wykazywały skłonność do zatrzymywania wody, co podczas zimy skutkowało odspajaniem tynków. W niektórych państwach europejskich władze sprawujące pieczę nad ochroną dziedzictwa kulturowego zaczęły wręcz protestować przeciwko korzystaniu z tynków renowacyjnych do ochrony obiektów zabytkowych [1–4]. W konsekwencji konserwatorzy zabytków coraz częściej powstrzymywali się od używania tynków renowacyjnych do odnawiania zabytkowych budynków, wybierali natomiast tynki wapienne pozbawione domieszek zwiększających porowatość. W Polsce główne trudności, które napotykają wykonawcy stosujący te materiały, związane są z pojawianiem się rys przy wysychaniu, odspajaniem się tynków bezpośrednio po nałożeniu i w trakcie użytkowania, pojawianiem się wykwitów soli, niską kohezją tynków oraz trudnościami z nakładaniem i obróbką; brak tych trudności stanowi dla wykonawcy istotne kryterium wyboru materiału [6].

Również mechanizmy towarzyszące osuszaniu i odsalaniu się murów są tematem ciągłych dyskusji. Mimo iż w dostępnej literaturze zagadnienia wpływu soli i wilgoci na trwałość materiałów budowlanych są już dość dobrze opisane, brakuje wiedzy na temat związku tych mechanizmów z właściwościami, jakie tynki renowacyjne powinny mieć, aby zmniejszać wilgotność murów jak najskuteczniej, a przy tym nie zużywać się zbyt szybko [1, 3, 4, 9]. Brak też dobrze przetestowanych w laboratorium i w warunkach rzeczywistych skutecznych procedur oraz metod osuszania i odsalania murów obiektów o wartości historycznej.

Wymagania dotyczące właściwości tynków renowacyjnych zawarte są w instrukcji WTA nr 2-9-04 Sanierputzsysteme [10], opracowanej przez grupę roboczą niemieckiej Naukowo-Technicznej Organizacji do spraw Ochrony i Renowacji Zabytków, oraz w normie PN-EN 998-1:2004 [11]. Wymagania te są ogólne i niespójne. Norma PN-EN 998-1:2004, która jest

obligatoryjna, odnosi się tylko do tynków renowacyjnych o właściwościach hydrofobowych, ze względu na ich cechy i sposób stosowania. Szerzej wymagania dla tynków renowacyjnych ujęte są w instrukcji WTA [10] – odnoszą się one do wszystkich komponentów systemu tynków i uwzględniają takie właściwości, jak: porowatość, współczynnik oporu dyfuzyjnego, nasiąkliwość powierzchniową, soloodporność, mrozoodporność, hydrofobowość w przypadku tynków hydrofobowych, wytrzymałość na ściskanie R_c , wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu R_f oraz współczynnik kruchości. Ten ostatni, zgodnie z instrukcją WTA, określa się stosunkiem wytrzymałości na ściskanie R_c do wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu R_f (R_c/R_f) [10, 12]. Choć wymagania instrukcji WTA są bardziej szczegółowe niż wymagania normy, nie wystarczają one do przeprowadzenia skutecznej renowacji – świadczy o tym pojawianie się licznych reklamacji po zastosowaniu tynków renowacyjnych spełniających standardy wymienionych dokumentów. Reklamacje te mogą wynikać z tego, że tynki nie mają uniwersalnych właściwości. Żadne z wymagań, przewidzianych czy to przez normę, czy to przez instrukcję, nie odnosi się do interakcji tynków z różnymi podłożami. Wymagania nie uwzględniają ponadto wpływu mikrostruktury tynków na wysychanie murów. Nie określają też, jak powinna być ukształtowana mikrostruktura tynków, aby nie ulegały one zniszczeniu wskutek krystalizacji soli lub nie zatrzymywały wody w murach. W efekcie wiele rodzajów tynków spełniających wymagania wymienionych dokumentów nie nadaje się na materiały do renowacji, a niektóre wręcz szkodzą murom.

Celem rozprawy habilitacyjnej *Kształtowanie właściwości współczesnych tynków renowacyjnych* jest przedstawienie wyników wieloletnich badań habilitanta dotyczących funkcjonowania tynków renowacyjnych. Sporządzenie opisu prawidłowej „wzorcowej” mikrostruktury tynków renowacyjnych, które będą wspomagały wysychanie murów. Omówienie wpływu czynników materiałowych na właściwości fizyczne tynków renowacyjnych.

Wyniki badań własnych nad tymi zagadnieniami przedstawiłem w monografii i artykułach opublikowanych w czasopiśmie indeksowanych w bazach Journal Citation Reports oraz Scopus (zob. zał. 4, I B), a także na licznych konferencjach naukowych (zob. zał. 4, II L). Wskazują one, że skuteczność tynków renowacyjnych w odsalaniu i osuszaniu zależy od ich mikrostruktury i sorpcyjności wody. Ze względu na duże zróżnicowanie właściwości murów budynków zabytkowych, które poddaje się renowacji, jeden rodzaj tynków renowacyjnych może nie wystarczyć. Istnieje prawdopodobieństwo, że nawet przy nieznacznym zasoleniu i zawilgoceniu stosowanie wyłącznie tynków renowacyjnych hydrofobowych zaszkodzi murom. Należy więc używać kilku warstw tynków, z których pierwsza powinna być wykonana z tynku podkładowego o dużej sorpcji wody i mikrostrukturze dopasowanej do właściwości murów, druga zaś – z tynku hydrofobowego o możliwie niskim oporze dyfuzyjnym względem pary wodnej.

Wpływ mikrostruktury tynków renowacyjnych na wysychanie murów potwierdzają wyniki badań eksperymentalnych przedstawionych w publikacji 2 (zob. zał. 4, I B) i monografii. Korzystając podczas badań z autorskich receptur tynków renowacyjnych, wykazałem, że murki testowe wykonane z piaskowca, cegieł silikatowych, cegieł ceramicznych gotyckich i kadyńskich, pokryte tynkami o porowatości całkowitej poniżej 40% i monomodalnym rozkładzie wielkości

porów, a także murki pokryte tynkami hydrofobowymi wysychały wolniej od murków nieotynkowanych. Zatrzymywanie wody w murach wiąże się z mikrostrukturą tynków. Tynki, w których około 90% całkowitej objętości porów stanowiły te o średnicy poniżej 10 μm , mają skłonność do zatrzymywania wody w murach, co w okresie zimowym może skutkować nadmiernym niszczeniem się i odpajaniem warstwy tynku. Murki pokryte tynkami o porowatości 52,1%, w których rozkład wielkości porów był polimodalny, wysychały szybciej od murków nieotynkowanych. Wpływ mikrostruktury tynków na wysychanie murów ma szczególne znaczenie w niższych temperaturach, jesienią bądź wiosną. W temperaturze 20°C mury pokryte takimi tynkami wysychają głównie wskutek przepływu wilgoci w kierunku powierzchni zewnętrznej za sprawą oddziaływania sił kapilarnych. Do odparowania dochodzi na powierzchni zewnętrznej tynków. W 45°C całkowity czas wysychania zależy od transportu wilgoci w toku dyfuzji pary wodnej.

Kształtując odpowiednio mikrostrukturę porów oraz właściwości sorpcyjne tynków renowacyjnych, można przyspieszać osuszanie murów. Kierowanie się kryterium całkowitej porowatości tynku renowacyjnego podczas decydowania o jego zastosowaniu do renowacji zawilgoconych murów może okazać się niewystarczające, a niekiedy zaszkodzić murom. Dobór tynków o nieodpowiednich właściwościach sorpcyjnych i mikrostrukturze sprawi, że ściany nie będą wysychały, a nałożone tynki przyczynią się do zatrzymywania w nich wody.

W publikacjach 1 i 9 (zob. zał. 4, I B) oraz wystąpieniach konferencyjnych 2, 6, 8 (zob. zał. 4, II L) poruszyłem problem wpływu soli na trwałość murów i tynków renowacyjnych. Ustaliłem, że zabiegi renowacyjne polegające jedynie na odtworzeniu barier przeciwwilgociowych oraz osuszaniu (dmuchawami, grzejnikami, promieniowaniem mikrofalowym itp.) nie zahamują degradacji murów. Oddziaływanie soli sprawi, że procesy degradacyjne w murach będą przebiegały dalej, nawet przy pozornie niskiej wilgotności. Mury będą niszczyć, dopóki nie stworzy się warunków do krystalizacji soli poza ich objętością. Sposobem na skuteczną renowację zawilgoconych i zasolonych murów jest użycie tynków renowacyjnych, których mikrostruktura będzie dobrana tak, aby wilgoć wraz z rozpuszczonymi w niej solami była wysysana z murów do tynków. Bezpośrednie zastosowanie na takie mury tynków hydrofobowych spowoduje bowiem, że sole będą się krystalizowały w wąskiej przestrzeni przy granicy podłoża i tynku. Sytuacja taka może doprowadzić do sukcesywnego zapychania porów tynku, przez co opór dyfuzyjny się zwiększy.

Aby ocenić związek pomiędzy mikrostrukturą tynków a odpornością na niszczące oddziaływanie soli, wykonałem tynki różniące się porowatością i rozkładem wielkości porów, które następnie poddałem oddziaływaniu soli. Do pomiaru odporności tynków na wietrzenie solne zastosowałem metodykę z normy ASTM Standard C88 – 71a z małymi zmianami temperatur, wymiarów próbki, stężenia soli i czasu ekspozycji w każdym cyklu. Sole wybrałem na podstawie danych historycznych, opierając się na ekspertyzach, które przeprowadziłem na zasolonych murach obiektów historycznych (zestawienie ważniejszych ekspertyz zamieściłem w punkcie IIIM załącznika 4). Próbki tynków nasączałem roztworami NaCl o stężeniu 25,9%, Na₂SO₄ – 18,3%, NaNO₃ – 45%. Wyniki badań potwierdziły, że zdolność tynków do wyługowania soli z murów wraz

z zawartą w nich wilgocią zależy od mikrostruktury i porowatości tynków renowacyjnych. Określiłem wpływ mikrostruktury tynków na ich trwałość wskutek oddziaływania soli. Tynki o monomodalnym rozkładzie porów okazały się nieodporne na to oddziaływanie – szczególnie na wnikanie siarczanu i azotanu sodu. Za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego Joel wyposażonego w spektrometr dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego EDS badałem preferencyjną lokalizację soli w tynkach różniących się mikrostrukturą. Wykazałem, że trwałość tynków renowacyjnych w większym stopniu wynika z rozkładu wielkości porów niż z porowatości całkowitej P_c . Pod wpływem roztworów zawierających sole azotanowe i siarczanowe tynki o monomodalnym rozkładzie wielkości porów, których średnice nie przekraczały 10 μm , niszczyły się bardziej niż tynki o polimodalnym rozkładzie wielkości porów. Z kolei tynki o średnicach porów od 0,1 μm do kilkuset mikrometrów, w których objętość porów o średnicy poniżej 0,01 μm nie przekraczała 1%, wykazywały dużą odporność na oddziaływanie soli. W tych tynkach krystalizacja następowała najpierw w porach o większej średnicy, a dopiero po ich całkowitym wypełnieniu sole wykryły się w porach o mniejszej średnicy.

W badaniach dążyłem także do stworzenia modelowej struktury tynków renowacyjnych, które będą wspomagały wysychanie murów i będą odporne na oddziaływanie soli. Tynki o wzorcowej mikrostrukturze umożliwiają magazynowanie soli w porach w taki sposób, aby wykrywane sole nie obniżały ich trwałości i nie prowadziły do powstawania pęknięć lub odspojeń. Ustaliłem, że do renowacji zawilgoconych murów trzeba używać dwóch rodzajów tynków renowacyjnych. Jako pierwszą warstwę należy stosować tynki hydrofilowe, o mikrostrukturze, w której obok porów aktywnych kapilarnie o średnicy 0,1–70 μm znajdują się pory o średnicy powyżej 100 μm , tak aby możliwy był transport wilgoci w toku dyfuzji pary wodnej. Drugą warstwę tynku powinny stanowić tynki renowacyjne hydrofobowe o niskim oporze dyfuzyjnym względem pary wodnej. Taki układ warstw będzie zapobiegał przedostawaniu się wody z zewnątrz. Istotnym aspektem wyboru tynków do renowacji zawilgoconych murów jest również analiza wielkości porów podłoża. Tynki stanowiące pierwszą warstwę, które będą osuszać mur, powinno się dobierać tak, aby zapewnić gradient ciśnienia wywołany oddziaływaniem kapilarnym tynku na podłoże. Dlatego ważna przy doborze tynków renowacyjnych jest znajomość mikrostruktury murów i stopnia ich zasolenia – umożliwi ona dopasowanie mikrostruktury tynku renowacyjnego.

W badaniach własnych nie ograniczałem się do ustalenia, jakie związki fizyczne powstają przy stosowaniu tynków renowacyjnych. Moim kolejnym dążeniem było ustalenie wpływu czynników materiałowych na kształtowanie się właściwości tynków renowacyjnych o pożądanej mikrostrukturze i właściwościach. Również ta kwestia nie została szeroko omówiona w dostępnej literaturze. Brakuje wiedzy na temat wpływu składników tynków renowacyjnych na ich właściwości użytkowe. Zagadnieniu temu poświęciłem rozdziały 6, 7 i 8 monografii oraz publikacje w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports: 3–8 (zob. zał. 4, I B), w publikacjach: 2, 3, 13, 15, 22, 23 (zob. zał. 4, II E), a także liczne wystąpienia na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych (zob. zał. 4, II L).

Do programowania badań wykorzystałem wiedzę merytoryczną i doświadczenie praktyczne w planowaniu eksperymentów, które zdobyłem w trakcie licznych projektów badawczo-rozwojowych (zob. zał. 4, II B). Umożliwiło mi to zrealizowanie szeroko zakrojonego programu badań oraz zastosowanie metod i narzędzi statystycznych do analizy wyników i wnioskowania.

W pracy 3 (zob. zał. 4, I B) przedstawiłem wyniki badań nad wpływem czynników materiałowych na napowietrzenie świeżej zaprawy L [%] oraz powiązaną z tą właściwością porowatość całkowitą stwardniałych tynków P_c [%]. Do opracowania programu badań posłużyłem się ortogonalnym planem doświadczenia zaproponowanym przez Gen'ichiego Taguchi. Istotnym elementem jego metody jest system stabilizowanych planów doświadczeń, które umożliwiają obliczenie maksymalnej liczby nieobciążonych (ortogonalnych) efektów głównych przy minimalnej liczbie kombinacji. Metoda ta ma wiele zalet z punktu widzenia statystyki, w szczególności – pominięcie w modelu pewnych członów nie powoduje konieczności przeliczania oszacowań pozostałych jego parametrów, o ile pomiary wykonywano zgodnie z planem ortogonalnym dla tego modelu.

Dzięki analizie uzyskanych wyników ustaliłem, że największy wpływ na zawartość powietrza w świeżej zaprawie miała ilość cementu i domieszki napowietrzającej. W przypadku porowatości P_c [%] decydujący wpływ wywierała zmiana ilości domieszki napowietrzającej. Kolejnymi czynnikami były zawartość perlitu i cementu. Aproksymując wyniki wielomianem liniowo-kwadratowym, ustaliłem, że w badanym zakresie ilości cementu zmiany ilości domieszki napowietrzającej na bazie α -(C14-16)-olefinosulfonianu sodowego wpływają na zawartość powietrza L [%] ze zróżnicowanym natężeniem. Największy wzrost zawartości powietrza w zaprawie występuje przy zmianie udziału domieszki z 0,01% M na 0,06% M. Po przekroczeniu tej ilości wzrost jej udziału w zaprawie powoduje poprawę napowietrzenia z coraz mniejszym natężeniem. W przypadku wpływu domieszki napowietrzającej na porowatość całkowitą P_c [%] w badanym zakresie ilości cementu stwierdziłem, że przebieg zmian wzrostu porowatości zależy od ilości cementu w recepturze. Przy udziale cementu 10% masowych w odniesieniu do suchych składników (10% M) i ilości domieszki napowietrzającej 0,08% M porowatość tynku jest wyższa niż przy takiej samej ilości domieszki napowietrzającej i udziale cementu na poziomie 24% M. Stwierdziłem, że te same składniki tynków wpływają inaczej na zawartość powietrza, a inaczej na porowatość, aczkolwiek tendencja zmian porowatości i zawartości cementu w zależności od zmian udziałów analizowanych składników jest podobna. Perlit wpływa istotnie na porowatość tynków, nie stwierdziłem zaś jego wpływu na zawartość powietrza. Wykazałem, że porowatość 48% można uzyskać, zmieniając zarówno ilość domieszki napowietrzającej, jak i perlitu. Nie zaobserwowałem natomiast wyraźnego synergicznego oddziaływania obu składników na porowatość całkowitą P_c .

Na podstawie badań porozymetrycznych ustaliłem, że tynki o tej samej porowatości całkowitej uzyskanej z zastosowaniem perlitu czy domieszek napowietrzających znacznie różnią się mikrostrukturą. Wraz ze zmianą udziału perlitu i domieszki napowietrzającej w składzie tynku renowacyjnego zmienia się relacja między objętością porów o różnych

średnicach. Na porowatość tynków mogą wpływać też ilość i właściwości samych domieszek, z których najważniejsze to: skład chemiczny, koncentracja substancji aktywnych, masa cząsteczkowa oraz budowa strukturalna polimerów zawartych w domieszkach itp. Pokazałem, jak w wyniku kombinacji różnych domieszek napowietrzających oraz perlitu można kształtować mikrostrukturę, w której występują pory o polimodalnym rozkładzie wielkości i szerokim zakresie średnic, od porów kapilarnie aktywnych po pory powietrzne.

W artykule 4 (zob. zał. 4, I B) poruszyłem zagadnienie kompatybilności składników tynków. W szczególności przy projektowaniu tynków renowacyjnych hydrofobowych trudne może się okazać zachowanie właściwego stopnia napowietrzenia i porowatości ze względu na niekompatybilność domieszek napowietrzających z domieszkami hydrofobizującymi. W przypadku domieszek na bazie polidimetylosiloksanów z niewielkim udziałem podstawników etylowych na nośniku nieorganicznym oraz związku trimetoksy(alkilo)silanu spadek porowatości zaobserwowałem już przy nieznacznym ich udziale w mieszance – 0,2% M. Najmniejszy wpływ na redukcję porowatości wywierała domieszka hydrofobizująca otrzymana na bazie polidimetylosiloksanów z niewielkim udziałem podstawników oktylowych.

W monografii omówiłem niepublikowane wcześniej badania nad wpływem pozostałych składników tynków renowacyjnych, jak pochodne celulozy różniące się składem chemicznym i sposobem modyfikacji czy dodatki polimerowe, na ich porowatość. W trakcie badań używałem najnowszych dodatków i domieszek dostarczonych przez koncerny chemiczne – część tych produktów w czasie pisania monografii znajdowała się na etapie wdrożenia.

Ważnym zagadnieniem moich dalszych badań było określenie wpływu czynników materiałowych na takie właściwości, jak: skurcz, wytrzymałość, elastyczność, przyczepność, które decydują o spójności i przyczepności tynków do podłoża. W monografii (zob. zał. 4, I A) oraz artykułach 2, 3, (zob. zał. 4, II E) przedstawiłem badania wpływu pochodnych celulozy, modyfikatorów polimerowych i domieszek napowietrzających na skurcz. Do analizy wyników posłużył mi pakiet STATISTICA. Wykazałem, że zastosowanie domieszek celulozowych jest jednym ze skutecznych sposobów zmniejszenia skurczu tynków renowacyjnych, przy czym zdolność ta wzrasta wraz z udziałem grup metoksyloowych w cząsteczce celulozy. Na skurcz wpływa również dodatek modyfikatorów polimerowych. W takiej jednak sytuacji ograniczenie skurczu związane jest z wpływem tych dodatków na zmianę konsystencji świeżej zaprawy, a tym samym ze zmniejszeniem ilości wody zarobowej w składzie tynku po doprowadzeniu go do pożądanej konsystencji. Dodatki polimerowe w ilości 2% M w składach tynków, takie jak poli(octan winylu-co-etylenu) (EVA), poli(octan winylu-co-estru kwasu wersenowego) (VA/VeoVa), terpolimer poli(octan winylu-co-estru kwasu wersenowego-co-akrylu) (VA/VeoVa/AC) i polimer akrylowy (AC), zmniejszyły skurcz tynków renowacyjnych w porównaniu do próbki kontrolnej odpowiednio o: 16%, 14%, 18% i 11%. Skurcz zapraw modyfikowanych kauczukiem akrylonitrylowo-butadienowym (NBR) w postaci dyspersji był o 11% większy niż w próbce kontrolnej. Podobnie do zmniejszenia skurczu przyczyniały się domieszki napowietrzające. Także zwiększenie ich ilości powoduje upłynnienie zaprawy, przez co możliwe jest ograniczenie ilości wody zarobowej w recepturze i zmniejszenie skurczu.

W rozdziałach 7.3. i 7.4. monografii oraz publikacji 2 (zob. zał. 4, II E) przedstawiłem wyniki badań nad wpływem czynników materiałowych na przyczepność tynków renowacyjnych do podłoża. Zwłaszcza badania nad przyczepnością tynków renowacyjnych mają duże znaczenie praktyczne. Zawarte w normach wymagania dotyczące przyczepności określone są głównie dla zapraw naprawczych do betonu oraz klejów do płytek i glazury. W przypadku tynków renowacyjnych za wystarczającą przyjmuje się przyczepność większą bądź równą wytrzymałości podłoża na rozciąganie. Na podstawie własnej praktyki technologicznej ustaliłem, że przyczepność ta nie powinna być mniejsza niż 0,5 MPa, najlepsza jest natomiast 0,8 MPa. Składniki porotwórcze wchodzące w skład tynków renowacyjnych niekorzystnie wpływają na przyczepność tynków renowacyjnych do podłoża. W wyniku badań eksperymentalnych udowodniłem, że przyczepność można zwiększyć, stosując modyfikatory polimerowe i etery celulozy. Już dodanie 1% kopolimeru styrenowo-akrylowego do składu tynku zwiększa przyczepność o ponad 20%. Podobnie poprawiają przyczepność etery celulozy. Wzrost przyczepności można powiązać ze zdolnością eterów celulozy do wiązania wody. Najbardziej powodują ten wzrost pochodne celulozy zawierające większe ilości grup metoksylowych ($-OCH_3$) na bazie hydroksyetylometylocelulozy (HEMC) oraz hydroksypropylometylocelulozy (HPMC); zaś o około 30–40% mniej – etery celulozy na bazie metyloetylohydroksyetylocelulozy (MEHEC) zawierające mniej grup metoksylowych. Ustaliłem, że wpływ pochodnych celulozy na zwiększenie przyczepności jest tym większy, im większa jest ich zdolność do wiązania wody w świeżej zaprawie.

Wiedzę o wpływie czynników materiałowych na właściwości tynków renowacyjnych uzupełnia wiedza o kształtowaniu właściwości mechanicznych. Tematowi temu poświęciłem badania zamieszczone w publikacjach 1 (zob. zał. 4, II E) z wykazu publikacji naukowych znajdujących się w bazie Scopus, w artykułach 17, 22, 23 (zob. zał. 4, II E) oraz rozdziale 7.2. monografii. W badaniach skupiałem się na określaniu wpływu domieszek porotwórczych modyfikatorów polimerowych i eterów celulozy na tę właściwość. Wpływ modyfikatorów polimerowych, podczas analizy którego uzyskałem interesujące wyniki, można powiązać ze zdolnością polimerów do zmiany konsystencji świeżych tynków. W większości przypadków modyfikatory polimerowe zwiększają rozptyw. Wzrost wytrzymałości związany był ze zmianą stosunku c/w wskutek doprowadzenia zaprawy do pożądanej konsystencji. Stwierdziłem, że wpływ modyfikatorów polimerowych na wytrzymałość na ściskanie R_c tynków renowacyjnych zależy od składu chemicznego oraz właściwości fizycznych polimerów. Największy rozptyw uzyskałem dla kopolimeru poli(octanu winylu-co-etyleny) (EVA) oraz terpolimeru poli(octanu winylu-co-estru kwasu wersenowego-co-akrylu) (VA/VeoVa/AC); najmniejszy zaś – dla kauczuku akrylonitrylo-butadienowego (NBR). Polimer ten kształtował więc w najmniejszym stopniu wytrzymałość R_c . Obok wytrzymałości na ściskanie dodatek modyfikatorów polimerowych w dużym stopniu oddziałuje na wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu R_f . Wraz ze wzrostem wytrzymałości R_c wzrasta wytrzymałość R_f , przy czym szybkość wzrostu R_f jest większa. Zgodnie z instrukcją WTA [10] ustalenie ilości składników ma sens dopiero wówczas, gdy uwzględniony zostanie ich wpływ na stosunek R_c/R_f . Wprowadzony przez

instrukcję stosunek R_c/R_f jest odwrotnością wskaźnika kruchości. Im mniejsza wartość tego stosunku, tym większa jest elastyczność tynków, a tym samym zdolność do akumulowania energii przed pęknięciem.

W toku licznych ekspertyz stwierdziłem, że tynki renowacyjne są bardzo podatne na pęknięcie. Wynika to z charakteru podłoża, które w budynkach o historycznej wartości może mieć bardzo zróżnicowaną wytrzymałość i chłonność wody (publikacja 27 zał. 4 II E) – dlatego w znacznej części badań koncentrowałem się na wpływie czynników materiałowych na zwiększenie odporności tynków na pęknięcia. Jednym ze sposobów było zastosowanie modyfikatorów polimerowych. Polimery oddziałują na stosunek R_c/R_f z różnym natężeniem, co w dużej mierze wiąże się z innymi składnikami zapraw, np. cementem. W przypadku terpolimeru poli(octan winylu-co-ester kwasu wersenowego-co-akrylu) VA/VeoVa/AC wpływ na obniżenie stosunku R_c/R_f jest większy przy ilości cementu wynoszącej 24% M niż przy 10% M. Stwierdziłem również, że wpływ dodatku polimerowego na R_c/R_f jest nierównomierny. Ilość dodatku tego polimeru nieprzekraczająca 0,6% M praktycznie nie zmieniła tego stosunku.

W publikacjach 5 (zob. zał. 4, I B) i 15 (zob. zał. 4, II E) oraz w rozdziale 8 monografii przedstawiłem nowe podejście do rozwiązania problemu związanego z ograniczeniem skłonności do tworzenia rys tynków renowacyjnych. Wykorzystałem wcześniejsze doświadczenia naukowe zdobyte podczas pracy w Instytucie Włókienniczym Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej przed uzyskaniem tytułu doktora. Moje ówczesne badania nad właściwościami włókien i uzyskane później rezultaty (pozycje 35–37, zał. 4, II E), zachęciły mnie do zastosowania włókien w tynkach renowacyjnych. Ustaliłem, że w tynkach renowacyjnych sposób oddziaływania włókien na ich właściwości mechaniczne zależy z jednej strony od właściwości samych włókien, z drugiej zaś od interakcji pomiędzy matrycą cementową a powierzchnią włókien. Określiłem wpływ parametrów geometrycznych włókien, takich jak ich długość, kształt przekroju poprzecznego, sposób wytwarzania itp., na właściwości mechaniczne tynków renowacyjnych. Na potrzeby badań opracowałem oryginalną metodę laboratoryjną polegającą na wywoływaniu rys pod wpływem pary wodnej opuszczającej zaprawę przy dojrzewaniu w podwyższonej temperaturze. Na podstawie badań mikroskopowych przełomów tynków ustaliłem, że włókna polipropylenowe oraz poliakrylonitrylowe w postaci monofilamentów nie wykazują skłonności do tworzenia kłaczek, dzięki czemu lepiej przylegają do matrycy cementowej i przeciwdziałają powstawaniu rys. Mniej przydatne okazały się włókna polipropylenowe w postaci multifilamentów – wykazywały skłonność do tworzenia kłaczek, przez co gorzej przylegały do matrycy cementowej.

Wpływ włókien na ograniczenie skłonności tynków do tworzenia rys powiązać można ze zmianą stosunku R_c/R_f . Wraz ze wzrostem udziału włókien maleje wartość tego stosunku. Analizując wyniki, stwierdziłem, że w badanym zakresie długości włókien wraz ze wzrostem ich udziału sumaryczna długość rys skurczowych maleje. Badając wpływ długości włókien, ustaliłem, że rysy nie występowały przy długości włókien 8–12 mm dodawanych w ilości 1–1,6 kg/m³.

Odrębnym zagadnieniem, którym zająłem się podczas badań, było kształtowanie

właściwości zapraw sztukatorskich. Mimo iż nie stanowią one integralnego składnika tynków renowacyjnych, stosuje się je do renowacji budynków zabytkowych. W rozdziale 10 monografii oraz publikacji 10 (zob. zał. 4, I B) zamieściłem wyniki badań nad wpływem składników zapraw sztukatorskich na ich właściwości fizyczne. W badaniach skupiłem się na zastosowaniu do wykonania zapraw sztukatorskich nowego cementu glinianowosiarczanowego AliCem oferowanego przez Górażdże Cement SA.

Integralnym składnikiem systemu tynków renowacyjnych są dekoracyjno-ochronne powłoki. Ze względu na zastępczy opór dyfuzyjny i współczynnik nasiąkliwości powierzchniowej minimalne wymagania powłok ochronnych podane są tylko w przywoływanej już instrukcji WTA. Ustaliłem, że odpowiednimi powłokami, nie tylko w aspekcie przywołanej instrukcji, są te wykonane w technologii silikonowej, krzemianowej i polikrzemianowej. W monografii *Analiza wieloczynnikowa parametrów fizycznych w modelowaniu technologicznym tynków renowacyjnych*, wydanej w 2014 w Wydawnictwach Uczelnianych Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (ISBN 978-83-64235-55-9) (zob. zał. 4, II E), oraz publikacjach: 6, 7 (zob. zał. 4, I B), 7, 16, 25, 31 (zob. zał. 4, II E) zebrałem wyniki przeprowadzonych badań nad wpływem składników farb na właściwości utworzonych powłok budowlanych.

W artykule 14 (zob. zał. 4, II E) oraz na konferencjach 20, 21 (zob. zał. 4, II L) przedstawiłem właściwości powłok otrzymywanych w technologii POLIAKTIV (polikrzemianowo-silikonowa). Jako składnik systemu tynków renowacyjnych powłoka ta cechuje się hydrofobowością i niskim oporem dyfuzyjnym. Podstawowym spoiwem jest w niej aktywowana krzemionka koloidalna, która nadaje powłoce mineralny charakter. Właściwość ta ma szczególne znaczenie dla renowacji obiektów zabytkowych. Farba może być również stosowana jako oddzielny materiał budowlany do zabezpieczania elewacji nowo otynkowanych oraz pomalowanych wcześniej farbami na bazie tworzyw sztucznych. Stosowane dotychczas farby mineralne wykonywane były głównie z użyciem potasowego szkła wodnego. Wadą tego rozwiązania była wysoka alkaliczność produktu w formie nieutwardzonej, która ograniczała możliwości jego aplikacji (produkt był żrący, uszkadzał skórę i metal, dawał możliwość kolorowania tylko pigmentami pochodzenia nieorganicznego, a jego efekt dekoracyjny w dużej mierze zależał od warunków utwardzania). Ze względu na wysoką alkaliczność wyrób ten trudno było hydrofobizować i można było nanosić go wyłącznie na podłoża mineralne. Badania koncentrowały się na obniżeniu alkaliczności świeżej farby. Ich innowacyjność polegała na zastosowaniu do wytwarzania farb niskoalkalicznych polikrzemianów. Umożliwiło to wytwarzanie produktu o odczynie obojętnym i charakterze mineralnym. Projekt zakończył się wdrożeniem pozycje 3 i 8 (zob. zał. 4, II B), a technologię produkcji opatentowałem. Była to jedna z pierwszych na świecie technologii otrzymywania farb krzemianowych w systemie POLIAKTIV, na którą uzyskałem patenty UP RP: nr 214638 z dnia 28.08.2013 i nr 214638 z dnia 28.08.2013 pozycja 1 (zob. zał. 4, II C). Obiektami referencyjnymi, na których zastosowano ten materiał, były dziedziniec Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (2009), pałac w Dolsku oraz kościół pw. Narodzenia NMP w Bieniszewie (2017).

Praktycznym efektem mojej działalności naukowej jest zebranie użytecznej wiedzy, którą można zastosować do projektowania tynków renowacyjnych niezatrzymujących wody w murach. Wnioski z dokonanych analiz są znaczące, ponieważ ich wyniki mogą okazać się przydatne przy projektowaniu tynków renowacyjnych o pożądanej mikrostrukturze, spełniających wymagania instrukcji WTA czy normy PN-EN 998-1:2004 [10, 11]. W oparciu o wyniki badań opracowałem kompletny system tynków renowacyjnych. Przewiduje on stosowanie dwóch warstw tynków: porowatego hydrofilowego oraz renowacyjnego hydrofobowego, niezależnie od stopnia zawilgocenia i zasolenia muru. W systemie tym uwzględnia się dwa rodzaje tynków podkładowych: wąsko- i szerokoporowe, stosowane zamiennie, o mikrostrukturze dopasowanej do mikrostruktury i właściwości muru. Tynk wąskoporowy przewidziany jest jako pierwsza warstwa tynkarska dla murów zbudowanych z materiałów zawierających pory, których wielkość w większości nie przekracza 10µm, i o niskim zasoleniu. Mury tego typu są trudne do osuszania i mają tendencję do magazynowania wilgoci. Do renowacji murów o znacznym zasoleniu przewidziany jest tynk podkładowy szerokoporowy o polimodalnym rozkładzie wielkości porów.

Badania przeprowadzone na obiektach w terenie potwierdziły skuteczność omawianego autorskiego rozwiązania. Wyniki opisujące zmiany właściwości murów zachodzące po przeprowadzeniu zabiegów renowacyjnych z użyciem tych tynków zostały przedstawione w publikacji 9 (zob. zał. 4, I B) oraz na konferencjach naukowych (pozycja 2 zob. zał. 4, II L). Mój referat na konferencji Solina 2018 pt. „The impact of renovation plasters on desalting and drying of damp walls” został uznany za wyróżniający się.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowałem wnioski ogólne w zakresie funkcjonowania i trwałości tynków renowacyjnych oraz wpływu składników na kształtowanie ich właściwości fizycznych

W zakresie funkcjonowania i trwałości tynków renowacyjnych ustaliłem, że:

1. Obieranie porowatości całkowitej tynków renowacyjnych za podstawowe kryterium wyboru tynku do renowacji zawilgoconych i zasolonych murów może być niewystarczające, a niekiedy prowadzi do zatrzymywania wody w murach i ich niszczenia. Obok cech makroskopowych, takich jak porowatość, przyczepność do podłoża, wytrzymałość czy odporność na oddziaływanie soli, przy wyborze tynków renowacyjnych decydujące powinny być właściwości mikrostruktury wyrażone ilościowo przez krzywe rozkładu wielkości porów oraz współczynnik sorpcji wody.
2. Renowację zawilgoconych i zasolonych murów powinno się przeprowadzać z zastosowaniem dwóch rodzajów tynków: podkładowego porowatego i renowacyjnego hydrofobowego. Na zawilgocone mury o średnim i wysokim obciążeniu solami należy stosować tynki porowate o szerokim zakresie wielkości porów. Do renowacji murów o niskim obciążeniu solami, które mają wąski zakres wielkości porów, mieszczący się poniżej 10 µm,

rekomendowany jest tynk porowaty o wąskim zakresie wielkości porów i ograniczonej liczbie porów powietrznych.

3. Istotna dla wyboru tynków do renowacji zawilgoconych murów jest analiza sorpcji wody w murze. Mury o niskim współczynniku sorpcji wody A [$\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$] nie powinny być pokrywane tynkami renowacyjnymi hydrofobowymi. Niski współczynnik sorpcji wody tynków spowoduje, że mury będą wysychały wolno, a woda będzie się w nich gromadziła. W takich przypadkach mogą mieć zastosowanie tylko tynki renowacyjne podkładowe, o wysokiej sorpcji wody, w systemie z tynkiem renowacyjnym hydrofobowym jako warstwą zewnętrzną.
4. Odporność tynków renowacyjnych na korozję spowodowaną roztworem soli zależy bardziej od rozkładu wielkości porów niż od porowatości całkowitej. Tynki o zbliżonej porowatości całkowitej, a różniące się rozkładem wielkości porów, wykazują różną podatność na oddziaływanie soli. Niską odporność wykazują tynki o mikrostrukturze składającej się z mikroporów o średnicy $<10 \mu\text{m}$ połączonych z porami o średnicy poniżej $0,01 \mu\text{m}$. Taki układ porów jest niekorzystny przy ekspozycji na wietrzenie solne, szczególnie w przypadku NaNO_3 oraz Na_2SO_4 , i może być skracać trwałość tynków. Tynki o szerokim zakresie wielkości porów, od $0,1 \mu\text{m}$ do kilkuset mikrometrów, w których objętość porów o średnicy poniżej $0,01 \mu\text{m}$ jest niska i nie przekracza 1%, oraz o polimodalnym rozkładzie wykazują dużą odporność na oddziaływanie soli.
5. Tynki o polimodalnym rozkładzie wielkości porów wykazują większą zdolność do magazynowania soli niż tynki o niskiej porowatości. Najkorzystniejszy zakres porowatości w aspekcie zdolności do magazynowania soli mieści się w przedziale 50–55%. Wzrost porowatości otwartej, powyżej 55%, tylko w niewielkim stopniu wpływa na wzrost zdolności do magazynowania soli.

W zakresie wpływu składników na kształtowanie właściwości materiałów do renowacji ustaliłem natomiast, że:

1. Duży wpływ na porowatość tynków renowacyjnych mają kruszywa lekkie oraz domieszki napowietrzające. Odpowiedni dobór tych składników pozwala kształtować mikrostrukturę. Przy doborze składników uwzględnić należy również działanie innych domieszek, gdyż nie wszystkie składniki tynków są kompatybilne; przykładem jest domieszka hydrofobizująca. Dodatek modyfikatorów polimerowych nie wpływa znacząco na zawartość powietrza i porowatość tynków. W przypadku domieszek na bazie eterów celulozy można się spodziewać obniżenia porowatości tynków wraz ze wzrostem udziału domieszki w recepturze.
2. Wraz ze wzrostem ilości cementu w składzie tynku skurcz zwiększa się. Drugim czynnikiem powodującym ten proces jest domieszka celulozowa, a następnie: perlit, domieszka

polimerowa i domieszka napowietrzająca. Etery celulozy ograniczają skurcz. Najniższy skurcz wykazują tynki zawierające domieszki celulozowe o największej aktywności powierzchniowej, na bazie hydroksyetylo- i hydroksypropylocelulozy. Wpływ dodatku modyfikatorów polimerowych na skurcz tynków renowacyjnych zależał od zdolności do upłynniania zapraw. Wyższy skurcz wykazują tynki modyfikowane polimerem polioctanu winylu-co-wersenianu winylu (VA/VeoVa) oraz kauczukiem akrylonitrylo-butadienowym. Domieszki te w mniejszym stopniu zmniejszają rozptył świeżych zapraw. Polimer polioctanu winylu-co-etylenu (EVA), polioctanu winylu-co-wersenianu winylu-co-akrylu (VA/VeoVa/AC) oraz polimer akrylowy (AC) zmniejszają skurcz tynków. Wpływ domieszek napowietrzających na wielkość skurczu zależy od stabilności utworzonych pęcherzyków powietrza w zaprawie. Większą stabilność napowietrzenia uzyskuje się, stosując mieszaninę domieszek napowietrzających. Obniżenie skurczu uzyskano także dzięki użyciu lekkich kruszyw.

3. Wpływ na skłonność tynków renowacyjnych do tworzenia rys skurczowych wywiera stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu. Zaprawy powinny być na tyle elastyczne, aby normalne naprężenia rozciągające σ_x występujące podczas twardnienia tynku nie przekroczyły jego wytrzymałości na rozciąganie R_f [MPa]. Żeby przeciwdziałać powstawaniu rys skurczowych, należy zwiększać wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu. Maleje wówczas stosunek R_c/R_f stwardniałych tynków. Jednym ze sposobów obniżenia stosunku R_c/R_f jest zastosowanie modyfikatorów polimerowych. Udział domieszek na bazie pochodnych celulozy również może wpływać na obniżenie tego stosunku, przy czym największy wpływ obserwuje się przy udziale masowym większym od 0,4% M w stosunku do masy składników suchych.
4. Wprowadzenie włókien do składu tynków renowacyjnych poprawia odporność na tworzenie rys skurczowych. Intensywność oddziaływania włókien zależy od ich właściwości, parametrów geometrycznych i udziału w zaprawie. Najlepsze efekty stwierdzono w przypadku włókien łatwo ulegających rozproszeniu i niewykazujących tendencji do tworzenia aglomeratów. Dla każdego rodzaju włókien istnieje maksymalna ilość, po przekroczeniu której ich korzystny wpływ na ograniczenie tendencji do tworzenia rys skurczowych maleje.
5. Wprowadzenie do zapraw sztukatorskich cementu glinowego i glinianowosiarczanowego AliCem wpływa na skrócenie czasu początku i końca wiązania, zwiększa wytrzymałość na ściskanie R_c i R_f , podnosi przyczepność do podłoża oraz obniża skurcz. Tym samym poprawia właściwości użytkowe tych zapraw.

Opracowana technologia produkcji systemu tynków renowacyjnych została wdrożona do produkcji. Stosując ją, zrealizowano wiele skomplikowanych zabiegów renowacyjnych obiektów zabytkowych. Wykaz wdrożeń i realizacji zamieszczono w pozycji III Q (załącznik 4).

Literatura

1. Lubelli B., van Hees R.P.J., Groot C.W.P.: Investigation on the behaviour of a restoration plaster applied on heavy salt loaded masonry, *Construction and Building Materials* 2006, t. 20, nr 9, s. 691–699.
2. Michoniová D.: Questions about renovation plasters, *Zprávy památkové péče* 2005, nr 65, s. 313–316.
3. Pavliková M., Pavlik Z., Keppert M., Černý R.: Salt transport and storage parameters of renovation plasters and their possible effects on restored buildings' walls, *Construction and Building Materials* 2011, t. 25, nr 3, s. 1205–1212.
4. Vejmelková E., Keppert M., Kerner Z., Rovnaníková P., Černý R.: Mechanical, fracture-mechanical, hydric, thermal, and durability properties of lime–metakaolin plasters for renovation of historical buildings, *Construction and Building Materials* 2012, t. 31, s. 22–28.
5. Van Hees R.P.J., Naldini S., Delgado Rodrigues J.: Plasters and renders for salt laden substrates, *Construction and Building Materials* 2009, t. 23, nr 5, s. 1714–1718.
6. Brachaczek W., Magott C.: Analysis of errors in restoration of salty and damp walls, *International Journal of Civil and Structural Engineering* 2015, nr 3(1), s. 155–159.
7. Lubelli B., van Hees R.P.J., Groot C.J.W.P.: Sodium chloride: crystallization in a "salt transporting" restoration plaster, *Cement and Concrete Research* 2006, t. 36, nr 8, s. 1467–1474.
8. Lubelli B., de Rooij M.R.: NaCl crystallization in restoration plasters, *Construction and Building Materials* 2009, t. 23, nr 5, s. 1736–1742.
9. Wijffels T.J., Groot C.J.W.P., van Hees R.P.J.: Performance of restoration plasters, 11th International Brick/Block Masonry Conference, Tongji University, Shanghai 1997.
10. WTA Merkblatt 2-9-04/D:2005-10, „Sanierputzsysteme”.
11. PN-EN 998-1:2004 Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 1: Zaprawa tynkarska.
12. Rokieli M., Magott C.: Renovation plasters in the light of the standard PN-EN 998-1:2004 Requirements concerning mortars for walls. Part 1. Plaster mortar and WTA instruction No 2-9-04 Sanierputzsysteme, *Conservation News* 2009, nr 26, s. 125–134.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Studia magisterskie w zakresie chemii (specjalność Energochemiczne Przetwórstwo Węgla) ukończyłem w 1989 roku na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z wynikiem bardzo dobrym. Po spełnieniu wymogów określonych obowiązującymi przepisami 27 czerwca 1989 roku otrzymałem tytuł magistra inżyniera. Temat mojej pracy dyplomowej brzmiał: „Określenie podatności na aktywację fizykochemiczną półkoku z węgla brunatnego”.

Bezpośrednio po studiach rozpocząłem pracę na Wydziale Fizykochemii Węgla w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach. Pracowałem tam do grudnia 1990 roku na stanowisku naukowo-technicznym. Zajmowałem się technologią otrzymywania węgla aktywnych służących do oczyszczania spalin oraz ścieków, a szczególnie – formowaniem granulek z pyłu węgla brunatnego lub kamiennego i odpowiednio dobranego lepiszcza smołowego. Ustalałem parametry technologiczne karbonizacji i aktywacji granulek oraz badałem charakterystykę fizykochemiczną otrzymanych węgla aktywnych. Byłem opiekunem laboratorium porozymetrii rтęciowej, w którym zdobyłem doświadczenie w interpretowaniu i analizowaniu mikrostruktury materiałów. Wiedzę tę zastosowałem w późniejszych badaniach nad mikrostrukturą materiałów budowlanych.

Od 21 stycznia 1991 do 31 stycznia 1992 roku pracowałem w Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej na stanowisku naukowo-technicznym. Od 1 lutego 1992 do 31 października 1995 roku pracowałem na tej uczelni jako asystent. Do moich zadań należały badania struktury włókien bawełny i wełny metodą mikroskopii elektronowej oraz dyfrakcji rentgenowskiej. Szerokie badania eksperymentalne na włóknach bawełny o różnym stopniu dojrzałości oraz na wełnie owczej różnego pochodzenia zostały opublikowane w literaturze fachowej (pozycje 35–37, punkt IIE, załącznik 4) oraz wygłoszone na konferencjach naukowych (pozycje 24, 25 punkt II L, załącznik 4). Byłem odpowiedzialny za laboratorium mikroskopii elektronowej i dyfrakcji elektronowej. Zdobyte doświadczenie wykorzystałem w późniejszych badaniach nad wpływem soli na mikrostrukturę tynków renowacyjnych.

Podczas pracy na politechnice prowadziłem zajęcia dydaktyczne z przedmiotów chemia fizyczna oraz chemia fizyczna polimerów na kierunku włókiennictwo – specjalność chemiczna technologia włókien. Tematyka moich wykładów zainspirowała mnie do rozwijania zainteresowań i zajęcia się syntezą chemiczną polimerów styrenowo-akrylowych. Synteza chemiczna polimerów oraz praktyczne zastosowanie produktów syntezy w produkcji materiałów budowlanych stały się moją naukową pasją. Był to dla mnie przełomowy moment w karierze. Bazując na doświadczeniu zdobytym podczas pracy na uczelni oraz wykorzystując praktykę w projektowaniu eksperymentów, ich przeprowadzaniu i opracowywaniu wyników, zająłem się technologią produkcji materiałów budowlanych.

Zainteresowaniu materiałami dla budownictwa poświęciłem czas podczas stażu odbytego w 1994 roku w laboratorium badawczo-rozwojowym jednego z największych zakładów w Szwajcarii – KABE Farben GmbH Gossau, produkującego takie materiały dla budownictwa,

jak farby do elewacji, tynki cienkowarstwowe, farby do wnętrz itp. Miałem okazję zapoznać się ze specjalistycznymi technologiami wytwarzania tych materiałów, sprzętem badawczym, zasadami opracowywania receptur technologicznych, komponentami oraz badaniami aplikacyjnymi. Staż ukierunkował moje zainteresowania na wytwarzanie, aplikację i przeprowadzanie renowacji oraz termorenowacji budynków.

Pracując w KABE Farby sp. z o.o. na stanowisku dyrektora technicznego, byłem odpowiedzialny za wdrożenie do produkcji nowoczesnych materiałów budowlanych. Był to zarazem wyjątkowy okres prac wdrożeniowych nad systemami ocieplania ścian z wełną mineralną i styropianem jako warstwą termoizolacyjną. Firma KABE była pierwszą firmą w Polsce produkującą farby krzemianowe i silikonowe. W ramach obowiązków przeprowadzałem ekspertyzy budynków poddawanych renowacji, doбираłem technologie renowacji z zastosowaniem tych materiałów oraz uczestniczyłem w ich wykonywaniu. Do moich największych osiągnięć tego okresu należał dobór technologii do przeprowadzenia m.in. renowacji elewacji Wojewódzkiej Biblioteki Publicznej w Krakowie w 1995 i elewacji pałacu w Wilanowie w 2003 oraz odnowienia starówki w Bielsku-Białej.

W 1998 roku podjąłem studia doktoranckie na Politechnice Łódzkiej w Łodzi na kierunku budownictwo, architektura i inżynieria środowiska.

Działalność naukowo badawcza po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Tytuł doktora nauk technicznych w zakresie budownictwa nadano mi uchwałą Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 13 grudnia 2001 roku.

Motywacją do pracy badawczo-rozwojowej po uzyskaniu tytułu doktora nauk technicznych było rosnące zapotrzebowanie w Polsce na nowe produkty i technologie renowacji oraz termorenowacji w budownictwie. Dodatkową zachętę stanowiło wzmożone w latach 90. ubiegłego stulecia zainteresowanie polskim rynkiem światowych koncernów chemicznych, które oferowały nowe składniki do wytwarzania materiałów budowlanych. Poskutkowało ono pojawieniem się wielu nowych, nieznanych do tej pory składników. Jednym z moich ważniejszych osiągnięć z tego okresu było opracowanie i wdrożenie metody projektowania bazującej na zastosowaniu metod ilościowych, w tym statystycznych, co opisałem w mojej pierwszej monografii (pozycja 1, zob. zał. 4, II E). Powszechnie w dynamicznie rozwijającej się branży budowlanej podejście do projektowania nowych wyrobów, opierające się na „powtórzeniach” zalecanych przez Bodo Müllera i Ulricha Potha [Lackformulierung und Lackrezeptur, Vincentz Network 2009], było mało efektywne. Przy dużej liczbie nowych czynników materiałowych wpływających na właściwości wyrobów metoda ta była mało elastyczna, kosztowna i długotrwała. Ponadto w dużej mierze bazowała ona na doświadczeniu i pozwalała na ocenę wpływu pojedynczych składników na właściwości wyrobów.

Moja metoda polega na zastosowaniu narzędzi statystycznych do badania, jak składniki oddziałują na właściwości farb czy zapraw. Metoda ta zasadniczo różni się od wcześniej stosowanej procedury „powtórzeń”. Projektowanie wyrobu możliwe jest dzięki ocenie wpływu na

jego właściwości kilku czynników jednocześnie i przebiega w etapach. Pierwszy etap obejmuje czynności przygotowawcze – ustalenie celu oraz metody badania, określenie zbiorowości statystycznej i cech podlegających badaniom. Drugi polega na ustaleniu cech ilościowych czynników oraz jednostek tworzących zbiorowość statystyczną i zebraniu materiału statystycznego. W trzecim etapie opracowuje się uzyskany materiał statystyczny, a efekty przedstawia się w tabelach lub na wykresach. W ostatnim zaś można przystąpić do analizy wyników, która pozwoli na jednoznaczne i zwarte scharakteryzowanie badanego zjawiska oraz wyciągnięcie wniosków merytorycznych, a także na dokonanie uogólnień i porównań mających na celu wykrycie określonych prawidłowości.

Moją autorską metodę projektowania zastosowałem, realizując projekty badawczo-rozwojowe (zob. zał. 4, II B). Uzyskane wyniki opublikowałem oraz przedstawiłem na konferencjach naukowych.

W artykule „The hydrophobicity of renovation plaster in manufacturing technology optimized by statistical methods” (pozycja 8, zob. zał. 4, I B) przedstawiłem wyniki badań nad wpływem cementu, proszku redyspersyjnego na bazie poli(etylen-co-octanu winylu) EVA, domieszki napowietrzającej na bazie α -olefinosulfonianu sodowego i domieszek hydrofobizujących (silikonowej i emulsji związków oleochemicznych) na podciąganie kapilarne. Podczas analizy statystycznej wyników eksperymentu ustaliłem, że największy wpływ na podciąganie kapilarne stwardniałych tynków wywiera zmiana ilości domieszki hydrofobizującej na bazie polimetylosiloksanu. Już 0,6% dodatku tej domieszki zredukowało podciąganie kapilarne do zera. Uzyskane wyniki umieszczone w tabelach i na wykresach posłużyły do realizacji projektu 5 (zob. zał. 4, II B).

W artykule „The modeling technology of protective silicone coatings in terms of selected physical properties: hydrophobicity, scrub resistance and water vapor diffusion” (pozycja 7, zob. zał. 4, I B) przedstawiłem wpływ polimerów krzemoorganicznych na bazie polimetylosiloksanu i kopolimeru styrenowo-akrylowego na hydrofobowość, odporność na szorowanie na mokro i przepuszczalność pary wodnej powłok dekoracyjno-ochronnych w systemach tynków renowacyjnych. Na podstawie analizy statystycznej wyników eksperymentów zbudowałem modele matematyczne. Zależności korelacyjne ująłem na wykresach, a wyniki posłużyły za podstawę do opracowywania procedur umożliwiających tworzenie receptur hydrofobowych powłok ochronnych o dużej przepuszczalności pary wodnej. Praktyczne aspekty badań powiązania właściwości powłok z czynnikami materiałowymi wykorzystałem przy realizacji projektów: 3, 6, 8, 10 (zob. zał. 4, II B).

W artykule „Comparative analysis of organosilicon polymers of varied chemical composition in respect of their application in silicone-coating manufacture” (pozycja 6, zob. zał. 4, I B) przedstawiłem modele regresji wielorakiej zależności hydrofobowości powłok budowlanych od udziału polimerów krzemoorganicznych: polidimetylosiloksanu o strukturze liniowej (tzw. oleju) PDMS, polidimetylosiloksanu o strukturze rozgałęzionej PMS, polimetyloalkilosiloksanu PMVS, polimetylofenylosiloksanu PMPS z kopolimerem styrenowo-akrylowym. Uzyskane wyniki i korelacje okazały się przydatne do oceny wpływu tych składników

na hydrofobowość powłok budowlanych. Wyniki zaprezentowałem zespołowi badawczemu Evonik Industries AD Essen. Praktyczne aspekty badań wykorzystałem, realizując projekty 3, 6, 8, 10 (zob. zał. 4, II B).

Tematykę wpływu związków krzemoorganicznych na kształtowanie mikrostruktury powłok budowlanych omówiłem w artykule 10 (zob. zał. 4, II E) oraz zaprezentowałem na Third International Conference On Advances in Civil, Structural and Mechanical Engineering – ACSM 2015 (Bangkok, Tajlandia, 28–28 grudnia 2015; pozycja 10 zob. zał. 4, II L).

Zajmowałem się szeroko rozumianym doradztwem technicznym, w ramach którego przeprowadzałem ekspertyzy polegające na określeniu stopnia zasolenia i zawilgocenia murów oraz opracowywałem specyfikację techniczną wykonania i odbioru robót. Ponadto zajmowałem się doradztwem w przeprowadzaniu renowacji, restauracji i konserwacji budynków, nadzorowałem prace renowacyjne oraz opracowywałem technologie renowacji budynków, w tym budynków o znaczeniu zabytkowym. Sporządzałem dokumentację, które były podstawą do udzielenia gwarancji przez producenta, i zajmowałem się rozpatrywaniem ewentualnych reklamacji (zestawienie przeprowadzonych ekspertyz zob. zał. 4, III M). Wnioski ekspertyz upowszechniałem w publikacjach w czasopismach krajowych (pozycje: 5, 6, 8, 9, 14, 18, 21, 24, 26, 28, zob. zał. 4, II E) i zagranicznych (pozycja 11, zob. zał. 4, II B).

Uzupełnieniem tematyki związanej z renowacją budynków zabytkowych, której nie ująłem w punkcie IB załącznika 4, a która wiąże się z renowacją obiektów zabytkowych, jest analiza zmian fizykochemicznych zachodzących w murach budynków w obecności środków do odtwarzania barier przeciwwilgociowych na drodze iniekcji chemicznej. Szczególnie w renowacji budynków zabytkowych istnieje duże zapotrzebowanie na tego typu badania. Rezultatem przeprowadzonych przeze mnie badań w tym zakresie są gotowe produkty: iniektory produkowane na bazie krzemianów, siloksanów i siloksanów oligomerycznych, wraz z technologią ich aplikacji. Zostały one wdrożone do produkcji i znalazły zastosowanie w odtwarzaniu barier przeciwwilgociowych na obiektach rzeczywistych, wymienionych w punkcie III Q załącznika 4. Na produkty te uzyskałem prestiżowy certyfikat WTA wydawany przez wspomnianą wcześniej Naukowo-Techniczną Organizację do spraw Ochrony i Renowacji Zabytków. Przedstawiłem je też w publikacji 12 (zob. zał. 4, II E) oraz na XIV Konferencji Naukowo-Technicznej Problemy Remontowe w Budownictwie Ogólnym i Obiektach Zabytkowych (Kudowa Zdrój, 2–5 grudnia 2015 (pozycja 6, zob. zał. 4, II L).

W badaniach skupiłem się również nad termomodernizacją budynków posiadających zabytkową elewację. Wykluczone jest w niej stosowanie warstwy termoizolacyjnej po zewnętrznej stronie elewacji. Jedyne akceptowalne rozwiązanie to ocieplenie ścian od wewnętrznej strony murów. Strategia wykonania termomodernizacji opierała się na dwóch rozwiązaniach: zastosowaniu tynku lekkiego, który po zarobieniu wodą będzie można aplikować metodami tradycyjnymi (pozycja 18, zob. zał. 4, II E), lub płyt krzemianowo-wapiennych o niskim współczynniku przenikania ciepła (pozycje 5 i 24, II E). W pierwszym rozwiązaniu jako składniki mieszanki wykorzystałem piasek, cement, wapno, domieszki oraz perlit. Najkorzystniejsze rezultaty materiałowe uzyskałem dla mieszanek zawierających perlit

o uziarnieniu 1,5 i 3 mm w ilości około 10% wszystkich składników suchej masy. Utwardzona wyprawa posiada niską gęstość: około 400 kg/m^3 , współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,09 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ i wytrzymałość na ściskanie odpowiadającą tynkom kategorii CS I (0,5–2,5 MPa).

W drugim rozwiązaniu zaproponowałem wykonanie ocieplenia od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo wapiennych o współczynniku $\lambda = 0,06 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$. Innowacyjność tych materiałów polega na tym, że płyty montuje się bezpośrednio na ocieplanej ścianie, bez konieczności wykonywania izolacji paroszczelnej. Wilgoć gromadząca się wewnątrz elementu budowlanego, dzięki właściwościom kapilarnym takich płyt, jest szybko pochłaniana, a następnie transportowana na powierzchnię, skąd może szybciej odparować. Rozwiązanie zastosowane wdrożone zostało przez firmę SKAMOL – duńskiego producenta materiałów termoizolacyjnych w ramach projektu SKAMOWALL (zob. zał. 4, poz. II F).

Badałem też zastosowanie mieszanki klinkieru portlandzkiego i przepalonego łupku przywęglowego do stabilizacji podłoża gruntowych (zob. poz. 19, zał. 4, II E). Przydatność otrzymanych mieszanek określałem na podstawie badań fizykochemicznych nad nimi i oceny ich wpływu na zachowanie podłoża gruntowych. Dzięki wynikom stwierdziłem, że zarówno z technicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia uzasadnione jest mieszanie łupku przywęglowego z klinkierem portlandzkim i stosowanie go jako mieszanki do stabilizacji gruntów drogowych. Stosowanie łupków przywęglowych do wzmacniania gruntów drogowych nie narusza środowiska naturalnego, pozwala zaś na efektywne zagospodarowanie tego odpadu.

Obecnie zajmuję się badaniem wpływu grafenu na właściwości materiałów termoizolacyjnych. Badania te realizuję w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020 (nr wniosku POIR.04.01.202-00-0062/16, okres realizacji 1 lipca 2017 – 31 grudnia 2019) jako kierownik zarządzający projektem. Przedmiotem projektu jest przeprowadzenie prac badawczych, które zaowocują opracowaniem procesu technologicznego produkcji styropianu modyfikowanego grafenem, wykazującego zwiększone właściwości termoizolacyjne. W celu przeprowadzenia prac badawczych zawiązane zostało konsorcjum naukowe pomiędzy partnerem naukowym – Akademią Techniczno-Humanistyczną w Bielsku Białej – oraz partnerem przemysłowym – firmą SEMPRE Farby Sp. z o.o. W wyniku realizacji projektu partner przemysłowy zamierza wdrożyć do własnej produkcji nowy materiał izolacyjny – styropian grafenowy, który znajdzie zastosowanie w:

- budownictwie jednorodinnym, w budynkach użyteczności publicznej i halach przemysłowych do izolacji i wykończenia ścian sufitów, poddaszy, podłóg, fundamentów, piwnic;
- termomodernizacji budynków;
- produkcji elementów architektonicznych;
- produkcji opakowań;
- jako przegroda akustyczna, a w szczególnych przypadkach ekran ochronny dla PEM.

Podsumowanie dorobku naukowego

Mój dorobek stanowi 25 artykułów opublikowanych w czasopiśmie o zasięgu krajowym (w tym

22 po uzyskaniu stopnia doktora) i 18 artykułów w czasopismach o zasięgu międzynarodowym (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora). Wyniki badań własnych przedstawiłem również w 27 referatach opublikowanych w materiałach konferencyjnych (w tym w 23 po uzyskaniu tytułu doktora). Jestem autorem lub współautorem 8 artykułów w czasopismach znajdujących się obecnie w bazie JCR, 13 artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie Scopus oraz współautorem 4 rozdziałów monografii w języku polskim. Sumaryczny impact factor zgodnie z rokiem opublikowania wszystkich prac naukowych wynosi 11,312. Indeks Hirscha według baz Web of Science wynosi 2, według bazy Scopus – 3, a według bazy Google Scholar – 4.

Dorobek przedstawiłem szczegółowo w tabelach 1–4. Wykaz wszystkich opublikowanych prac oraz szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzatorskich znajduje się w załączniku 4.

Tabela 1. Zestawienie publikacji po 2001 r. (po uzyskaniu stopnia doktora) wraz z punktacją czasopism

Lp.	Czasopismo	Rok wydania	Pozycja w zał. 4	Punktacja MNiSW
1	Construction and Building Materials	2018	I B 1	40
2	Periodica Polytechnica Civil Engineering	2018	I B 2	15
3	Periodica Polytechnica Civil Engineering	2018	I B 3	15
4	Architecture Civil Engineering Environment	2018	I B 4	11
5	Fibres and Textiles in Eastern Europe	2015	I B 5	25
6	Progress in Organic Coatings	2014	I B 6	35
7	Progress in Organic Coatings	2014	I B 7	35
8	Construction and Building Materials	2013	I B 8	35
9	E3S Web of Conferences	2018	I B 9	(15)**
10	Materials Science Forum	2018	II E 1	-
11	Materials Science Forum	2018	II E 1	-
12	Civil Engineering Research Journal	2018	II E 2	(15)**
13	Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych	2018	II E 3	8
14	Inżynier budownictwa	2017	II E 4	-
15	Przegląd budowlany	2017	II E 5	5
16	Materials Science Forum	2016	II L 7	
17	Materiały budowlane	2016	II E 8	8
18	Inżynier budownictwa	2016	II E 9	
19	International Journal of Civil & Structural Engineering	2016	II E 10	-
20	International Journal of Civil & Structural Engineering	2016	II E 11	-
21	Materiały budowlane	2015	II E 12	8
22	Inżynier budownictwa	2015	II E 14	
23	Materiały ceramiczne	2014	II E 15	5
24	Technical Transactions Civil Engineering	2014	II E 16	6
25	Technical Transactions Civil Engineering	2014	II E 17	6

26	Inżynier budownictwa	2014	II E 20	
27	Builder	2014	IIE 21	2
28	Fizyka budowli w teorii i praktyce	2013	II E 22	-
29	Theoretical Foundation of Civil Engineering	2013	II E 23	-
30	Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Architektura	2013	II E 24	-
31	Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej	2013	II E 25	-
32	Materiały budowlane	2013	II E 26	4
33	Izolacje	2013	II E 27	5
34	Izolacje	2013	II E 28	5
35	Izolacje	2013	II E 29	5
36	Przegląd włókienniczy	2013	II E 30	3
37	Materiały budowlane	2013	II E 31	4
38	Materiały budowlane	2013	II E 32	4
39	Zeszyty Naukowe WST	2010	II E 33	
40	Zeszyty Naukowe WST	2010	II E 34	

Tabela 2. Zestawienie publikacji po 2001 r. (przed uzyskaniu stopnia doktora)

Lp.	Czasopismo	Rok wydania	Pozycja w zał. 4	Punktacja MNiSW
41	Natural Fibers	1994	II E 32	
42	Przegląd włókienniczy	1994	II E 33	
43	Przegląd Włókienniczy	1993	II E 34	

Tabela 3. Sumaryczny impact factor, liczba cytowań i indeks Hirscha publikacji naukowych (stan na 22.10.2018)

Sumaryczny IF dla artykułów w bazie Journal Citation Reports zgodnie z rokiem opublikowania	11,312
Sumaryczna liczba cytowań opublikowanych artykułów według bazy Web of Science	8
Sumaryczna liczba cytowań opublikowanych artykułów według bazy Scopus	22
Sumaryczna liczba cytowań opublikowanych artykułów według bazy Google Scholar	34
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (All Databases)	2
Indeks Hirscha według bazy Scopus	3
Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	4

Tabela 4. Zestawienie osiągnięć naukowych (stan na 30 września 2018)

Rodzaj pracy	Liczba prac w ujęciu sumarycznym	Liczba prac po uzyskaniu stopnia doktora	Liczba prac przed uzyskaniem stopnia doktora
Publikacje w czasopismach ujętych w części A wykazu czasopism MNiSW posiadających impact factor	8	8	0
Artykuły w czasopismach krajowych ujętych w części B	16	13	3

wykazu czasopism MNiSW			
Artykuły w czasopismach zagranicznych ujętych w części B wykazu czasopism MNiSW	2	2	2
Monografia	2	2	0
Rozdziały w monografiach	4	4	0
Publikacje w czasopismach zagranicznych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports	6	6	0
Artykuły o zasięgu krajowym	9	9	0
Publikacje ogółem	49	46	3
Referaty	27	23	4
Referaty na międzynarodowych konferencjach	9	7	2
Referaty na krajowych konferencjach	18	16	2
Udział w konferencjach naukowych	3	3	0
Udział w projektach badawczych	9	9	0
Oryginalne osiągnięcia projektowe	11	11	0
Udzielone patenty	3	3	0
Nagrody	4	4	0
Nagrody rektora	3	3	0
Prace usługowe i ekspertyzy	22	22	0
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji	2	2	0

Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Od 2008 do 2013 roku byłem pracownikiem dydaktyczno-naukowym Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach. W tym okresie realizowałem zajęcia na Wydziale Budownictwa, Architektury i Sztuk Stosowanych. Prowadziłem wykłady i zajęcia projektowe na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych z przedmiotów: budownictwo komunikacyjne (semestr IV, studia I stopnia), nowoczesne materiały budowlane (semestr IV, studia II stopnia) oraz gry i symulacje (semestr V, studia II stopnia).

Od 9 lutego 2011 roku jestem zatrudniony na Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej na stanowisku adiunkta na kierunku budownictwo. W ramach pracy dydaktycznej prowadzę zajęcia zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych I i II stopnia (pozycja 6, zob. zał. 4, III I). Jestem zaliczany do minimum kadrowego studiów I i II stopnia na kierunku budownictwo prowadzonym na Wydziale Nauk o Materiałach i Środowisku oraz kierunku budownictwo i inżynieria środowiska, dla których opracowałem zaakceptowane przez Radę Wydziału treści kształcenia i sylabusy przedmiotów: materiały budowlane I, materiały budowlane II, technologia betonu, instalacje budowlane, podstawy budownictwa (studia I stopnia), remonty i renowacja obiektów budowlanych, technologia i organizacja robót instalacyjnych (studia II stopnia). Jestem opiekunem Laboratorium Materiałów Budowlanych i Laboratorium Technologii Betonu, a także opracowałem kompletny zestaw instrukcji do zajęć laboratoryjnych z przedmiotów: materiały budowlane I, materiały budowlane II, technologia betonu.

Jestem promotorem 52 prac dyplomowych inżynierskich obronionych w latach 2014–

2018 na Wydziale Nauk o Materiałach i Środowisku, na kierunku budownictwo i inżynieria środowiska, w tym pracy Szymona Fryca „Ocena jednoczesnego wpływu zmian ilości cementu i polimerowej żywicy redyspersyjnej na właściwości mechaniczne zapraw budowlanych”, która zajęła III miejsce w organizowanym w 2017 roku przez Oddział Bielsko-Biała Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa konkursie na najlepszą pracę dyplomową Wydziału Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska ATH w Bielsku-Białej, oraz pracy Adama Chlebosia pt. „Projekt renowacji budynku zabytkowego w Bielsku-Białej”, która została w tym konkursie wyróżniona.

Brałem czynny udział w realizacji projektu Budownictwo – mostem między tradycją regionu a nowoczesnością (UDA-POKL.04.01.01-00-196/09-00), który współfinansowany był ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. W ramach zadania 1 tego projektu brałem udział w tworzeniu laboratoriów: Materiały Budowlane 1, Materiały Budowlane 2, Technologia Betonu, oraz uczestniczyłem w działaniach związanych z zakupem aparatury naukowo-dydaktycznej do wymienionych laboratoriów i działaniach promocyjnych polegających na licznych wizytach w szkołach.

W ramach projektu Budujące Beskidy – zwiększenie liczby absolwentów kierunku budownictwo na ATH (nr projektu POKL.04.01.02-00-232/11) brałem czynny udział w opracowaniu programu szkoleń z kosztorysowania budowlanego z użyciem oprogramowania NormaPro, opracowaniu merytorycznego programu zajęć terenowych z użyciem kamer termowizyjnych pod kątem termomodernizacji obiektów budowlanych oraz opiece merytorycznej podczas wyjazdu edukacyjnego na targi BUDMA 2015 w Poznaniu.

Wielokrotnie byłem powoływany do pełnienia obowiązków opiekuna roku na studiach I stopnia z kierunku budownictwo.

Od 2012 roku jestem opiekunem koła naukowego BUDONIERZY. Jego członkowie prowadzą badania naukowe i prezentują ich wyniki na sesjach posterowych oraz wygłaszają referaty na licznych konferencjach naukowych. Najważniejsze z nich to:

- XVII Konferencja Naukowo-Techniczna w Ustroniu (17–19 kwietnia 2013) – udział w sesji posterowej;
- I Międzynarodowa Konferencja Doktorantów i Studentów „Inbuild” w Krakowie, 15–17 października 2013 – wygłoszenie referatu w języku angielskim;
- IV Ogólnopolska Konferencja Budowlana Studentów i Doktorantów Euroinżynier, Kraków, 11–13 kwietnia 2014 – wygłoszenie dwóch referatów;
- VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Polska ceramika”, Kraków 7–10 września 2014.

Obydwie prace zaprezentowane na konferencji Euroinżynier spotkały się z uznaniem komisji oceniającej referaty. Referat „Ocena jednoczesnego wpływu cementu i polimerowej żywicy redyspersyjnej na wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu zapraw cementowych” otrzymał Nagrodę JM Rektora Politechniki Krakowskiej prof. dr hab. inż. Kazimierza Furtaka za najlepszy referat spoza Politechniki Krakowskiej w konkursie referatów studentów studiów I stopnia. Drugi referat, „Ocena jednoczesnego wpływu cementu

i polimerowej żywicy redyspergowalnej na przyczepność klejów do glazury”, zajął trzecie miejsce w konkursie referatów studentów studiów I stopnia.

Wacław Brachaczek