

A U T O R E F E R A T

Załącznik nr 3 –

**do wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania
stopnia doktora habilitowanego**

dr inż. Tomasz Gorzelańczyk

Katedra Budownictwa Ogólnego

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wrocławska

Wrocław, 17 marca 2026 r.

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1. Główne osiągnięcie naukowe	4
4.1.1. Dziedzina i dyscyplina	4
4.1.2. Tytuł głównego osiągnięcia naukowego	5
4.1.3. Forma głównego osiągnięcia naukowego	5
4.1.4. Omówienie głównego osiągnięcia naukowego.....	5
4.1.5. Wkład prezentowanego głównego osiągnięcia naukowego w rozwój naukowy dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.....	22
4.2. Osiągnięcie projektowo-technologiczne.....	24
4.2.1. Tytuł osiągnięcia projektowo-technologicznego	24
4.2.2. Omówienie osiągnięcia projektowo-technologicznego	24
4.2.3. Zestawienie prac związanych z osiągnięciem projektowo-technologicznym	33
4.3. Drugie osiągnięcie naukowe.....	34
4.3.1. Tytuł drugiego osiągnięcia naukowego	34
4.3.2. Forma drugiego osiągnięcia naukowego.....	34
4.3.3. Omówienie drugiego osiągnięcia naukowego	35
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	47
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	51
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	51
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	53
7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.....	54

dr inż. Tomasz Gorzelańczyk

Katedra Budownictwa Ogólnego (K07W02)

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wrocławska

Dyscyplina: Inżynieria lądowa, geodezja i transport

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4251-4769>

<https://ludzie.nauka.gov.pl/lm/profiles/tomasz.gorzela%C5%84czyk.ime7JPqYnnY>

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko

Tomasz Gorzelańczyk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- Dyplom magistra inżyniera budownictwa, kierunek: budownictwo, specjalność: budowlano-technologiczna, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska, 2001 rok.

Tytuł pracy magisterskiej: „*Materiały pokryciowe bitumiczne w zastosowaniu do remontu dachów budynków*”. Promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła.

- Stopień naukowy doktora nauk technicznych (z wyróżnieniem), w dyscyplinie naukowej: budownictwo, nadany uchwałą Rady Naukowej Instytutu Budownictwa, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska, 2008 rok.

Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Ocena metodami akustycznymi procesu niszczenia betonów samozagęszczonych*”.

Promotor w przewodzie doktorskim: prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła.

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, prof. dr hab. inż. Mieczysław Kamiński.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Politechnika Wrocławska od 01.10.2008 roku, jest nieprzerwanie moim podstawowym miejscem pracy, w tym:

- od 01.10.2008 r. do 30.09.2012 r. – asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Budownictwa Ogólnego, Instytut Budownictwa, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska,
- od 01.02.2012 r. do chwili obecnej – adiunkt badawczo-dydaktyczny w Katedrze Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Moje osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport, obejmują:

1. Główne osiągnięcie naukowe pt. **Opracowanie autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym**, zawarte w monografii naukowej: Tomasz Gorzelańczyk, „Ocena wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę i proces destrukcji kompozytów włóknisto-cementowych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2025 (ISBN 978-83-8134-006-9).
2. Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-technologiczne pt. **Zaprojektowanie i wdrożenie technologii produkcji płyt włóknisto-cementowych w zakładzie produkcyjnym**.
3. Drugie osiągnięcie naukowe zawarte w cyklu artykułów naukowych pt. **Ocena wpływu wybranych czynników technologicznych i eksploatacyjnych na strukturę i proces niszczenia betonów samozagęszczalnych**.

4.1. Główne osiągnięcie naukowe

4.1.1. Dziedzina i dyscyplina

Dziedzina: Nauki inżynieryjno-techniczne.

Dyscyplina: Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

4.1.2. Tytuł głównego osiągnięcia naukowego

„Opracowanie autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym”

4.1.3. Forma głównego osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym, stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023, poz. 742 ze zm.), jest opracowanie autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym, zawarte w autorskiej monografii naukowej pt. *„Ocena wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę i proces destrukcji kompozytów włóknisto-cementowych”* (ISBN 978-83-8134-006-9). Wskazane osiągnięcie naukowe zostało opublikowane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej w 2025 roku.

Recenzentami wydawniczymi monografii byli:

- dr hab. inż. Anna Ostańska, prof. uczelni, Politechnika Lubelska, Katedra Architektury, Urbanistyki i Planowania Przestrzennego,
- prof. dr hab. inż. Radosław Jasiński, Politechnika Śląska, Katedra Konstrukcji Budowlanych.

4.1.4. Omówienie głównego osiągnięcia naukowego

Kompozyty włóknisto-cementowe są powszechnie stosowane w budownictwie, najczęściej jako płyty okładzinowe elewacji wentylowanych oraz jako pokrycia dachowe. Są one narażone na powstawanie wad i uszkodzeń nie tylko na etapie produkcji, lecz także w trakcie eksploatacji, co ma istotny wpływ na ich właściwości i trwałość.

Inspiracją do zagadnień będących tematem przewodnim monografii był mój udział w realizacji projektu: „Program Innowacyjna Gospodarka: UDA-POIG.04.04.00-02-019/08, Uruchomienie innowacyjnej produkcji ekologicznych płyt celulozowo-cementowych”, dofinansowanie w ramach Działania 4.4 Nowe inwestycje o wysokim potencjale innowacyjnym, Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013”. W ramach tego projektu byłem współtwórcą wdrożonego opracowania procesu technologicznego produkcji płyt włóknisto-cementowych w technologii „flow-on”. Następnie czynnie uczestniczyłem w procesie uruchamiania produkcji płyt i prowadziłem szeroko zakrojone badania laboratoryjne. Zdobyte doświadczenie oraz wnikliwa analiza dostępnej literatury

umożliwiły mi sformułowanie głównych celów monografii, które zawarłem w rozdziale 1, w którym syntetycznie przedstawiłem wprowadzenie do tematyki mojej monografii.

Sformulowałem następujące cele naukowe:

1. Ocena wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę płyt włóknisto-cementowych i na ich proces niszczenia.

2. Identyfikacja imperfekcji materiałowych (wad produkcyjnych) przedmiotowych płyt z wykorzystaniem metod nieniszczących.

3. Opracowanie autorskiej metody umożliwiającej kompleksową ocenę wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę kompozytów włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym.

Biorąc pod uwagę moją wieloletnią pracę badawczą i zdobyte doświadczenie w zakładzie produkcyjnym, miałem wiedzę, że podczas eksploatacji płyty włóknisto-cementowe narażone są na zmienne czynniki środowiskowe, w tym czynniki temperaturowe i wilgotnościowe z powodu dużych wahań temperatury i tzw. przejścia przez temperaturę 0°C w cyklu dobowym (cykliczne zamrażanie-rozmrażanie) oraz agresywność fizyczną w postaci promieniowania ultrafioletowego. Ponadto są one narażone na wyjątkowe czynniki eksploatacyjne. Należą do nich przede wszystkim wysoka temperatura wywołana oddziaływaniem ognia, np. w trakcie pożaru. Wskutek wymienionych wyżej czynników struktura płyty włóknisto-cementowej może ulec zmianie, szczególnie jej właściwości i trwałość. Stąd też identyfikacja wpływu omawianych wyżej czynników na płyty włóknisto-cementowe jest warunkiem bezpiecznej eksploatacji. Z kolei proces produkcji jest bardzo złożony i zależny od właściwości i ilości poszczególnych składników oraz ich rozmieszczenia przestrzennego w płycie. W procesie produkcyjnym wewnątrz płyty mogą powstać wady i uszkodzenia, takie jak: duże pory, rozwarstwienia (delaminacje), rysy. Stąd też kontrola poprawności produkcji płyt ma również bardzo istotny wpływ na jakość i trwałość tego wyrobu budowlanego. Dlatego też, **określenie wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę płyt włóknisto-cementowych oraz identyfikacja imperfekcji materiałowych było dla mnie istotnym zagadnieniem zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i praktycznego.** Chciałbym nadmienić, że większość dotychczasowych badań płyt włóknisto-cementowych dotyczyło jedynie określenia normowych parametrów fizykomechanicznych, wpływu czynników eksploatacyjnych, takich jak cykle namaczania i suszenia, cykle zamrażania i rozmrażania, wpływ grzania i deszczowania, wysokich temperatur. Analizowano też wpływ zastosowania różnych rodzajów włókien i procesów produkcyjnych poprzez badanie wytrzymałości na zginanie *MOR* i ocenę wizualną. W literaturze można było znaleźć nieliczne

informacje na temat badań opisujących wpływ różnych imperfekcji powstających w trakcie produkcji na właściwości płyt włóknisto-cementowych. **Dokonana przeze mnie analiza stanu wiedzy w temacie zagadnienia jednoznacznie wskazywała na potrzebę zebrania i usystematyzowania dostępnych wyników badań oraz znacznego ich poszerzenia o grupę wybranych czynników eksploatacyjnych dotychczas niebadanych lub jedynie sygnalizowanych, a mających duży wpływ na zmiany zachodzące w strukturze płyt włóknisto-cementowych oraz na ich proces niszczenia.** Korzystne było także ujednolicenie warunków i sposobów realizacji badań, umożliwiające porównywanie uzyskiwanych wyników.

W rozdziale 2 dokonałem przeglądu literatury przedmiotu. Zawarłem w nim m.in. informacje o płytach włóknisto-cementowych w aspekcie ich produkcji i składu, przeprowadzonych dotychczas badaniach, wymaganiach normowych oraz czynnikach eksploatacyjnych mogących oddziaływać na te płyty. Omówiłem także powszechnie stosowane metody nieniszczące, które mogą być przydatne do badania kompozytów włóknisto-cementowych. W rozdziale tym zawarłem również wprowadzenie w zagadnienie sztucznych sieci neuronowych oraz przedstawiałem wybrane dotychczasowe zastosowania sztucznych sieci neuronowych w budownictwie. Na podstawie opracowanej analizy stanu wiedzy **wykazałem, że dotychczasowe badania kompozytów włóknisto-cementowych związane były przede wszystkim z procesem ich produkcji, jego optymalizacji, w tym autoklawizacji i dotyczą głównie właściwości mechanicznych tych płyt. Przedstawiłem także nieliczne wyniki badań płyt włóknisto-cementowych określające wpływ różnego rodzaju włókien na właściwości mechaniczne płyt oraz pokazałem, że znane są nieliczne badania wpływu wysokich temperatur, cykli zawilgocenia i suszenia, cykli zamrażania i rozmrażania, a także procesu starzenia, które prowadzone były jedynie w aspekcie określenia wytrzymałości na zginanie *MOR* takich płyt.**

Konkludując, stwierdziłem, że zakres informacji uzyskanych z analizy literatury nie odpowiadał w pełni potrzebom badawczym kompozytów włóknisto-cementowych. Podsumowując dokonany w monografii przegląd stanu wiedzy, **wykazałem, że brakuje badań kompozytów włóknisto-cementowych dotyczących wpływu:**

- niskiej temperatury, w szczególności cyklicznego zamrażania–rozmrażania,
- wysokich temperatur i oddziaływania pożaru,
- promieniowania UV.

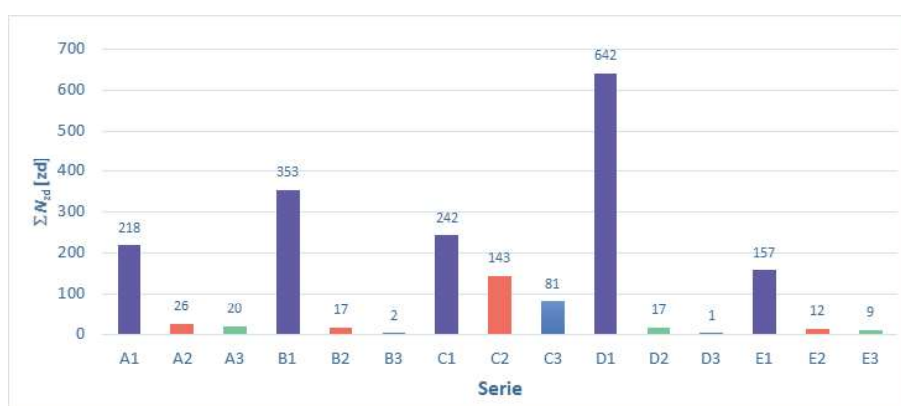
W rozdziale 3 monografii opisałem zakres przeprowadzonych badań własnych, stosowaną w monografii metodykę oraz metody badawcze. I tak, badania własne w zależności

od analizowanego czynnika i możliwości badawczych (wynikające również ze współpracy z innymi ośrodkami badawczymi) obejmowały od jednej do pięciu serii płyt włóknisto-cementowych. Przedmiotem moich badań były płyty płaskie do zastosowań zewnętrznych i wewnętrznych na ściany i sufity, określone zgodnie z normą PN-EN 12467. Płyty poszczególnych serii różniły się parametrami technicznymi, składem, technologią produkcji oraz obszarem zastosowania i stanowiły reprezentatywną próbę dostępnych na rynku budowlanym tego typu wyrobów budowlanych. Podstawową metodą badawczą, którą wykorzystałem do oceny procesu niszczenia płyt włóknisto-cementowych była metoda emisji akustycznej. Wspomagająco wykorzystałem metodę optyczną z użyciem mikroskopii skaningowej (SEM). Badania z wykorzystaniem metody emisji akustycznej wykonywałem w próbie trójpunktowego zginania. W trakcie tego badania rejestrowałem obciążenie F , odkształcenie ε oraz sygnały emisji akustycznej EA. Do opisu procesu niszczenia wykorzystałem wybrane deskryptory emisji akustycznej, takie jak tempo zdarzeń N_{zd} , suma zdarzeń $\sum N_{zd}$, energia zdarzeń E_{zd} oraz rozkład częstotliwościowy sygnału EA. Na podstawie rozkładu częstotliwościowego zarejestrowanych sygnałów EA określiłem następnie wzorcowe charakterystyki widm akustycznych towarzyszące pękaniu włókien i matrycy cementowej oraz tła. Następnie wykonałem analizę otrzymanych rezultatów z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych w celu rozróżnienia charakterystyk widmowych EA oznaczających pęknięcia matrycy i włókien. Dodatkowo określiłem wytrzymałość na zginanie MOR , przebieg naprężeń zginających σ_m , granicę proporcjonalności LOP , moduł Younga E_D . Z kolei metodą optyczną z wykorzystaniem mikroskopii skaningowej określiłem wizualnie zmiany zachodzące w strukturze płyt włóknisto-cementowych pod wpływem oddziaływania wysokich temperatur. Ocenę procesu niszczenia i wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę płyt włóknisto-cementowych wykonałem dla następujących przypadków badawczych:

- stanu powietrzno-suchego (brak destrukcji, stan odniesienia, referencyjny);
- oddziaływania 1 cyklu zamrażania–rozmrażania;
- oddziaływania 10 cykli zamrażania–rozmrażania;
- oddziaływania promieniowania UV (badania starzeniowe);
- oddziaływania ognia w warunkach pożaru.

Następnie w dalszej części tego rozdziału opisałem bardzo szczegółowo sposób, w jaki przyjmowałem dane wejściowe i implementowałem je do sztucznych sieci neuronowych. Przedstawiłem także zastosowany proces uczenia i testowania sztucznych sieci neuronowych.

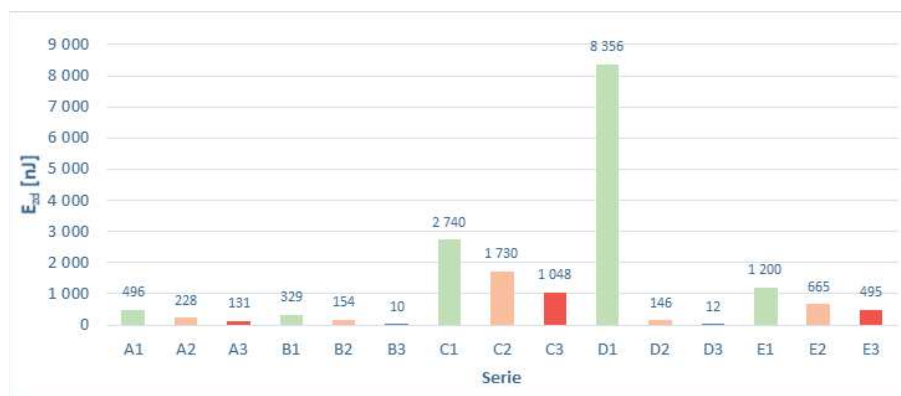
W rozdziale 4, który stanowi najważniejszą część monografii, zamieściłem wyniki zrealizowanych badań własnych oraz analizę uzyskanych rezultatów w aspekcie wybranych czynników eksploatacyjnych. W podrozdziale 4.1 zamieściłem rezultaty badań wpływu oddziaływania cyklicznego zamrażania–rozmrażania. **Wykazałem, że wpływ cykli zamrażania i rozmrażania na wytrzymałość na zginanie MOR oraz moduł Younga E_D jest bardzo wyraźny.** Płyty włóknisto-cementowe po jednym cyklu zamrażania i rozmrażania wykazały spadek wartości MOR o około 30% dla trzech serii badanych płyt i 50–70% w przypadku dwóch serii. Z kolei po dziesięciu cyklach zamrażania i rozmrażania płyty włóknisto-cementowe nie wykazały wyraźnych zmian w wytrzymałości na zginanie. Spadek wartości wytrzymałości MOR wyniósł około 5-10%. Wartość modułu Younga E_D spada na skutek oddziaływania zmiennych cykli zamrażania i rozmrażania. Wyraźne spadki wartości modułu Younga E_D odnotowałem już po jednym cyklu dla czterech serii wynoszące 10–30%, a dla jednej serii aż o 50%. Zauważyłem również pewną tendencję polegającą na tym, że wraz ze wzrostem liczby cykli zamrażania i rozmrażania od jednego do dziesięciu wartość modułu Younga E_D zmniejsza się nieznacznie i wynosi od 2 do 5%. Na podstawie badań z wykorzystaniem metody emisji akustycznej **wykazałem, wyraźny spadek zarejestrowanych sum zdarzeń $\sum N_{zd}$ pod wpływem jednego cyklu zamrażania i rozmrażania wszystkich badanych płyt w porównaniu do płyt w stanie powietrzno-suchym.** Kolejne cykle zamrażania i rozmrażania powodują dalszy stopniowy zanik zarejestrowanych zdarzeń, co pokazano przykładowo na rys. 1.



Rys. 1. Wartości zarejestrowanej sumy zdarzeń $\sum N_{zd}$ dla serii A₁–E₁ w stanie powietrzno-suchym oraz pod wpływem jednego i dziesięciu cykli zamrażania i rozmrażania serii A₂–E₂ i A₃–E₃

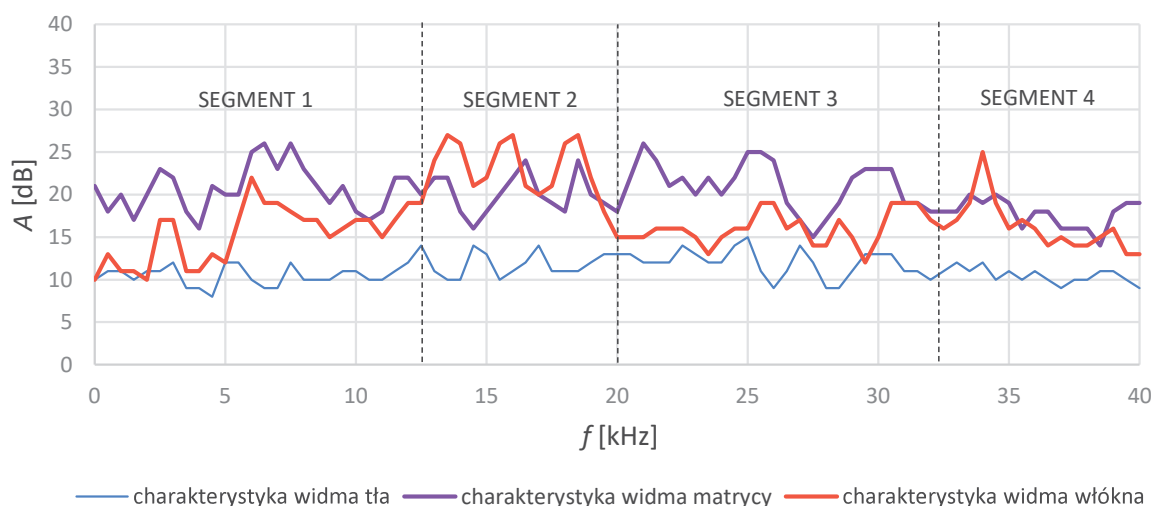
Wykonane badania i ich analiza pozwoliły mi także **wykazać, że wpływ cykli zamrażania i rozmrażania powoduje spadek energii zdarzeń emisji akustycznej E_{zd} podczas próby zginania dla wszystkich badanych serii płyt włóknisto-cementowych** (rys. 2). Korelacja deskryptorów sumy zdarzeń $\sum N_{zd}$ z energią zdarzeń E_{zd} pozwalała mi stwierdzić, że zmienne

cykle zamrażania i rozmrażania powodują spadek energii E_{zd} zarejestrowanych zdarzeń wraz z jednoczesnym zredukowaniem ich liczby. Analiza przebiegu próby zginania na podstawie deskryptorów $\sum N_{zd}$ oraz E_{zd} **potwierdziła jednoznacznie zmiany zachodzące w płytach włóknisto-cementowych wywołujące bardzo niskoenergetyczne zdarzenia w znacznie ograniczonej liczbie**, w porównaniu z płytami referencyjnymi.



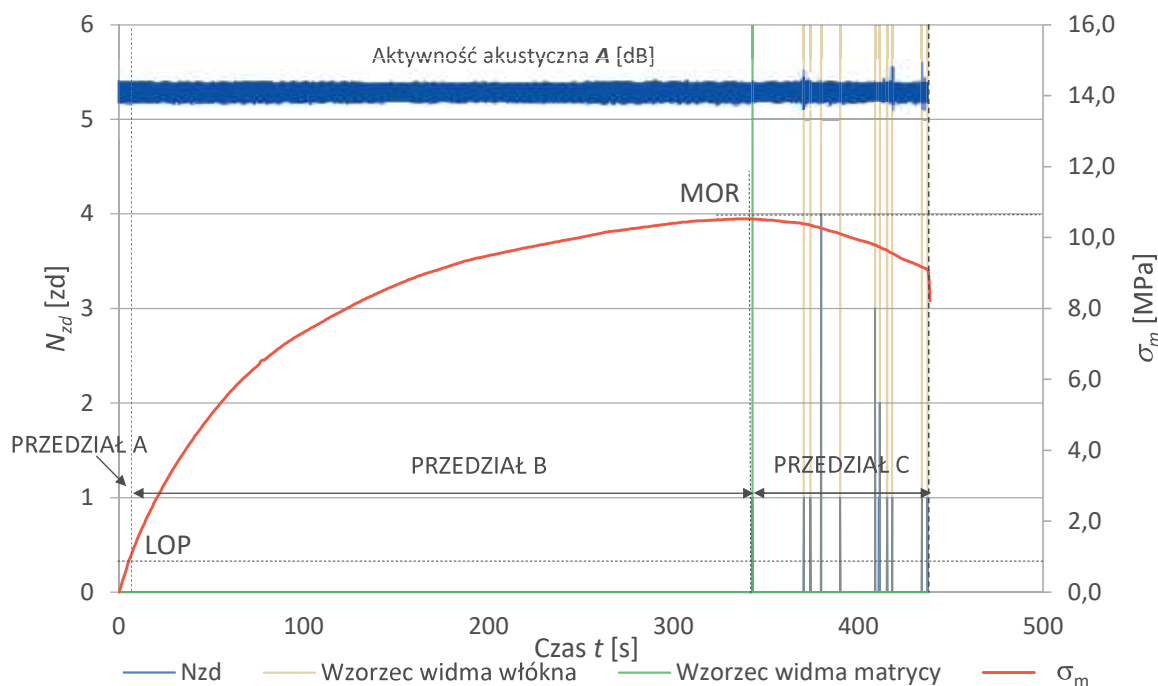
Rys. 2. Zarejestrowana maksymalna energia zdarzeń E_{zd} dla serii A₁-E₁ w stanie powietrzno-suchym oraz A₂-E₂ i A₃-E₃ pod wpływem jednego i dziesięciu cykli zamrażania i rozmrażania

Następnie w celu potwierdzenia źródła pochodzenia zarejestrowanych zdarzeń EA przeprowadziłem w monografii dalsze badania, a do ich identyfikacji posłużyłem się analizą spektralną charakterystyk widm akustycznych zdarzeń EA. Deskryptorem, na podstawie którego rozróżniałem zdarzenia, była charakterystyka spektralna widma akustycznego zdarzenia. Jest ona pochodną rozkładu częstotliwościowego sygnału EA. Wykorzystując transformację czasowo-częstotliwościową zapisu dźwiękowego przebiegu zginania przy użyciu programu „Spectra-Plus S-C”, przedstawiłem charakterystykę widma akustycznego w funkcji częstotliwości i czasu w widoku 3D. Kolejnym etapem moich działań było wytypowanie wzorcowych widm akustycznych. Szczegółowo procedurę wyznaczania wzorcowych widm akustycznych opisałem w monografii. W monografii posługiwałem się nazwą wzorzec charakterystyki widmowej włókna, rozumiany jako sygnał towarzyszący pękaniu matrycy cementowej z włóknami, oraz wzorzec charakterystyki widmowej matrycy, rozumiany jako sygnał towarzyszący pękaniu samej matrycy cementowej. Na rys. 3 przedstawiłem **opracowany przeze mnie zapis wzorcowych charakterystyk widma akustycznego sygnału towarzyszącego pękaniu matrycy cementowej, włókna oraz dla tła**.



Rys. 3. Charakterystyka widma akustycznego tła, włókna oraz matrycy cementowej w funkcji częstotliwości

Wykorzystując tak określone wzorce matrycy cementowej, włókien oraz tła, zaimplementowałem je do sztucznych sieci neuronowych i rozpocząłem procedurę uczenia sieci identyfikowania i rozróżniania charakterystyki widm akustycznych pochodzących od destrukcji włókien i matrycy. Strukturę sieci neuronowych wybrałem jako wielowarstwową jednokierunkową. Po nauczaniu sztucznej sieci neuronowej na danych wejściowych sprawdzałem poprawność odwzorowywania sieci na danych do uczenia oraz na danych do testowania. W tym celu podałem były dwie pary danych wejściowych, a mianowicie dane, na których uczyła się sieć, na podstawie których sprawdzałem umiejętność odtwarzania wzorców, oraz dane do testowania, z wykorzystaniem których sprawdzałem umiejętność identyfikowania wzorcowych charakterystyk widmowych pochodzących od włókna i matrycy w trakcie próby zginania. Następnie otrzymałem zapis wyjść sieci neuronowych rozpoznanych widm akustycznych, odpowiadających odpowiednio dla charakterystyki pęknięcia włókna i matrycy lub tła. Na rys. 4 przykładowo pokazałem dla jednej z badanych serii płyt wynik rozpoznania wzorców widma akustycznego matrycy cementowej oraz włókna. Oznaczyłem je na zapisie tempa zdarzeń N_{zd} oraz przebiegu naprężeń zginających σ_m w funkcji czasu. Na wykresie naniosłem również zapis aktywności akustycznej A . W monografii wykresy takie zamieściłem dla wszystkich badanych serii płyt.



Rys. 4. Przykładowy przebieg tempa zdarzeń N_{zd} , naprężeń zginających σ_m oraz aktywności akustycznej A w funkcji czasu dla płyty poddanej działaniu jednego cyklu zamrażania i rozmrażania wraz z naniesioną identyfikacją wzorcowych charakterystyk widmowych

Na podstawie analizy tych wykresów **wykazałem, że w chwili osiągnięcia wytrzymałości na zginanie MOR następuje pęknięcie matrycy cementowej. Zarysowanie matrycy cementowej inicjuje następne zdarzenia – pęknięcie włókien. We wszystkich seriach zaobserwowałem powstanie lub wyraźne zwiększenie nieliniowego przyrostu naprężeń do odkształceń. Wykazałem jednoznacznie, że działanie cykli zamrażania i rozmrażania obniża aktywność akustyczną zdarzeń zachodzących podczas próby zginania.**

Następnie przeprowadziłem badania z wykorzystaniem metody optycznej SEM. Analizowałem obrazy przełomów. Badania te pozwoliły mi uzyskać więcej informacji o sposobie niszczenia włókien. **Stwierdziłem, że wyraźnie widoczne są mechaniczne uszkodzenia włókien celulozowych oraz PVA, które zostały przerwane lub wyrwane z matrycy cementowej podczas próby trójpunktowego zginania.** W przypadku jednej serii zaobserwowałem liczniejsze kawerny i wyżłobienia po wyrwanych włóknach.

Podsumowując, na podstawie analizy obrazów wykonanych z wykorzystaniem SEM oraz rezultatów badań metodą emisji akustycznej, **wykazałem, że na płyty włóknisto-cementowe działanie cykli zamrażania i rozmrażania działa destrukcyjnie, powodując osłabienie przyczepności włókien do matrycy cementowej oraz obniżenie wytrzymałości na rozciąganie włókien celulozowych.**

W podrozdziale 4.2 monografii zamieściłem rezultaty badań wpływu promieniowania UV. Wiadomo, że promieniowanie UV jest oddziaływaniem destrukcyjnym dla materiałów budowlanych. Przypuszczałem, że również w przypadku kompozytów włóknisto-cementowych promieniowanie UV będzie istotnie wpływać na ich proces niszczenia oraz strukturę. Ponadto na podstawie dokonanego przeglądu stanu wiedzy wyraźnie wykazałem lukę w tej kwestii.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań stwierdziłem wyraźny spadek zarejestrowanych zdarzeń oraz zmianę przebiegu sumy zdarzeń $\sum N_{zd}$. Oprócz spadku samej wartości sumy zdarzeń $\sum N_{zd}$ pod wpływem oddziaływania promieniowania UV zauważyłem, że w zasadzie wszystkie zarejestrowane zdarzenia znajdują się w bardzo krótkim segmencie czasowym. Wykorzystując analizę spektralną charakterystyk widm akustycznych zdarzeń EA **potwierdziłem, że dla płyt poddanych oddziaływaniu promieniowania UV oprócz wyraźnego pęknięcia matrycy przy osiągnięciu poziomu wytrzymałości na zginanie MOR widoczne były zmiany charakterystyk widm akustycznych, które odpowiadały pękaniu włókien**, co mogło oznaczać, że część włókien została uszkodzona podczas oddziaływania promieniowania UV. Do wyjaśnienia tego posłużyłem się sztucznymi sieciami neuronowymi i wykonałem procedurę rozpoznania wzorców widma akustycznego matrycy cementowej i włókien. Na tej podstawie **wykazałem, że oddziaływanie promieniowania UV wpłynęło destrukcyjnie na włókna, na co wskazywał spadek liczby zdarzeń rozpoznanych jako pęknięcie włókien. Ponadto, potwierdziłem, że po poddaniu płyt badaniom starzeniowym wyraźnie zmieniły się proporcje liczby zdarzeń przypisanych do pęknięcia włókien w stosunku do liczby zdarzeń przypisanych do pęknięcia matrycy**. Starzenie spowodowało, że rosła liczba zdarzeń przypisanych do pęknięcia matrycy, co jednoznacznie świadczy o częściowej destrukcji włókien zawartych w strukturze płyt. Fakt ten został także potwierdzony przez wykonane przeze mnie w monografii badania z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Chcę zaznaczyć, że aspekcie badania wpływu promieniowania UV po przeprowadzeniu badań w komorze starzeniowej płyty włóknisto-cementowe poddałem także badaniom spektrofotometrycznym, które wykazały, że przebywanie płyt włóknisto-cementowych w komorze starzeniowej wpływa na zmianę ich barwy (zaobserwowano wybielenie).

Reasumując rezultaty badań zawarte w podrozdz. 4.2 monografii, **wykazałem destrukcyjny wpływ oddziaływania promieniowania UV (badań starzeniowych) zarówno na proces niszczenia, jak i na strukturę płyt włóknisto-cementowych**. Wyraźnie pokazują to rezultaty badań wykonanych z użyciem emisji akustycznej w próbie trójpunktowego zginania. Ponadto

wykonane badania i analiza ich rezultatów umożliwiły zaobserwowanie zmian zachodzących w mikrostrukturze badanych materiałów pod wpływem przyspieszonego starzenia. **Uważam, że przeprowadzone przeze mnie badania z pewnością są bardzo istotne w aspekcie trwałości i bezpieczeństwa eksploatacji elewacji, w których zastosowane są okładziny z płyt włóknisto-cementowych.**

W podrozdziale 4.3 monografii zamieściłem rezultaty badań wpływu wysokiej temperatury tj. 230°C i pożaru.

Jeżeli chodzi o wpływ wysokiej temperatury 230°C, zastosowałem wieloskalowe podejście do identyfikacji wewnętrznych zmian. Wykorzystałem w tym celu dwie zaawansowane techniki laboratoryjne, tj. obrazowanie z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) oraz testy nanoindentacji. Pierwsza z tych technik umożliwiła uzyskanie mikrofotografii zastosowanych włókien wraz ze składem pierwiastkowym badanych próbek. W metodzie nanoindentacji natomiast pokazałem mechaniczną morfologię materiału pod względem twardości i modułów sprężystości. Wszystkie badania przeprowadziłem na dwóch seriach płyt włóknisto-cementowych, tj. płytach referencyjnych oraz poddanych obróbce w wysokiej temperaturze.

Reasumując, uzyskane rezultaty pozwoliły mi jednoznacznie wykazać, że opierając się jedynie na wynikach w skali makro (tj. wytrzymałości na zginanie *MOR*), można wyciągnąć błędny wniosek, iż po ekspozycji w wysokiej temperaturze (230°C przez 3 h) nie następuje degradacja płyty. Ponadto biorąc pod uwagę wyznaczone średnie wartości wytrzymałości na zginanie *MOR* stwierdziłem pewien efekt wzmocnienia. Jednakże metody wykorzystujące SEM i nanoindentację w mikroskali pozwoliły mi jednoznacznie ujawnić (wykazać) szkodliwe i nieodwracalne zmiany mikrostrukturalne płyt spowodowane oddziaływaniem wysokiej temperatury. **Moim zdaniem uzyskane rezultaty są istotne z punktu widzenia praktyki budowlanej, ponieważ można stwierdzić jednoznacznie, że przy ocenianiu destrukcyjnego wpływu wysokiej temperatury na strukturę płyt włóknisto-cementowych niewystarczające jest bazowanie tylko na wartościach wytrzymałości na zginanie *MOR*.**

Uzyskane wyniki badań przeprowadzonych z wykorzystaniem metody obrazowania SEM oraz metody nanoindentacji **według mnie są niezmiernie ważne i stanowią istotne osiągnięcie jednego z postawionych sobie celów naukowych.**

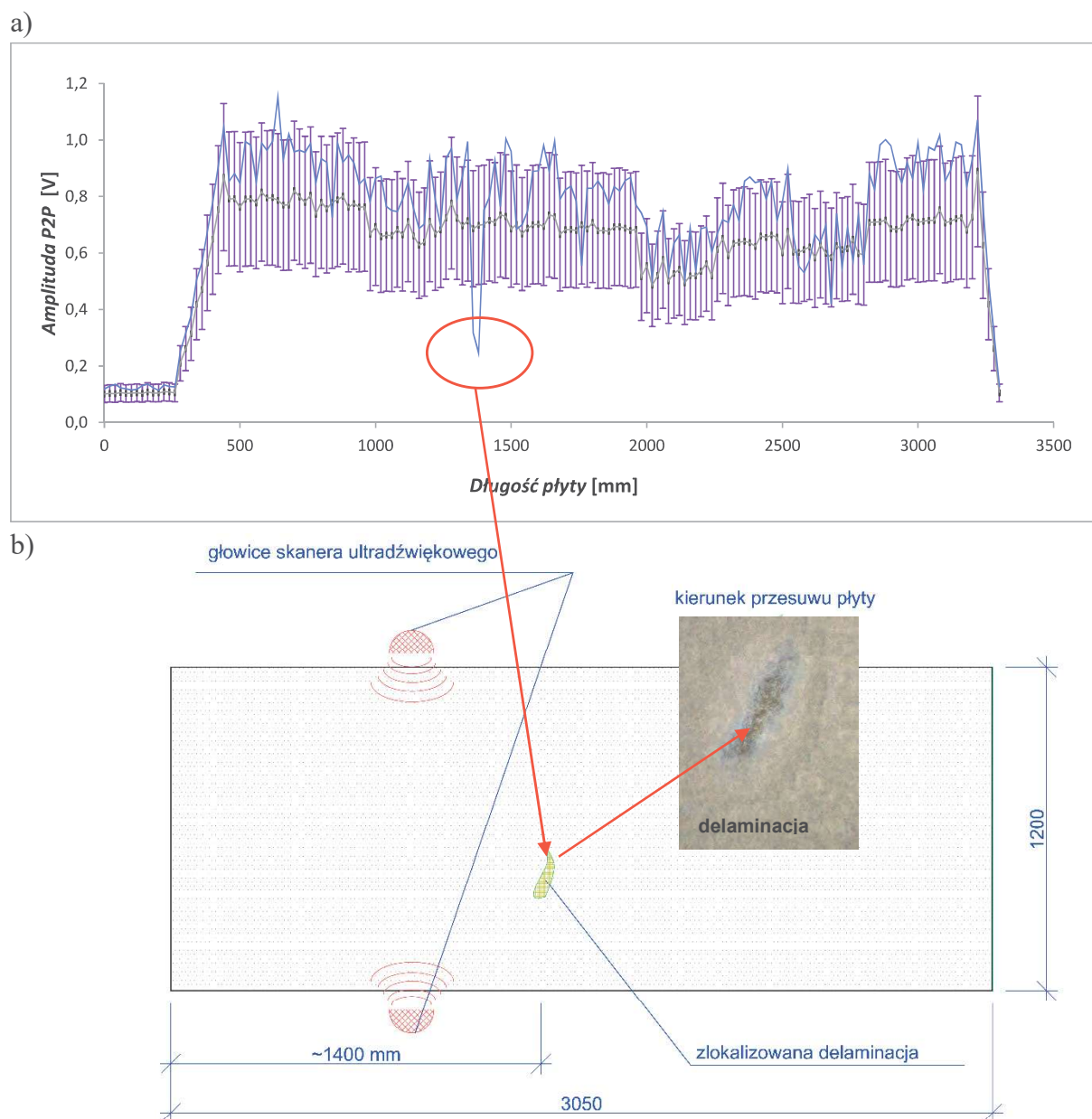
W podrozdziale 4.4 monografii zamieściłem rezultaty badań wpływu pożaru. Badaniom poddałem próbki płyt włóknisto-cementowych wyciętych z modelu rzeczywistego elewacji. Model rzeczywisty stanowiła elewacja wentylowana przymocowana do platformy badawczej,

będąca jednocześnie podłożem, na którym wykonywane były badania oddziaływania i rozwoju pożaru. Modele wielkoskalowe stanowią bowiem bardzo dobry sposób badania rozwoju pożaru oraz oceny poszczególnych elementów elewacji w zakresie jej palności, zachowania się poszczególnych materiałów w warunkach pożaru, bądź też bezpieczeństwa pożarowego całego systemu.

Na podstawie uzyskanych rezultatów zaobserwowałem, że wraz ze wzrostem temperatury i czasu jej oddziaływania na badane płyty w trakcie pożaru znacząco zmienia się charakter przebiegu niszczenia próbek podczas próby trójpunktowego zginania, co wynika z zarejestrowanych deskryptorów emisji akustycznej oraz uzyskanych wartości wytrzymałości na zginanie *MOR*. Jednoznacznie **wykazałem, że wysoka temperatura (pożaru) ma destrukcyjny wpływ na strukturę płyt włóknisto-cementowych. Analizując rezultaty uzyskane z użyciem metody emisji akustycznej, stwierdziłem, że płyty poddane działaniu ognia charakteryzują się tym, iż w momencie osiągnięcia wytrzymałości na zginanie *MOR* ulegają zniszczeniu podczas kruchego pęknięcia.** Świadczy o tym zapis tempa zdarzeń EA, który jest w zasadzie jednostkowym pikiem w porównaniu do zapisu dotyczącego płyty referencyjnej. Badania metodą optyczną SEM w skali makroskopowej pozwoliły mi z kolei **wykazać, że większość włókien była wypalona lub wtopiona w matrycę, a struktura nielicznych pozostałych włókien była silnie zdegradowana.** Zauważyłem także, że oddziaływanie ognia powoduje wyraźnie widoczne ślady nadpalenia w postaci czarnej sadzy. Na tej podstawie jednoznacznie stwierdziłem, że wysoka temperatura wywołana pożarem powoduje uszkodzenie włókien celulozowych (pirolizę) zawartych w strukturze płyty.

Bardzo istotną częścią mojej pracy badawczej były badania imperfekcji materiałowych płyt włóknisto-cementowych rozumianych jako wady produkcyjne. Badania te opisałem w podrozdz. 4.4 monografii. W trakcie procesu produkcyjnego płyt włóknisto-cementowych pojawiają się w nich czasem imperfekcje materiałowe, takie jak delaminacja, rysy, niejednorodność materiału czy obszary o lokalnej zbyt wysokiej wilgotności, które dyskwalifikują je jako pełnowartościowy element okładzinowy. Imperfekcje mają istotny wpływ m.in. na trwałość, bezpieczeństwo użytkowania oraz dalszą bezpieczną eksploatację okładzin wykonanych z płyt. Z tego powodu płyty wymagają kontroli jakości. Dotychczasowe metody kontroli oparte były przede wszystkim na badaniach wizualnych w trakcie produkcji oraz wybiórczej kontroli wybrakowanych pojedynczych płyt, które musiały być usuwane z linii produkcyjnej. Taki sposób jest bardzo kłopotliwy, powoduje przestoje produkcyjne i, co najważniejsze, umożliwia kontrolę wybiórczą tylko niewielkiej populacji produkowanych płyt. Szukając rozwiązania tego problemu podczas pracy w zakładzie produkcyjnym, zostałem

współautorem zautomatyzowanego procesu badania płyt za pomocą specjalnie do tego celu zbudowanego bezkontaktowego skanera ultradźwiękowego, wykorzystującego fale Lamba. Na rysunku 5 przykładowo przedstawiłem wyniki pomiarów dla zbioru 10 płyt, w którym w jednej z płyt za pomocą ultradźwiękowej metody bezkontaktowej zidentyfikowałem imperfekcję materiałową w postaci delaminacji.



Rys. 5. Przykładowe amplitudy P2P fal Lamba jako funkcja pozycji dla zestawu 10 badanych płyt włóknisto-cementowych (a), średnie wartości amplitud dla całości (z marginesami błędów) i dla jednej płyty z imperfekcją – delaminacją (niebieska linia) pokazaną na fotografii (b)

Na rysunku 5a wykreślono średnie wartości amplitudy fali Lamba oraz odchylenie standardowe średniej arytmetycznej w funkcji miejsca dla rozważanego zbioru płyt (10 sztuk) oraz

naniesiono rozkład amplitudowy dla płyty, w której wykryto tę imperfekcję. Analizując niniejszy przypadek, zaobserwowałem nagły lokalny spadek amplitudy fali w płycie w odległości ok. 1400 mm wzdłuż jej długości od brzegu płyty. Spadek ten istotnie odbiega od wartości średniej amplitudy w zbiorze płyt. Fotografia miejsca w płycie, dla którego zidentyfikowano wadę, przedstawiona na rys. 5b, pozwoliła mi stwierdzić wizualnie silny wzrost wilgotności w danym miejscu płyty, co związane jest z delaminacją w tym miejscu płyty.

Analogiczne badania wykonałem w monografii w celu wykrycia innych imperfekcji materiałowych jakimi są rysy. Wykonałem także na linii produkcyjnej eksperymentalne badania ultradźwiękowe z wykorzystaniem metody bezkontaktowej, na podstawie których wykazałem, że wartość amplitudy fali Lamba silnie zależy od wilgotności płyt (opisałem je w podrozdz. 4.4.2 monografii).

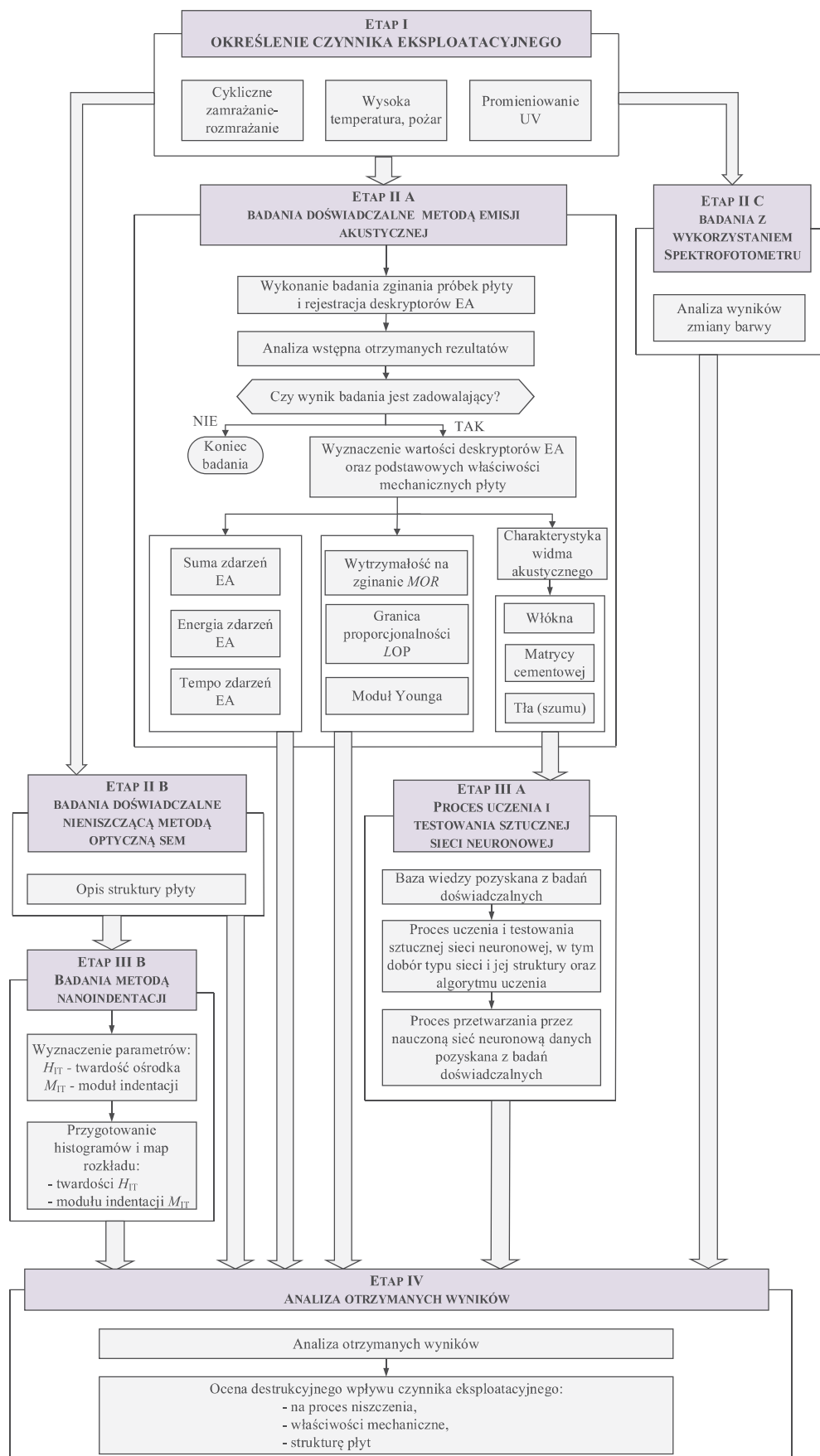
W rozdziale 5 monografii zawarłem aspekt praktyczny wykorzystania metody emisji akustycznej i obrazowania z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) do oceny zmian zachodzących w procesie niszczenia i strukturze płyt włóknisto-cementowych. **Wykazałem, że wpływ czynników destrukcyjnych może pojawić się jeszcze przed montażem płyt włóknisto-cementowych.** Przykładem, który opisałem było składowanie płyt w niedozwolony sposób na placu budowy przez okres kilku miesięcy, w tym zimowych. Narażone były tym samym na niekorzystne czynniki eksploatacyjne i warunki atmosferyczne. Podsumowując wykonane badania, stwierdziłem, że badana płyta została poddana destrukcyjnemu działaniu czynników środowiskowych, jakimi są wilgoć oraz zmienne cykle zamrażania i rozmrażania. Moim zdaniem, opisana w monografii metoda badawcza oceny procesu niszczenia płyt włóknisto-cementowych z wykorzystaniem metody emisji akustycznej i obrazowania SEM znajduje praktyczne i aktualne zastosowanie w budownictwie. Stała się więc inspiracją do opracowania autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym, którą opisałem w rozdz. 6 monografii.

W rozdziale 6 biorąc pod uwagę kwerendę literatury i zdobyte przeze mnie doświadczenie oraz najnowsze rezultaty badań własnych i wynikające z nich wnioski szczególnie świadczące o przydatności wybranych zastosowanych zaawansowanych metod badawczych, rozszerzone o nowe elementy kompilacji badawczych i uzyskane wyniki **zaproponowałem autorską metodę kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym.** Na szczególną uwagę zasługują metoda emisji akustycznej w połączeniu ze

sztucznymi sieciami neuronowymi, uzupełnionymi o metodę obrazowania SEM i metodę nanoindentacji. Należy podkreślić, że zaproponowana autorska metoda stanowi propozycję oryginalnej, wiarygodnej, bo potwierdzonej dogłębnymi badaniami oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę kompozytów włóknisto-cementowych na podstawie parametrów, określanych kompilacją różnych metod nieniszczących. Opracowaną autorską metodę przedstawiłem na rysunku 6 jako algorytm działań. W algorytmie wyróżniłem cztery etapy.

Etap I polega na określeniu (identyfikacji) czynnika eksploatacyjnego, któremu były poddane płyty włóknisto-cementowe. Następnie należy wskazać na płytach miejsca, z których należy pobrać próbki do badań.

Etap II podzieliłem na trzy części oznaczone literami A, B i C. W etapie IIA pierwszym krokiem jest przygotowanie próbek płyt włóknisto-cementowych z miejsc wskazanych w etapie I. W tym celu należy wyciąć z płyty przynajmniej po trzy próbki o wymiarach 20×100 mm. Tak przygotowane próbki należy umieścić w maszynie wytrzymałościowej i przeprowadzić badanie trójpunktowego zginania, podczas którego rejestrowane będą: siła niszcząca F i odkształcenie ε oraz deskryptory emisji akustycznej, takie jak: suma zdarzeń $\sum N_{zd}$, energia zdarzeń E_{zd} , tempo zdarzeń N_{zd} . Po wykonaniu próby zginania, należy dokonać wstępnej analizy otrzymanych rezultatów. Jeżeli wyniki są zadowalające, kolejnym krokiem jest wyznaczenie podstawowych właściwości mechanicznych płyty i wartości deskryptorów emisji akustycznej. Właściwości mechaniczne płyty to wytrzymałość na zginanie MOR , granica proporcjonalności LOP i wartość modułu Younga E_D .



Rys. 6. Schemat autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę kompozytów włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym

Zarejestrowane sygnały emisji akustycznej na etapie IIA służą do przygotowania wzorcowych charakterystyk widm akustycznych towarzyszących pękaniu włókien i matrycy cementowej oraz tła (szumu) badanych płyt włóknisto-cementowych. Po tym można przejść do kolejnego etapu. W zaprezentowanej metodzie zawarte są jeszcze dwa etapy, tj. etap IIB i IIC, które występują równolegle z etapem IIA. Etap IIB dotyczy badań doświadczalnych z wykorzystaniem nieniszczącej metody optycznej z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego SEM, umożliwiającego wieloskalową obserwację topografii badanego materiału w skali od nanometrycznej do mikrometrycznej. Badania te polegają na umieszczeniu na stoliku w komorze mikroskopu próbki płyty, a następnie skanowaniu jej powierzchni linia po linii. W prezentowanej metodzie badania te wykorzystano jako wspomagające do badań z wykorzystaniem metody emisji akustycznej. Dzięki nim otrzymano bardzo precyzyjny opis struktury badanej płyty włóknisto-cementowej. Etap IIC związany jest z badaniami z użyciem spektrofotometru. Jeżeli chodzi o etap IIC, to jest on przeznaczony tylko dla płyt włóknisto-cementowych elewacyjnych (okładzinowych), które zostały poddane oddziaływaniu promieniowania UV. Badania te umożliwiają ocenę zmiany barwy powierzchni płyty. Wyniki zmiany barwy przedstawia się za pomocą różnicy współrzędnych w przestrzeni barw CIELAB. Zaproponowany przeze mnie w monografii etap III metody jest również podzielony na dwa równoległe etapy oznaczone jako IIIA i IIIB. Etap IIIA stanowi proces uczenia i testowania sztucznej sieci neuronowej. Na początku, na podstawie badań doświadczalnych wykonanych uprzednio z wykorzystaniem emisji akustycznej należy przygotować bazę wiedzy. Otrzymany zbiór wzorców należy zapisać w pliku komputerowym, a następnie wykorzystuje się go w następnym kroku jako dane wejściowe dla sieci neuronowej. Kolejny krok to uczenie sieci, podczas którego wzorce uczące podawane są w odpowiedniej kolejności. Wykorzystując wzorce uczące, sztuczna sieć neuronowa uczy się identyfikować charakterystyki widm akustycznych towarzyszących pękaniu włókien, matrycy oraz charakterystyki tła. Na tym etapie dobierany jest typ sztucznej sieci neuronowej i jej struktura oraz algorytm uczenia. W zależności od liczby uzyskanych parametrów z badań doświadczalnych należy przyjąć strukturę sieci. Po nauczaniu sztucznej sieci neuronowej na danych wejściowych należy sprawdzić poprawność odwzorowywania sieci na danych do uczenia oraz na danych do testowania. W tym celu podawane są dwie pary danych wejściowych, a mianowicie dane, na których uczyła się sieć, gdzie sprawdzana była umiejętność odtwarzania wzorców, oraz dane do testowania, gdzie sprawdzana była umiejętność identyfikowania wzorcowych charakterystyk widmowych pochodzących od włókna i matrycy w trakcie próby zginania. Jeżeli sieć neuronowa poprawnie odwzorowuje dane uczące i poprawnie identyfikuje dane testujące,

to przyjmuje się, że jest ona nauczona. Następnie dane wyjściowe z sieci neuronowej należy przetworzyć. Wynikiem tego jest dla każdego z segmentów zapisu EA próby zginania, zapis wyjść sieci neuronowych rozpoznanych odpowiadających im widm akustycznych odpowiednio dla charakterystyki pęknięcia włókna i matrycy lub tła. Etap IIIB dotyczy badań z wykorzystaniem metody nanoindentacji. Metoda ta jest zalecana do wielkoskalowego podejścia w aspekcie prowadzonych badań. Zalecam ją jako uzupełnienie metody obrazowania SEM i metody emisji akustycznej. Ocenę parametrów mechanicznych płyt włóknisto-cementowych należy przeprowadzać z wykorzystaniem metody opracowanej dla materiałów niejednorodnych na podstawie cementowej z użyciem techniki Grid Indentation Technique (GIT). Dla każdej próbki zastosować należy regularną siatkę 220 testów. W każdym punkcie siatki należy wykonać pojedynczy standardowy test nanoindentacji przy maksymalnym obciążeniu 500 mN. Test przebiega w następujący sposób: ciągły wzrost siły do ustalonej wartości F_{max} , następnie w krótkim czasie utrzymywana jest ustalona maksymalna wartość siły, po czym następuje odciążenie, które również odbywa się w sposób ciągły. Podczas badania rejestrowana jest zależność między siłą F i wartością zagłębienia końcówki wgłębnika h . Po teście w badanej powierzchni pozostaje odcisk o wielkości zależnej m.in. od twardości materiału. Na podstawie analizy przeprowadzonych badań uzyskuje się rozkład parametrów mechanicznych na powierzchni próbek, tj. mapy konturowe i histogramy rozkładu twardości H_{IT} oraz rozkładu modułu indentacji M_{IT} .

Ostatni, IV etap to analiza otrzymanych wyników rozszerzonej kompilacji badań z wykorzystaniem wszystkich użytych metod badawczych. Podczas analizy określa się, czy wystąpił destrukcyjny wpływ wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia, właściwości mechaniczne oraz strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym.

Opracowana przeze mnie i przedstawiona w monografii autorska metoda kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę kompozytów włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym znajduje praktyczne i aktualne zastosowanie w budownictwie. Jest również odpowiedzią na wiele napotkanych przeze mnie problemów naukowych i inżynierskich związanych z płytami włóknisto-cementowymi poddanymi oddziaływaniu różnych czynników eksploatacyjnych.

Rozdział 7 jest podsumowaniem, w którym przedstawiłem wnioski i uwagi końcowe, osiągnięcia wynikające z przeprowadzonych badań naukowych, a także wytyczyłem kierunki dalszych możliwych badań naukowych kompozytów włóknisto-cementowych.

4.1.5. Wkład prezentowanego głównego osiągnięcia naukowego w rozwój naukowy dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport

Znaczny wkład głównego osiągnięcia naukowego pt. „**Opracowanie autorskiej metody kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym**” zawartego w monografii pt. „*Ocena wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na strukturę i proces destrukcji kompozytów włóknisto-cementowych*” w rozwój naukowy dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport można określić następująco:

1. Wykazałem, że wpływ zmiennych cykli zamrażania i rozmrażania objawia się przede wszystkim spadkiem wytrzymałości na zginanie *MOR* dla wszystkich badanych płyt. Przeprowadzone badania wykazały, że w chwili osiągnięcia wytrzymałości na zginanie *MOR* następuje pęknięcie matrycy cementowej. Zarysowanie matrycy cementowej inicjuje następne zdarzenia będące pękaniem włókien. We wszystkich seriach zaobserwowałem powstanie lub wyraźne zwiększenie nieliniowego przyrostu naprężeń w stosunku do odkształceń. Udowodniłem, że działanie cykli zamrażania i rozmrażania obniża aktywność akustyczną zdarzeń zachodzących podczas próby trójpunktowego zginania. W trakcie badań z wykorzystaniem SEM zaobserwowałem mechaniczne uszkodzenia włókien celulozowych oraz PVA, które zostały przerwane lub wyrwane z matrycy cementowej podczas próby trójpunktowego zginania. Analiza obrazów wykonanych z wykorzystaniem SEM oraz rezultatów badań z użyciem metody emisji akustycznej wykazała, że dla płyt włóknisto-cementowych działanie cykli zamrażania i rozmrażania działa destrukcyjnie w zakresie osłabienia przyczepności włókien do matrycy cementowej oraz obniżeniem wytrzymałości na rozciąganie włókien celulozowych.
2. Udowodniłem, że oddziaływanie promieniowania UV wpływa destrukcyjnie na strukturę płyt, szczególnie na włókna, co zostało potwierdzone spadkiem liczby zdarzeń rozpoznanych jako pęknięcie włókien. Wykazałem, że wyraźnie zmieniają się proporcje liczby zdarzeń emisji akustycznej przypisanych do pęknięcia włókien w stosunku do liczby zdarzeń przypisanych pękaniu matrycy po poddaniu płyt badaniom starzeniowym. Ponadto wykazałem, że badania starzeniowe powodują zwiększenie liczby zdarzeń przypisanych do pęknięcia matrycy, co jednoznacznie świadczy o zniszczeniu włókien zawartych w strukturze płyt.

3. Potwierdziłem przydatność metody nanoindentacji, dzięki której zaobserwowałem zauważalne zmiany morfologii mechanicznej analizowanych płyt pod wpływem wysokiej temperatury. Średnia wartość modułu indentacji M_{IT} , będącego miarą sprężystości materiału, po wystawieniu na działanie temperatury 230°C przez 3 godziny istotnie się zmniejszyła. Rezultaty te bardzo dobrze korespondują z analizą wykonaną z wykorzystaniem obrazowania SEM. Spadek odpowiedzi sprężystej mikrostruktury materiału, w rzeczywistości jego sztywności, był głównie spowodowany zmianami geometrii mikrostruktury obserwowanymi w SEM. Na tej podstawie udowodniłem, że średnia wartość twardości H_{IT} w wyniku ekspozycji na temperaturę 230°C istotnie się zmniejszyła.
4. Udowodniłem, że wysoka temperatura ma destrukcyjny wpływ na strukturę płyt włóknisto-cementowych. Wykazałem, że wraz ze wzrostem temperatury i czasem jej oddziaływania na płyty włóknisto-cementowe znacząco zmienia się charakter przebiegu niszczenia podczas próby trójpunktowego zginania, co wynika z zarejestrowanych deskryptorów emisji akustycznej oraz uzyskanych wartości wytrzymałości na zginanie MOR . Płyty poddane działaniu ognia charakteryzują się tym, że w momencie osiągnięcia wytrzymałości na zginanie MOR ulegają zniszczeniu podczas kruchego pęknięcia. Świadczy o tym zapis tempa zdarzeń EA, który jest w zasadzie jednostkowym pikiem w porównaniu do zapisu dla płyty referencyjnej. Na tej podstawie wykazałem, że wysoka temperatura powoduje uszkodzenie włókien celulozowych (pirolizę) zawartych w strukturze płyty. Kruche pękanie zarejestrowane podczas badań świadczy o całkowitej pirolizie włókien celulozowych i tym samym uzyskaniu w wyniku tego procesu struktury płyty składającej się tylko z matrycy cementowej.
5. Wykazałem przydatność wykorzystania bezkontaktowego skanera ultradźwiękowego do wykrywania imperfekcji materiałowych, tj. delaminacji i rys w płytach włóknisto-cementowych (wad produkcyjnych) w wyniku nieprawidłowego składowania. Analiza przeprowadzonych przeze mnie badań potwierdziła, że w przypadku wykrycia delaminacji obserwuje się nagły lokalny spadek amplitudy fali w płycie, który istotnie odbiega od wartości średniej amplitudy w zbiorze płyt. Jeżeli chodzi o identyfikację rys, to w badaniach wykazałem, że otrzymany przebieg amplitudy fali Lamba sugeruje pojawienie się nieprawidłowości tego typu. Widoczne jest w tym przypadku przesunięcie narastania sygnału fali Lamba w porównaniu z amplitudą rejestrowaną dla

innych płyt pozbawionych tego typu imperfekcji. Ponadto w przeprowadzonych badaniach z wykorzystaniem skanera potwierdziłem, że opisywana metoda badawcza może być przydatna również w określaniu zawilgocenia płyt włóknisto-cementowych. Analizując wyniki badań ultradźwiękowych dla płyty zawilgoconej, potwierdziłem spadek amplitudy fali Lamba oraz wzrost czasu przejścia fali przez płytę w porównaniu z wynikami dotyczącymi płyt będących w stanie powietrzno-suchym (niezawilgoconymi).

6. Opracowałem autorską metodę kompleksowej oceny wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych na proces niszczenia i strukturę płyt włóknisto-cementowych w ujęciu wieloskalowym. Opracowana metoda jest zwięźleniem przeprowadzonych badań własnych i analizy uzyskanych wyników.

4.2. Osiągnięcie projektowo-technologiczne

4.2.1. Tytuł osiągnięcia projektowo-technologicznego

„Zaprojektowanie i wdrożenie technologii produkcji płyt włóknisto-cementowych w zakładzie produkcyjnym”

4.2.2. Omówienie osiągnięcia projektowo-technologicznego

Moim osiągnięciem o charakterze projektowo-technologicznym był współudział **w zaprojektowaniu i wdrożeniu technologii produkcji płyt włóknisto-cementowych w zakładzie produkcyjnym**, który powstał w miejscowości Wszemirów w okolicach Trzebnicy na Dolnym Śląsku. Opracowanie i wdrożenie technologii produkcji był jednym z etapów projektu: „Program Innowacyjna Gospodarka: UDA-POIG.04.04.00-02-019/08, Uruchomienie innowacyjnej produkcji ekologicznych płyt celulozowo-cementowych”, dofinansowanie w ramach Działania 4.4 Nowe inwestycje o wysokim potencjale innowacyjnym, Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013”. W ramach tego projektu wraz z prof. Krzysztofem Schabowiczem zajmowałem się opracowaniem procesu technologicznego produkcji płyt włóknisto-cementowych w technologii „flow-on”. Moim zadaniem było przede wszystkim projektowanie linii technologicznej oraz właściwy dobór i opis urządzeń w zakładzie produkcyjnym. Z kolei prof. Krzysztof Schabowicz sprawował szeroko pojęty nadzór merytoryczny. Następnie czynnie uczestniczyłem w procesie

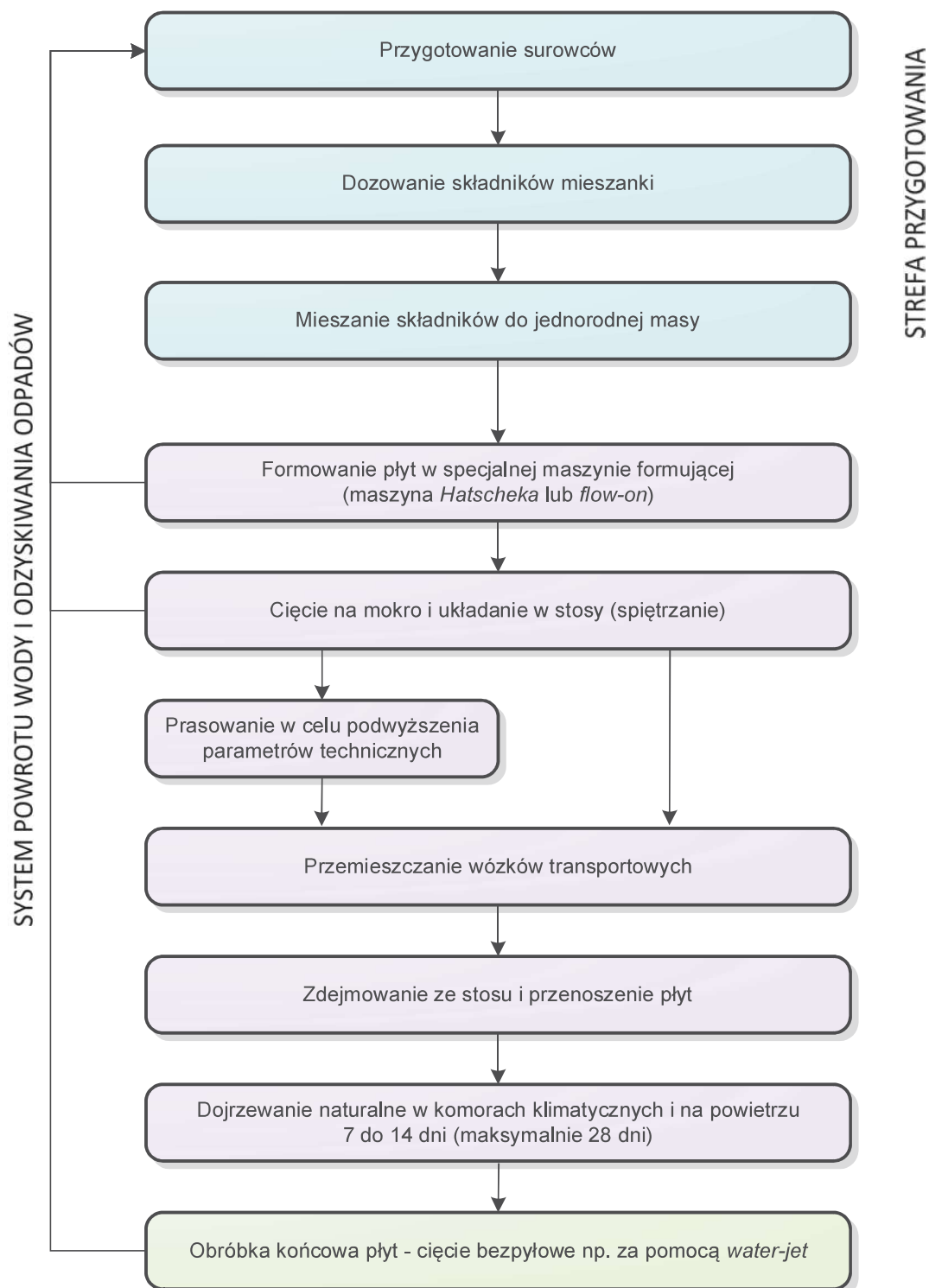
uruchamiania produkcji płyt w tym zakładzie. Po zmontowaniu linii produkcyjnej i uruchomieniu zakładu, czynnie uczestniczyłem w **opracowywaniu innowacyjnych rozwiązań. Działania te dotyczyły opracowania receptur (składów) płyt oraz projektowania i opracowaniu infrastruktury badawczej. Rozwiązania te zostały wdrożone w zakładzie zarówno na linii produkcyjnej, jak i do prowadzenia badań.**

W zakładzie tym sprawowałem także funkcję kierownika działu Badań i Rozwoju. Prowadziłem pilotażowe badania laboratoryjne podczas próbnej produkcji, przed wprowadzeniem produkowanych płyt do obrotu, a następnie prowadziłem badania w ramach ZKP (zakładowej kontroli produkcji).

Szczegółowo proces technologii produkcji płyt włóknisto-cementowych opisano w [T1]. Na rysunku 7 pokazałem schemat tego procesu. Proces ten został także omówiony w p. 2.2 monografii, która stanowi główne osiągnięcie naukowe i została przedstawiona w p. 4.1 niniejszego autoreferatu. Chciałbym zaznaczyć, że wszystkie wykonane przeze mnie fotografie urządzeń zamieszczone w monografii, pochodzą z zakładu produkcyjnego, w którym wdrożona została technologia produkcji, której byłem współtwórcą. Na uwagę zasługuje również mój udział w przygotowaniu monografii [T2] pt. „*The Fabrication, Testing and Application of Fibre Cement Boards*” która została wydana w Wielkiej Brytanii. W tej książce byłem współautorem dwóch rozdziałów. Jeden dotyczył technologii produkcji płyt, a drugi przykładów ich zastosowania. Z uwagi na fakt, że proces produkcji płyt włóknisto-cementowych został szczegółowo opisany m. in. w monografii, poniżej przedstawię moje kolejne osiągnięcia, które są bardzo istotne, ponieważ dotyczą zarówno szeroko pojętego procesu produkcji, dojrzewania wyprodukowanych płyt oraz ich późniejszych badań.

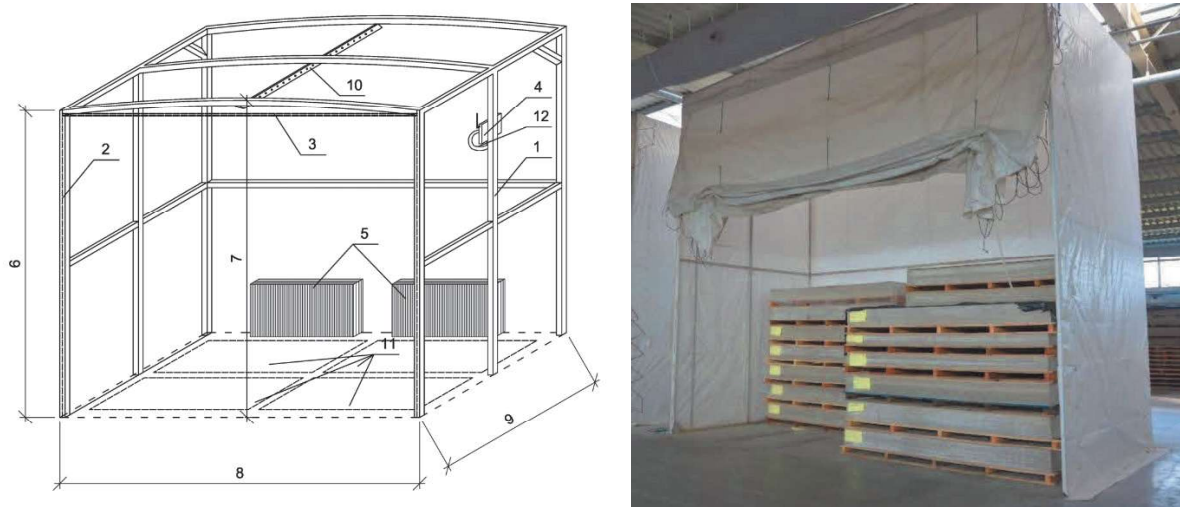
Jednym z moich **osiągnięć związanych ściśle z technologią produkcji jest współudział w opracowaniu innowacyjnych receptur, które są chronione patentami.** I tak w [T3] przedstawiono recepturę kompozytowego materiału włóknisto-cementowego z dodatkiem pyłu perlitowego oraz jego zastosowanie. W patencie [T4] zamieszczono recepturę kompozytowego materiału włóknisto-cementowego z dodatkiem popiołu lotnego i jego zastosowanie. Z kolei w patencie [T5] opisano recepturę kompozytowego materiału włóknisto-cementowego z dodatkiem proszku kaolinowego i jego zastosowanie. Natomiast w patencie [T6] zamieszczono recepturę kompozytowego materiału włóknisto-cementowego z dodatkiem pyłu keramzytowego i jego zastosowanie. Wszystkie wyżej wymienione receptury zostały przeze mnie zaimplementowane na linii produkcyjnej w zakładzie. Otrzymano próbne partie wyrobów, które następnie zostały przeze mnie przebadane w zakresie wymagań normy PN-EN 12467. Uzyskałem bardzo ciekawe rezultaty z przeprowadzonych badań, jednak z uwagi na

fakt, że płyty o takim innowacyjnym składzie nie były wówczas stosowane w budownictwie, moje badania naukowe przedstawione w monografii ograniczyły się więc do płyt dostępnych na rynku i powszechnie stosowanych w budownictwie.



Rys. 7. Opracowany schemat procesu technologicznego produkcji płyt włóknisto-cementowych

Kolejnym moim osiągnięciem, jest współudział w opracowaniu koncepcji sposobu pielęgnacji płyt podczas ich dojrzewania, polegającego na zapewnieniu dojrzewającym płytom odpowiednich warunków klimatycznych, tj. temperatury i wilgotności. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia optymalizacji procesu technologicznego produkcji płyt włóknisto-cementowych. W następstwie opracowania tej koncepcji, został sporządzony projekt **komory klimatycznej**. Następnie przedmiotowa komora została wykonana i z powodzeniem wdrożona na linii produkcyjnej w zakładzie (rys. 8) oraz jest chroniona patentem [T7].



Rys. 8. Schemat zaprojektowanej komory klimatycznej do pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania [T7] (po lewej) i jej widok w zakładzie produkcyjnym (po prawej)

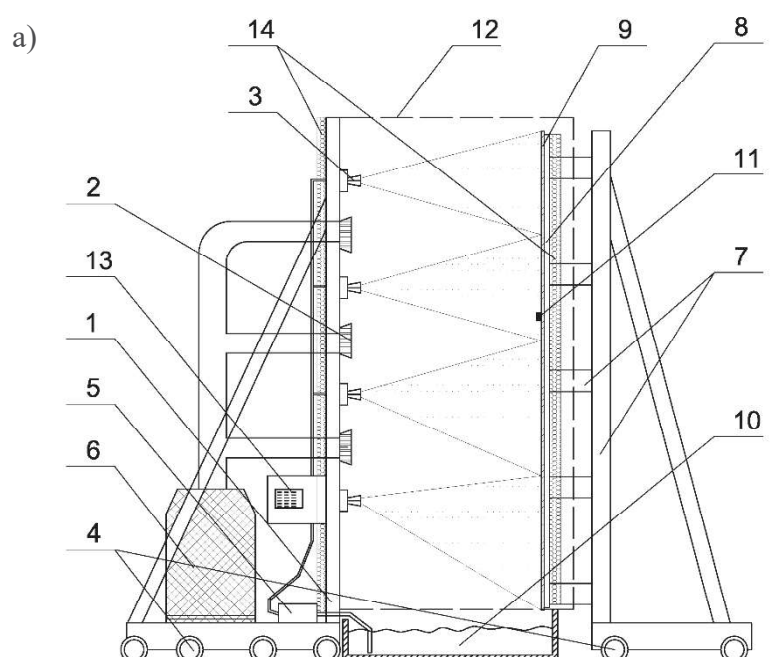
Zaprojektowana komora klimatyczna do pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania składa się ze stelażu stalowego (1) obłożonego szczelnie materiałem nieprzepuszczalnym dla pary wodnej, przy czym na przedniej stronie stelażu po bokach znajdują się prowadnice do unoszenia planek (2), a w górnej części przedniej strony komory znajduje się rolka lub uchwyt mocujący plankę (3), natomiast we wnętrzu komory zainstalowany jest czujnik temperatury (4), czujnik wilgotności (12), system grzewczy w postaci grzejników elektrycznych (5) oraz wodny system natryskowy (10). Istota sposobu pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania według wynalazku polega na tym, że świeże płyty włóknisto-cementowe składa się w stosie na miejscu składowania (11), na stelaż stalowy nakłada się materiał nieprzepuszczalny dla pary wodnej po czym uruchamia się cykl natrysku wodą poprzez system natryskowy, który trwa do momentu osiągnięcia wilgotności powietrza wynoszącej od 85% do 95%, a następnie po zarejestrowaniu przez czujnik temperatury spadku temperatury w komorze uruchamia się system grzewczy w postaci grzejników, który trwa do momentu uzyskania temperatury od 30 do 40°C, w wyniku

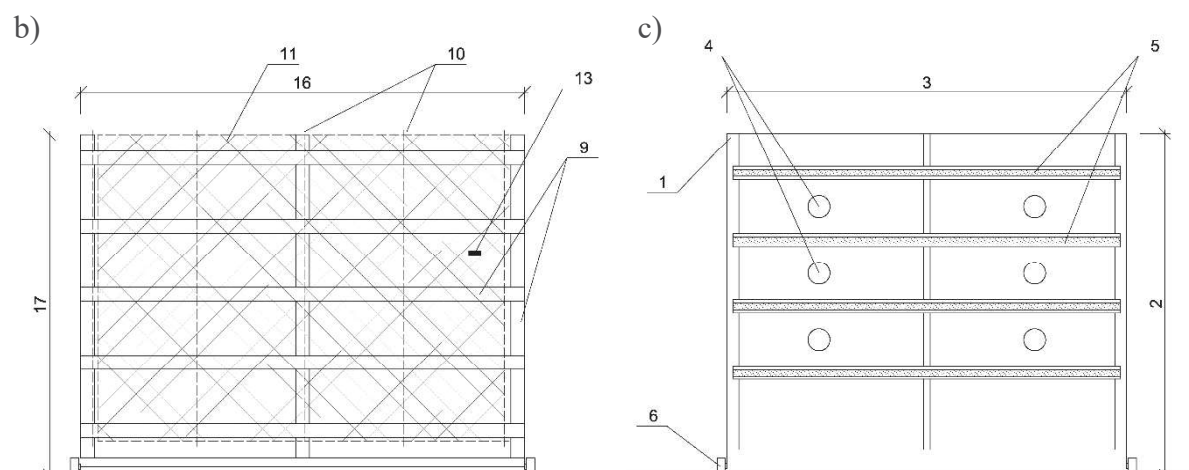
czego proces dojrzewania płyt włóknisto-cementowych zostaje przyspieszony do 10-14 dni. Dzięki zastosowaniu w komorze czujnika temperatury i wilgotności powietrza monitorowane są parametry cieplno-wilgotnościowe panujące w komorze. Szczelna obudowa komory sprawia, że w środku nie występuje ruch powietrza. Ułożenie w stosie świeżych płyt włóknisto-cementowych sprawia, że przez znaczny okres czasu dojrzewania płyt, w znacznym stopniu do ogrzewania powietrza w komorze wykorzystywane jest ciepło powstające podczas hydratacji cementu. Zasadniczą zaletą techniczną komory klimatycznej jest wyraźne skrócenie czasu potrzebnego na dojrzewanie płyt włóknisto-cementowych z okresu około 28 dni do 10-14 dni, w zależności od rodzaju i grubości płyty (6-14 mm). Ponadto dojrzewanie płyt w kontrolowanych i ustabilizowanych warunkach cieplno-wilgotnościowych jakie zapewnia przedmiotowa komora klimatyczna, wpływa korzystnie na właściwości mechaniczne płyt. W efekcie końcowym, otrzymuje się płyty włóknisto-cementowe o wyższej wytrzymałości na zginanie, w stosunku do wytrzymałości płyt dojrzewających w warunkach niekontrolowanych.

Następnym moim **osiągnięciem jest współudział w opracowaniu koncepcji komory do badań starzeniowych**. Urządzenie takie było niezbędne z punktu widzenia prowadzenia badań w ramach ZKP oraz badań związanych z wprowadzeniem wyrobów (płyt) do obrotu. Ideą tego urządzenia było symulowanie procesów starzeniowych wywołanych cyklicznym naprzemiennym grzaniem i deszczowaniem płyt. Urządzenie to zostało następnie wykonane i wdrożone w zakładzie produkcyjnym i jest chronione patentem [T8]. Zdjęcia komory pokazano na rysunkach 9 i 10.



Rys. 9. Widok wykonanej komory do badań starzeniowych znajdującej się z zakładzie produkcyjnym





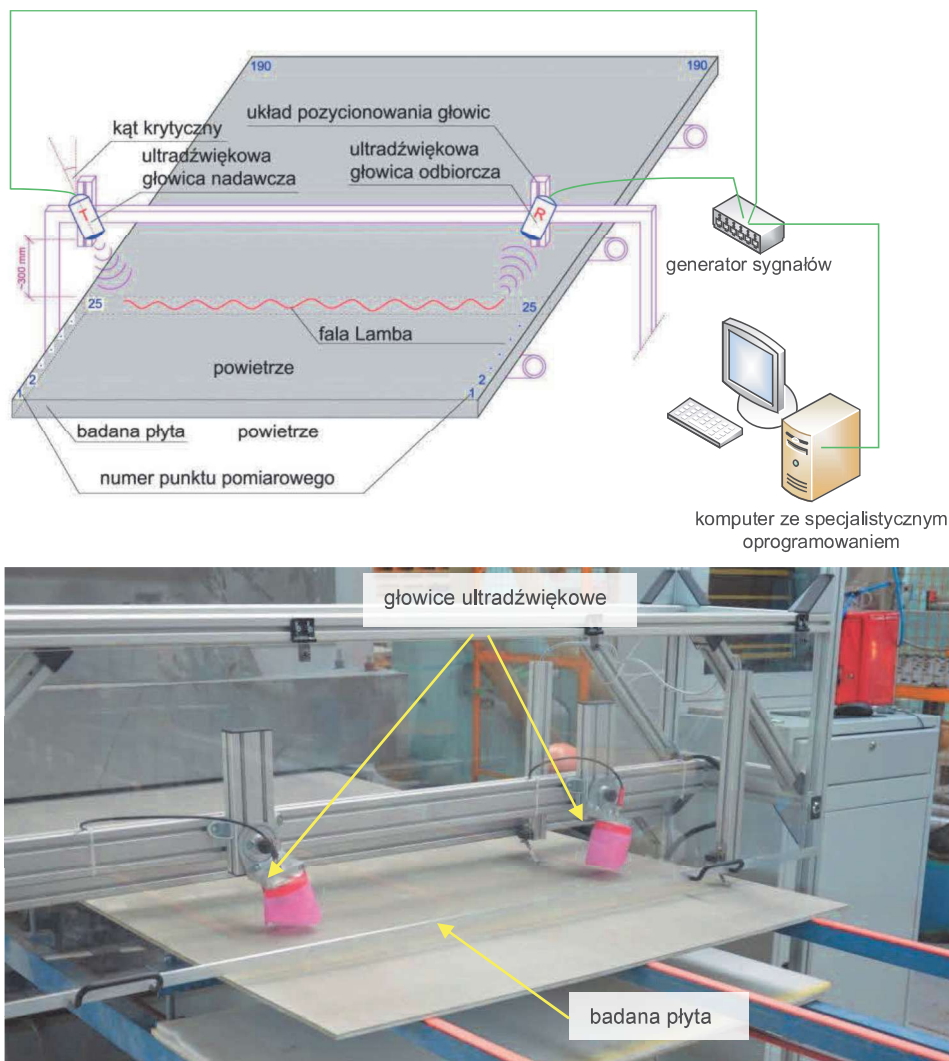
Rys. 10. Schemat komory do badań starzeniowych: a) widok z boku, b) widok z przodu ramy do mocowania płyt, c) widok z przodu ramy na której znajdują się urządzenia grzewcze i natryskowe [T8]

Zaprojektowana komora składa się z dwóch przesuwnych na kołach 4 elementów. Jednym z nich jest rama (1) na której znajduje się nagrzewnica (6) z systemem rur rozprowadzających gorące powietrze (2), pompa wodna (5) połączona z systemem rur i dysz natryskowych (3). Woda pobierana jest ze zbiornika (10). Nagrzewnica (6) i dysze natryskowe (3) sterowane są elektronicznym panelem sterującym (13). Do boków i góry ramy (1) zamocowane są przesłony (12) wykonane z pleksiglasu w celu zabezpieczenia przed rozpryskiwaniem wody poza komorę. Rama (1) jest zabezpieczona izolacją termiczną (14). Drugą część komory stanowi przesuwna na kołach (4) rama konstrukcyjna (7), do której przymocowana jest aluminiowa podkonstrukcja (8) a do niej z kolei przymocowane są badane płyty (9). Od strony zewnętrznej rama konstrukcyjna (7) zabezpieczona jest warstwą izolacji termicznej (14). Do badanej płyty (9) zamocowany jest czujnik temperatury (11) mierzący temperaturę na powierzchni płyty, połączony z elektronicznym panelem sterującym (13). Zamocowane w komorze do badań starzeniowych płyty włóknisto-cementowe są natryskiwane wodą na całej powierzchni. Zainstalowane dysze natryskowe zapewniają wydajność około $1\text{ m}^3/\text{min}$. Następnie następuje przerwa, po czym następuje wygrzewanie płyt, przy czym nagrzewnica zapewnia stałą wymaganą temperaturę na powierzchni płyt o wartości 65°C . Temperatura ta na powierzchni płyt musi być osiągnięta po 15 minutach grzania. Po wygrzewaniu następuje przerwa i znowu zaczyna się deszczowanie (natrysk płyt). Komora do badań starzeniowych jest w pełni zautomatyzowana poprzez elektroniczny panel sterujący, dzięki któremu jest możliwość zdefiniowania temperatury uzyskiwanej na powierzchni płyt, czasu trwania nagrzewania, deszczowania i przerw pomiędzy kolejnymi cyklami oraz liczby cykli badawczych. Woda używana do natrysku płyt wykorzystywana jest w obiegu zamkniętym. Po zmoczeniu płyt spływa do specjalnego zbiornika znajdującego się pod systemem ram mocujących płyty.

Zaletą komory do badań starzeniowych jest możliwość symulowania procesów starzeniowych w płytach włóknisto-cementowych, odzwierciedlających wieloletni okres użytkowania płyt w rzeczywistych zmiennych warunkach atmosferycznych.

Chciałbym zaznaczyć, że czynnie uczestniczyłem w pracach związanych z budową (montażem) tej komory, prowadziłem testy tego urządzenia, a po jej uruchomieniu wykonywałem badania laboratoryjne płyt poddanych procesowi grzania-deszczowania m. in. w ramach ZKP.

Ostatnim moim **osiągnięciem jest współautorstwo w opracowaniu koncepcji urządzenia - skanera ultradźwiękowego**. Badania prowadzone w ramach zakładowej kontroli produkcji były inspiracją do podjęcia próby skonstruowania urządzenia, które usprawniłoby proces kontroli i dałoby możliwość wykrywania wad produkcyjnych, takich jak pęknięcia, rysy i delaminacje. W tym celu powstał zespół badawczy, którym kierował prof. Krzysztof Schabowicz. Zespół ten opracował **metodę oraz urządzenie pomiarowe przeznaczone do oceny jakości materiałów płytowych będących w ruchu w sposób bezkontaktowy i nieniszczący przy wykorzystaniu ultradźwiękowych fal płytowych (Lamba)**. Metoda ta nie wymaga stosowania środków sprzęgających, na przykład cieczy lub materiałów stałych pomiędzy przetwornikami ultradźwiękowymi, a badaną płytą. W ramach tej samej współpracy opracowano także sposób bezkontaktowej kontroli jakości kompozytowych płyt włóknisto-cementowych wykorzystujący fale Lamba. Szczegółowy opis urządzenia oraz sposób działania opisałem w monografii w podrozdziale 2.3.1. Zarówno sposób, metoda badania oraz urządzenie zostały opatentowane [T9], [T10]. Na koniec chciałbym zaznaczyć, że przy moim istotnym udziale opisywany układ jak i sposób bezkontaktowej kontroli jakości materiałów płytowych w ruchu zostały wdrożone w zakładzie produkującym płyty włóknisto-cementowe. Na rysunku 11 przedstawiłem schemat i widok konstrukcji zbudowanego na linii produkcyjnej bezkontaktowego skanera ultradźwiękowego.



Rys. 11. Schemat i widok stacjonarnego bezkontaktowego skanera ultradźwiękowego

Przy pomocy tego urządzenia podczas produkcji można wykrywać delaminacje lub ubytki i nieciągłości w strukturze, co pozwala w konsekwencji wyeliminować wadliwą partię płyt. Można również za pomocą tego skanera badać rozkład wilgotności po długości płyty. Rezultaty takich badań, które wykonałem w ramach badań własnych, zaprezentowałem w podrozdziale 4.4 monografii.

Za kluczowe rezultaty w ramach osiągnięcia projektowo-technologicznego pt. „Zaprojektowanie i wdrożenie technologii produkcji płyt włóknisto-cementowych w zakładzie produkcyjnym” należy uznać w szczególności następujące opracowania i wdrożenia:

1. Współudział w opracowaniu linii technologicznej i procesu produkcji płyt włóknisto-cementowych w technologii „flow-on.
2. Udział w opracowaniu innowacyjnych receptur, które są chronione patentami i zostały wdrożone przeze mnie na linii produkcyjnej w zakładzie.

3. Współudział w opracowaniu koncepcji komory klimatycznej do pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania i sposobu ich pielęgnacji. Przedmiotowa komora została wdrożona na linii produkcyjnej płyt włóknisto-cementowych oraz jest chroniona patentem.
4. Współudział w opracowaniu koncepcji i zaprojektowaniu komory do badań starzeniowych, udział w montażu tego urządzenia oraz prowadzenie testów urządzenia. Urządzenie to zostało wdrożone w zakładzie i jest chronione patentem.
5. Współudział w zespole badawczym, który opracował metodę oraz urządzenie pomiarowe przeznaczone do oceny jakości materiałów płytowych będących w ruchu w sposób bezkontaktowy i nieniszczący przy wykorzystaniu ultradźwiękowych fal powierzchniowych (Lamba). Opracowana metoda oraz urządzenie są chronione patentem.

4.2.3. Zestawienie prac związanych z osiągnięciem projektowo-technologicznym

Poniżej zamieściłem listę prac cytowanych w ramach opisu osiągnięcia projektowo-technologicznego.

- [T1] Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, *Opracowanie procesu technologicznego produkcji płyt włóknisto-cementowych*, Raporty Inst. Bud. Politechniki Wrocławskiej, 2013, Ser. SPR, Nr 11.
- [T2] Zbigniew Ranachowski, Krzysztof Schabowicz, *The Fabrication, Testing and Application of Fibre Cement Boards*, Cambridge Scholars Publishing, Newcastle 2018 (*jestem współautorem dwóch rozdziałów w tej monografii*).
- [T3] Patent. Polska, nr PL 234159. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Aleksander Kapelko, *Kompozytowy materiał włóknisto-cementowy z dodatkiem pyłu perlitowego oraz jego zastosowanie*, opubl. 31.01.2020.
- [T4] Patent. Polska, nr PL 234161. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Aleksander Kapelko, *Kompozytowy materiał włóknisto-cementowy z dodatkiem popiołu lotnego i jego zastosowanie*, opubl. 31.01.2020.
- [T5] Patent. Polska, nr PL 234160. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Aleksander Kapelko, *Kompozytowy materiał włóknisto-cementowy z dodatkiem proszku kaolinowego i jego zastosowanie*, opubl. 31.01.2020.
- [T6] Patent. Polska, nr PL 234158. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Aleksander Kapelko, *Kompozytowy materiał włóknisto-cementowy z dodatkiem pyłu keramzytowego i jego zastosowanie* opubl. 31.01.2020.
- [T7] Patent. Polska, nr 228257. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, *Komora klimatyczna do pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania i sposób pielęgnacji płyt włóknisto-cementowych podczas ich dojrzewania*, opubl. 30.03.2018.

- [T8] Patent. Polska, nr 225529. Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, *Komora do badań starzeniowych*, WUP 04/17, opubl. 28.04.2017.
- [T9] Patent. Polska, nr PL 230070. Mariusz Kaczmarek, Radosław Drelich, Michał Pakuła, Dawid Witkowski, Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, *Sposób bezkontaktowej kontroli jakości płyt*, opubl. 28.09.2018.
- [T10] Patent. Polska, nr PL 229421. Mariusz Kaczmarek, Radosław Drelich, Michał Pakuła, Dawid Witkowski, Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, *Układ bezkontaktowej kontroli jakości materiałów płytowych w ruchu*, opubl. 31.07.2018.

4.3. Drugie osiągnięcie naukowe

4.3.1. Tytuł drugiego osiągnięcia naukowego

„Ocena wpływu wybranych czynników technologicznych i eksploatacyjnych na strukturę i proces niszczenia betonów samozagęszczalnych”

4.3.2. Forma drugiego osiągnięcia naukowego

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi 4 artykuły, stanowiące cykl publikacji powiązanych tematycznie, opublikowanych w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR) w latach 2011 ÷ 2015, w których jestem zarówno **pierwszym** jak i **korespondencyjnym** autorem. We wszystkich artykułach współautorskich byłem wykonawcą badań. Artykuły te wyszczególniłem poniżej w kolejności chronologicznej, z podaniem danych bibliograficznych, wartością wskaźnika Impact Factor (IF), punktacją MEiN (wcześniej MNiSW). Przedstawione w p. 4.3.3 rezultaty badań prezentowałem także na konferencjach naukowych.

Artykuły naukowe:

- [P1] **Tomasz Gorzelańczyk**✉, Jerzy Hoła: Pore structure of self-compacting concretes made using different superplasticizers. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2011, vol. 11, nr 3, s. 611-621. **Punktacja MNiSW (2005-2012) 20 pkt, IF 0,855.**
- [P2] **Tomasz Gorzelańczyk**✉: Moisture influence on the failure of self-compacting concrete under compression. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2011, vol. 11, nr 1, s. 45-60. **Punktacja MNiSW (2005-2012) 20 pkt, IF 0,855.**
- [P3] **Tomasz Gorzelańczyk**✉: Acoustically assessed influence of air pore structure on failure of self-compacting concretes under compression. Journal of Civil Engineering and Management. 2012, vol. 18, nr 1, s. 60-70. **Punktacja MNiSW (2012) 50 pkt, IF 2,016.**
- [P4] **Tomasz Gorzelańczyk**✉, Jerzy Hoła: Stress failure of cement concretes under compression - synthesis of knowledge, conclusions, Journal of Civil Engineering and Management. 2015, vol. 21, nr 1, s. 1-10. **Punktacja MNiSW (2013-2018) 40 pkt, IF 1,530.**

Konferencje:

- [K1] **Tomasz Gorzelańczyk**, Jerzy Hoła: The use of acoustic emission for the assessment of the effect of nonmechanical service conditions on the degeneration and fatigue strength of selected concretes. e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics. 2011, vol. 16, nr 4, s. 65-72. Toż w: NDE for Safety : 40th international conference and NDT exhibition : proceedings, November 10-12, 2010, Pilsen, Czech Republic / ed. by Pavel Mazal and Luboš Pazdera. Brno : University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering, 2010. s. 65-72.
- [K2] **Tomasz Gorzelańczyk**, Jerzy Hoła: Assessment of failure of selected special concretes by acoustic emission technique / Tomasz Gorzelańczyk, Jerzy Hoła. e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics. 2010, vol. 15, nr 5, s. 1-8. Toż w: NDE for Safety 2009 : 39th international conference and NDT exhibition : proceedings, November 04-06, 2009, Prague, Czech Republic / ed. by Pavel Mazal, Luboš Pazdera. Brno : University of Technology, 2009. s. 29-36.
- [K3] **Tomasz Gorzelańczyk**, Jerzy Hoła: Wykorzystanie metod akustycznych do jakościowej oceny procesu niszczenia betonów samozagęszczonych, zwykłych i wysokowartościowych. W: Badania nieniszczące w diagnostyce technicznej: 37 Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Sobieszewo, [21-23 października] 2008. Polskie Towarzystwo Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP, 2008. s. 81-85.

4.3.3. Omówienie drugiego osiągnięcia naukowego

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora moje zainteresowania naukowe obejmowały tematy naukowo-badawcze związane z zagadnieniami oceny procesu niszczenia betonów specjalnych, w szczególności betonów samozagęszczalnych. Destrukcja naprężeniowa ściskanego betonu obejmuje zagadnienia związane z powstawaniem, rozwojem, kumulacją i propagacją mikrouszkodzeń struktury pod wpływem obciążenia zewnętrznego. Przebieg tej destrukcji uzależniony jest od obecności w betonie różnego rodzaju naprężeń własnych i defektów zapoczątkowanych w nieobciążonym betonie. Uważa się, że naprężenia te i defekty, to wynik zaistnienia całej gamy czynników technologicznych w szeroko rozumianym procesie tworzenia betonu, które mają decydujący wpływ na określony przebieg jego destrukcji naprężeniowej. Wizualnym efektem tego przebiegu, obserwowanym w badaniach laboratoryjnych są naprężenia inicjujące pękanie σ_i i naprężenia krytyczne σ_{cr} . Naprężenia inicjujące pękanie σ_i i krytyczne σ_{cr} uznawane są przez wielu badaczy za dwie bardzo ważne cechy wytrzymałościowe betonu ściskanego, informujące o jego „predyspozycji” do sygnalizowanego lub niesygnalizowanego rysowania się. Zainteresowanie problematyką

wykorzystania tych naprężeń w ocenie przebiegu procesów destrukcyjnych zachodzących w ściskany beton nie słabnie od dłuższego już czasu i obejmuje coraz to nowsze betony, w tym betony specjalne, między innymi betony samozagęszczalne.

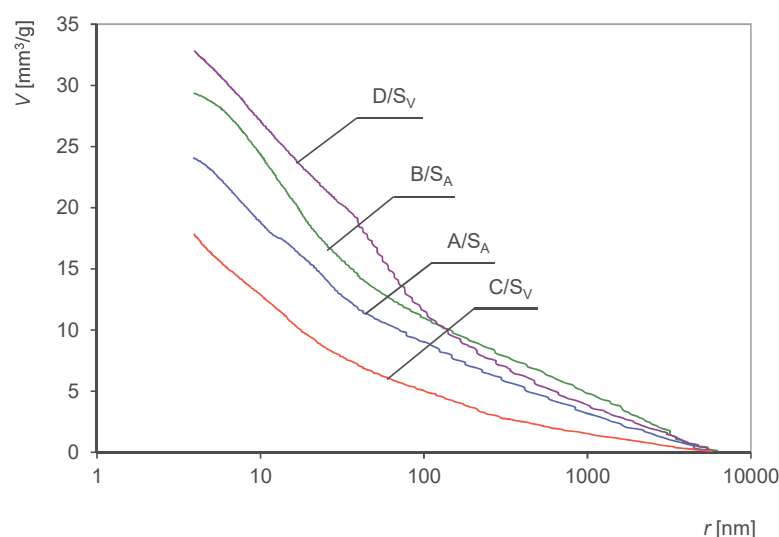
W pracach [P1] i [P3] zajmowałem się wpływem zastosowanych składników (wielkość kruszywa, superplastyfikatora) na strukturę porów powietrznych, a następnie wpływem tej struktury na proces niszczenia ściskanego betonu samozagęszczalnego [P3]. Badaniom poddałem 4 betony samozagęszczalne oznaczone literami A/S_A, B/S_A, C/S_V i D/S_V, wykonane z tych samych składników, mianowicie z cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R, kruszywa żwirowego, piasku rzeczno, popiołu lotnego, wody wodociągowej zdanej do picia, oraz dwóch różnych superplastyfikatorów. Wielkość maksymalnego ziarna kruszywa w betonach A/S_A i C/S_V wynosiła 16 mm, a w betonach B/S_A i D/S_V 8 mm. Betony A/S_A i B/S_A wykonano z użyciem superplastyfikatora oznaczonego symbolem S_A, natomiast betony C/S_V i D/S_V z użyciem superplastyfikatora oznaczonego symbolem S_V. Superplastyfikator S_A wyprodukowany został na bazie eteru polikarboksylowego, natomiast superplastyfikator S_V na bazie kombinacji polikarboksylanów i regulatorów lepkości, wiązania i twardnienia. Następnie zbadałem metodami akustycznymi proces niszczenia tych betonów i określiłem rozgraniczające ten proces wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i krytycznych σ_{cr} . Wykorzystując uzyskane rezultaty obliczyłem wytrzymałość zmęczeniową badanych betonów. Na tej podstawie można było sformułować wniosek w kwestii przydatności tych betonów do wznoszenia konstrukcji poddanych obciążeniom wielokrotnie zmiennym.

Badania struktury porów powietrznych w tych czterech stwardniałych 90 dniowych betonach przeprowadzono za pomocą komputerowego analizatora obrazu (w zakresie średnic porów 10-4000 μm) oraz porozymetru rtęciowego w zakresie promieni porów 5 – 7500 nm. Badania procesu niszczenia zrealizowano w próbie doraźnego ściskania, w maszynie wytrzymałościowej z wykorzystaniem dwóch metod akustycznych, a mianowicie: ultradźwiękowej i emisji akustycznej. Badanym parametrem była prędkość podłużnej fali ultradźwiękowej V_L określana w kierunku prostopadłym do kierunku działania obciążenia, w funkcji przyrostu naprężeń ściskających na próbkach sześciennych o wymiarach 100×100×100 mm. W metodzie emisji akustycznej użyto próbki o wymiarach 50×50×100 mm, wycięte z większych elementów próbnych. W trakcie ich ściskania rejestrowanymi deskryptorami emisji akustycznej w funkcji czasu, były: tempo zdarzeń N_{zd} oraz wartość skuteczna sygnału RMS . Szczegółowe wyniki badań struktury porowatości stwardniałych betonów samozagęszczalnych po 90 dniach dojrzewania zestawiono w pracy [P1] oraz przykładowo wybrane rezultaty w tabeli 1. Zestawienia dokonano w układzie porównawczym

dla betonów A/S_A i B/S_A oraz C/S_V i D/S_V z podziałem na metody badawcze, które wykorzystywano, tj. komputerowy analizator obrazu i porozymetr rtęciowy. Z kolei na rysunku 12 przykładowo pokazano charakterystykę porowatości badanych betonów w zakresie porów 5–7500 nm (krzywe przyrostu objętości porów V w funkcji ich promieni r).

Tabela 1. Zestawienie uśrednionych wartości wybranych parametrów charakteryzujących strukturę porów powietrznych w porównywanych betonach A/S_A i C/S_V oraz B/S_A i D/S_V

Badany parametr		Oznaczenie serii betonu			
		A/S _A	B/S _A	C/S _V	D/S _V
Uzyskane z komputerowego analizatora obrazu	Całkowita zawartość powietrza w stwardniałym betonie (<i>rozumiana jako objętościowy udział pęcherzyków powietrza w stwardniałym betonie</i>) A [%]	6,70	8,30	2,90	4,45
	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3 mm A_{300} [%]	1,50	2,96	0,70	1,74
	Wskaźnik rozmieszczenia porów powietrznych $\bar{L}$ [mm]	0,26	0,11	0,33	0,13
	Powierzchnia właściwa porów powietrznych α [mm ⁻¹]	17	36	21	45
Uzyskane z porozymetru rtęciowego	Porowatość całkowita (<i>rozumiana jako objętościowy udział wszystkich porów w stwardniałym betonie</i>) p [%]	12,71	13,02	11,90	12,44
	Objętość właściwa porów V [mm ³ /g]	24,08	32,81	17,85	29,35
	Średni promień porów $\bar{r}$ [nm]	3,90	6,20	6,15	15,70
	Powierzchnia właściwa porów α' [m ² /g]	7,12	3,97	2,66	2,88



Rys. 12. Charakterystyka porowatości betonów A/S_A – D/S_V w zakresie porów 5–7500 nm (krzywe przyrostu objętości porów V w funkcji ich promieni r)

Rezultaty przeprowadzonych badań (tabela 1) jednoznacznie pokazały, że w betonie C/S_V modyfikowanym superplastyfikatorem S_V całkowita zawartość powietrza A , zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3 mm A_{300} , porowatość całkowita p , objętość właściwa porów V oraz powierzchnia właściwa porów α są wyraźnie mniejsze niż w betonie A/S_A

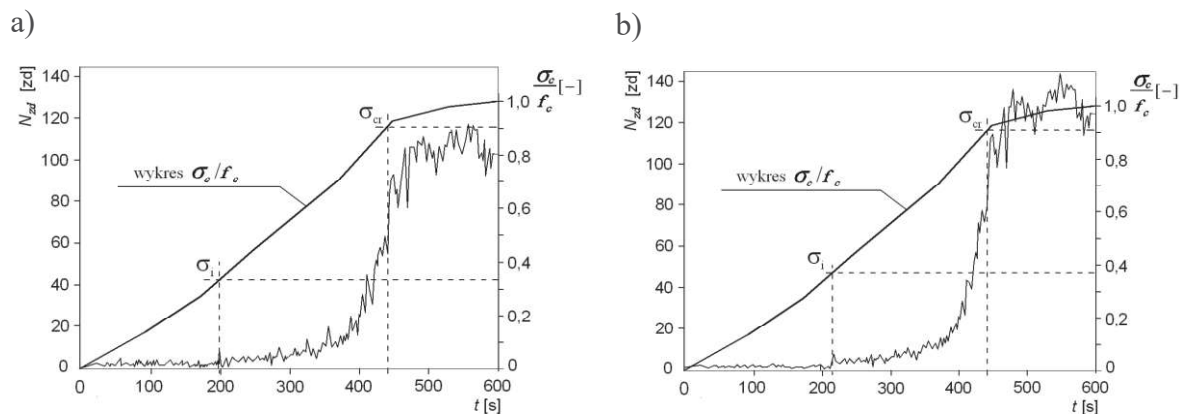
modyfikowanym superplastyfikatorem S_A . Natomiast większą wartością dla betonu C/S_V charakteryzuje się wskaźnik rozmieszczenia porów $\bar{L}$, średni promień porów $\bar{r}$ i powierzchnia właściwa porów powietrznych α . Na podstawie tych rezultatów stwierdziłem, że eter polikarboksylowy zawarty w superplastyfikatorze S_A powoduje znaczne napowietrzenie betonu samozagęszczalnego. Z kolei analizując rysunek 12 widać, że w całym zakresie rozpatrywanych promieni porów, porowatość betonu C/S_V jest mniejsza w porównaniu z betonem A/ S_A .

Konkludując zamieszczone w pracy [P1] rezultaty, **wykazałem, że struktura porów powietrznych w badanych betonach samozagęszczalnych jest różna. Jest ona zależna od superplastyfikatora zastosowanego do modyfikacji mieszanki betonowej.**

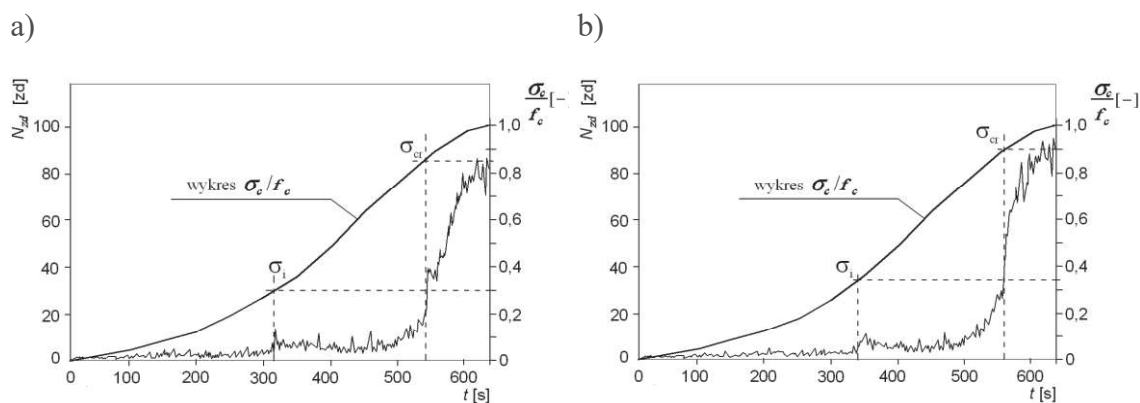
Przedstawione w pracy [P1] badania i ich rezultaty, były dla mnie punktem wyjścia do prowadzenia dalszych badań i analiz. Moim założeniem badawczym było wykazanie wpływu struktury porów powietrznych stwardniałych betonów samozagęszczalnych na proces ich niszczenia podczas próby ściskania. Wyniki przeprowadzonych badań zamieściłem w publikacji [P3]. W pierwszym etapie określiłem wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} , które zestawilem w tabeli 2. W tabeli tej podałem także średnie wartości (względne i bezwzględne) naprężeń σ_{im} i σ_{crm} obliczone przy uwzględnieniu rezultatów badań uzyskanych za pomocą obydwu metod badawczych, tj. metody ultradźwiękowej oraz metody emisji akustycznej. Z kolei na rysunkach 13 i 14 przykładowo pokazałem przebieg tempa zdarzeń N_{zd} emisji akustycznej zarejestrowanego w funkcji czasu ściskania porównywanych betonów A/ S_A i C/S_V oraz B/ S_A i D/S_V. Na rysunkach tych naniesiono także wykres przyrostu względnej wartości naprężeń ściskających σ_c/f_c w funkcji czasu niszczenia t oraz zaznaczono wyznaczone poziomy naprężeń σ_i i σ_{cr} .

Tabela 2. Wartości poziomów naprężeń σ_i i σ_{cr} oraz średnie wartości (względne i bezwzględne) poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} określone w betonach A/ S_A , C/S_V, B/ S_A i D/S_V za pomocą metody ultradźwiękowej i emisji akustycznej

Oznaczenie serii betonu	Metoda pomiarowa				Średnie wartości			
	Ultradźwiękowa		Emisji akustycznej		σ_{im}		σ_{crm}	
	σ_i [-]	σ_{cr} [-]	σ_i [-]	σ_{cr} [-]	[-]	MPa	[-]	MPa
A/ S_A	0,33	0,90	0,33	0,91	0,330	14,83	0,905	40,51
B/ S_A	0,31	0,85	0,30	0,86	0,305	9,72	0,855	27,22
C/S _V	0,38	0,93	0,38	0,92	0,380	22,67	0,925	55,69
D/S _V	0,33	0,90	0,34	0,90	0,335	14,09	0,900	38,27



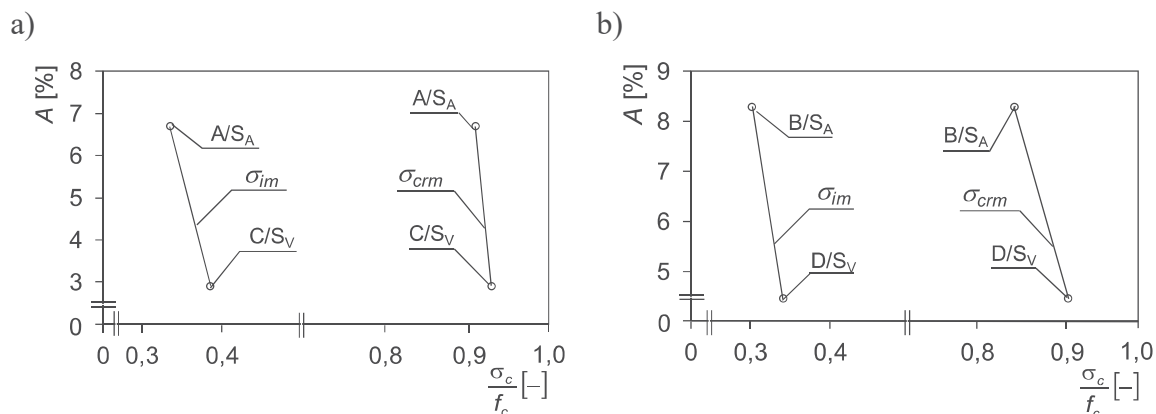
Rys. 13. Przebieg tempa zdarzeń N_{zd} emisji akustycznej, wraz z naniesionym wykresem przyrostu względnej wartości naprężeń ściskających σ_e/f_c , w funkcji czasu niszczenia w betonie samozagęszczalnym: a) A/S_A, b) C/S_V



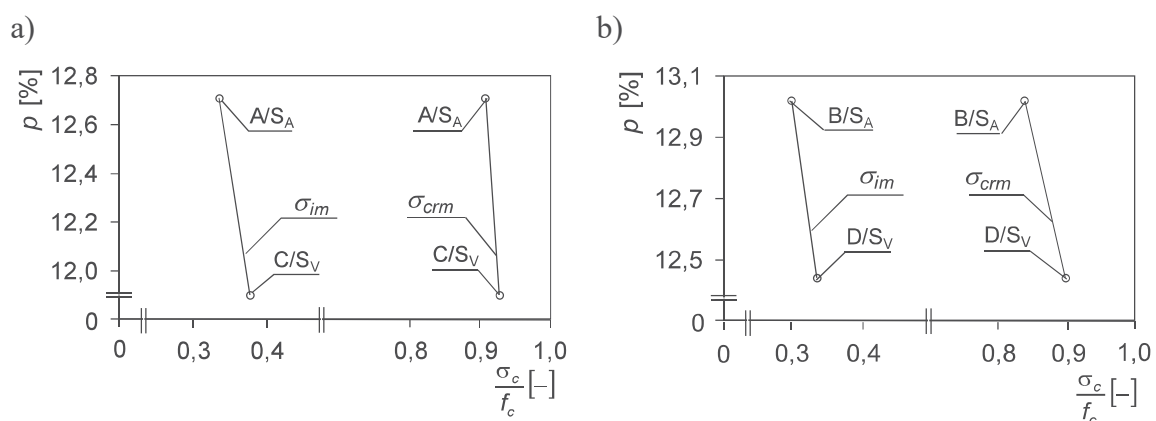
Rys. 14. Przebieg tempa zdarzeń N_{zd} emisji akustycznej, wraz z naniesionym wykresem przyrostu względnej wartości naprężeń ściskających σ_e/f_c , w funkcji czasu niszczenia w betonie samozagęszczalnym: a) B/S_A, b) D/S_V

Zamieszczone w pracy [P3] badania i ich rezultaty jednoznacznie wykazały, że beton C/S_V w porównaniu z betonem A/S_A charakteryzuje się wyraźnie wyższym poziomem naprężeń inicjujących pękanie σ_{im} i nieco wyższym poziomem naprężeń krytycznych σ_{crm} . Podobna sytuacja występuje w przypadku betonu D/S_V, w porównaniu z betonem B/S_A.

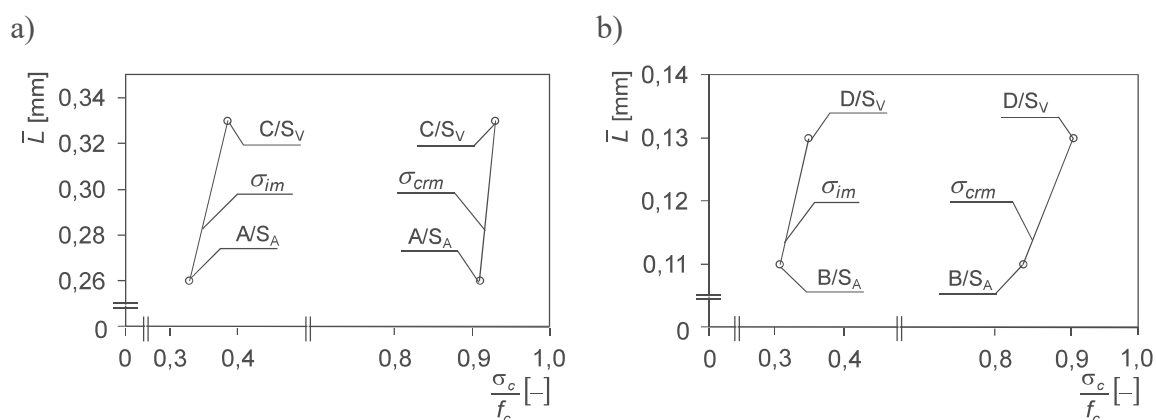
W kolejnym etapie w [P3], w celu zobrazowania wpływu struktury porów powietrznych na proces niszczenia betonów samozagęszczalnych, opracowano wykresy zależności średnich względnych wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_{im} i naprężeń krytycznych σ_{crm} , od wybranych parametrów charakteryzujących tę strukturę, takich jak: całkowita zawartość powietrza A , porowatość całkowita p , wskaźnik rozmieszczenia porów powietrznych $\bar{L}$, powierzchnia właściwa porów powietrznych α . Wykresy te pokazano na rysunkach (15–18).



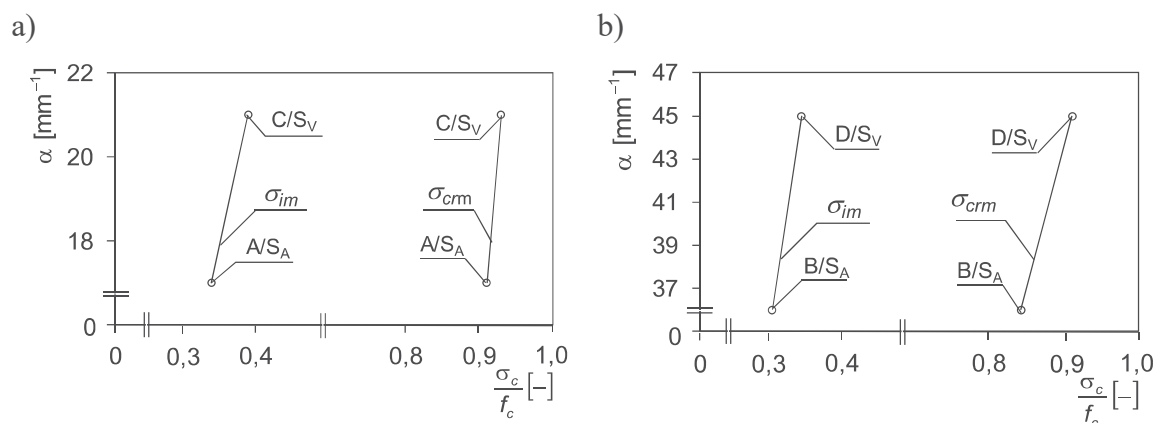
Rys. 15. Zależność średnich względnych wartości poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} od całkowitej zawartości powietrza A w stwardniałym betonie samozagęszczonym (zakres średnic porów 10-4000 μm): a) A/S_A i C/S_V , b) B/S_A i D/S_V



Rys. 16. Zależność średnich względnych wartości poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} od porowatości całkowitej p w stwardniałym betonie samozagęszczonym (zakres promieni porów 5-7500 nm): a) A/S_A i C/S_V , b) B/S_A i D/S_V



Rys. 17. Zależność średnich względnych wartości poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} od wskaźnika rozmieszczenia porów powietrznych $\bar{L}$ w stwardniałym betonie samozagęszczonym (zakres średnic porów 10-4000 μm): a) A/S_A i C/S_V , b) B/S_A i D/S_V



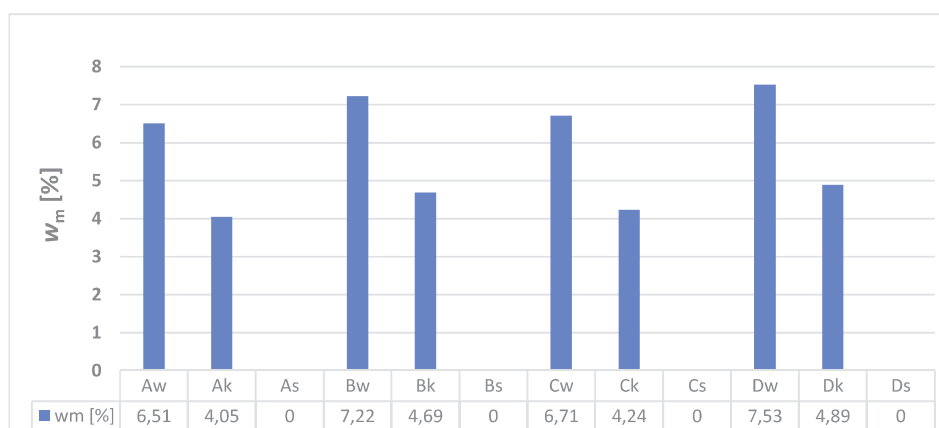
Rys. 18. Zależność średnich względnych wartości poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} od powierzchni właściwej porów powietrznych α w stwardniałym betonie samozagęszczonym (zakres średnic porów 10-4000 μm): a) A/S_A i C/S_V, b) B/S_A i D/S_V

Na podstawie analizy rysunków (15–18), w pracy [P3] **wykazałem, że w porównywanych betonach A/S_A i C/S_V oraz B/S_A i D/S_V mniejszej zawartości powietrza A i mniejszej porowatości całkowitej p odpowiadają wyższe poziomy naprężenia inicjujące pękanie σ_{im} i naprężenia krytycznych σ_{crm} .** Fakt ten wyjaśniłem tym, że gdy mniejsza jest zawartość powietrza w stwardniałym betonie i mniejsza jest porowatość całkowita, to mniejsza jest liczba miejsc, w których struktura jest osłabiona. Podczas niszczenia betonu przejawia się to tym, że stadium stabilnego rozwoju mikrorys rozpoczyna się przy wyższym wyteżeniu. Następnie **wykazałem, że większej wartości wskaźnika rozmieszczenia porów powietrznych $\bar{L}$ oraz większej powierzchni właściwej porów powietrznych α odpowiadają także wyższe wartości zarówno naprężeń σ_{im} jak i naprężeń σ_{crm} .** Na tej podstawie wywnioskowałem, że gdy w strukturze betonu pory powietrzne są rozmieszczone rzadziej i ich powierzchnia właściwa jest większa, to struktura jest bardziej jednorodna. W betonie takim stadium stabilnej propagacji rys zaczyna się wtedy przy wyższym poziomie naprężeń, a stadium katastroficznego niszczenia staje się nieco „krótsze”.

Kolejnym zagadnieniem, którym się zajmowałem, był wpływ wilgotności na proces niszczenia ściskanego betonu samozagęszczalnego. W badaniach wykorzystałem nieniszczące metody akustyczne, tj. metodę ultradźwiękową i metodę emisji akustycznej. Wyniki przeprowadzonych badań zawarte są w publikacji [P2]. Do badań wykorzystano cztery betony samozagęszczalne, które przedstawiłem już w pracach [P1, P3]. Oznaczenie badanych serii betonów powiązane było ze sposobem przechowywania próbek, a mianowicie:

- próbki serii A_w–D_w – przechowywano przez 86 dni w komorze klimatycznej w temperaturze powietrza +18°C (±1°C) i wilgotności względnej powietrza 95% (±5%), a następnie nasycono je wodą do stanu pełnego nasycenia,
- próbki serii A_k–D_k – przechowywano przez 90 dni w komorze klimatycznej w temperaturze powietrza +18°C (±1°C) i wilgotności względnej powietrza 95% (±5%), (stan maksymalnej wilgotności sorpcyjnej),
- próbki serii A_s–D_s – przechowywano przez 86 dni w komorze klimatycznej w temperaturze powietrza +18°C (±1°C) i wilgotności względnej powietrza 95% (±5%), a następnie suszono je w temperaturze 105°C do stałego ciężaru (stan suchy).

Na rysunku 19 zestawiono otrzymane wilgotności masowe w_m badanych serii betonów samozagęszczalnych.

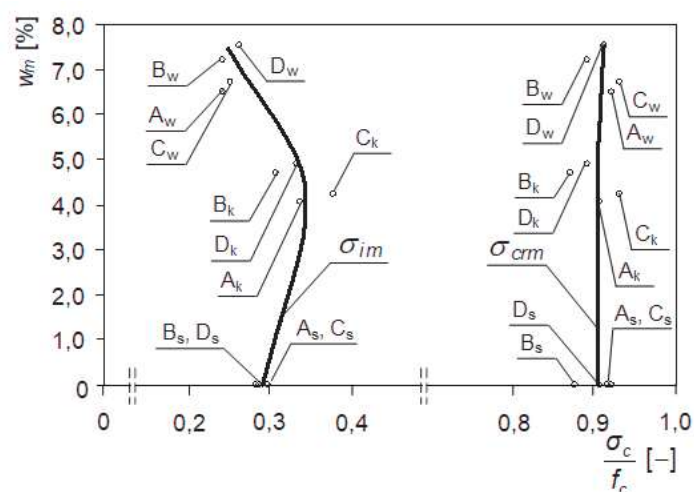


Rys. 19. Zestawienie wilgotności masowych w_m badanych serii betonów

Wyznaczone w pracy [P2] wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} dla badanych serii betonów zestawiono w tabeli 3. W tabeli tej podano także średnie wartości (względne i bezwzględne) naprężeń σ_{im} i naprężeń σ_{crm} obliczone przy uwzględnieniu rezultatów badań uzyskanych za pomocą obydwu metod badawczych. Następnie w celu lepszego zobrazowania wpływu wilgotności na kształtowanie się poziomów naprężeń inicjujących pękanie i naprężeń krytycznych w badanych betonach samozagęszczalnych A–D, wykonano rysunek (rys. 20) na którym pokazano uogólniony wykres przebiegu zmienności średnich względnych wartości poziomów naprężeń σ_{im} i σ_{crm} w zależności od wilgotności.

Tabela 3. Zbiorcze zestawienie wartości poziomów naprężeń σ_i i σ_{cr} oraz średnich wartości (względnych i bezwzględnych) naprężeń σ_{im} i σ_{crm} określone w badanych betonach

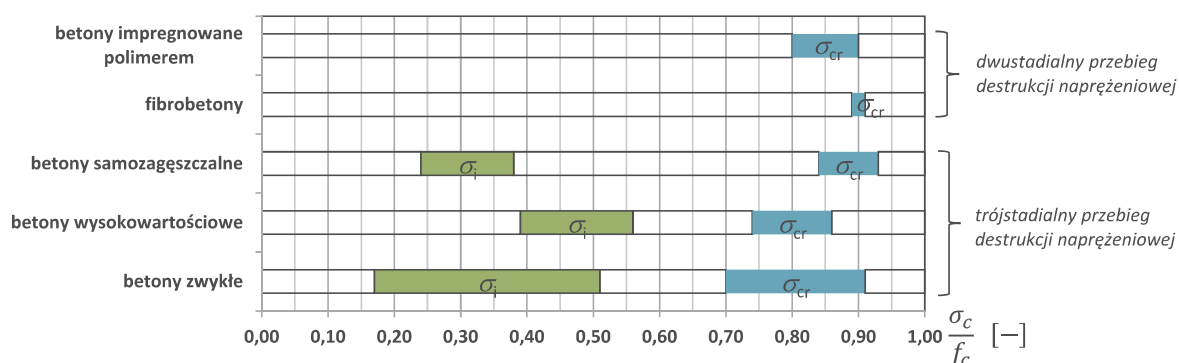
Oznaczenie serii betonu	Metoda pomiarowa				Średnie wartości			
	Ultradźwiękowa		Emisji akustycznej		σ_{im}		σ_{crm}	
	σ_i [-]	σ_{cr} [-]	σ_i [-]	σ_{cr} [-]	[-]	MPa	[-]	MPa
A _w	0,24	0,93	0,25	0,92	0,245	9,61	0,925	37,24
A _k	0,33	0,90	0,33	0,91	0,330	15,58	0,905	40,51
A _s	0,31	0,91	0,29	0,91	0,300	14,56	0,910	42,76
B _w	0,24	0,89	0,25	0,90	0,245	8,34	0,895	27,42
B _k	0,31	0,85	0,30	0,86	0,305	10,21	0,855	27,22
B _s	0,29	0,86	0,28	0,87	0,285	11,69	0,865	34,26
C _w	0,25	0,95	0,26	0,93	0,255	14,09	0,940	56,36
C _k	0,38	0,94	0,38	0,92	0,380	22,27	0,930	55,29
C _s	0,29	0,93	0,31	0,91	0,300	19,03	0,920	58,37
D _w	0,25	0,92	0,28	0,91	0,265	8,94	0,915	30,64
D _k	0,33	0,90	0,34	0,89	0,335	13,32	0,895	38,97
D _s	0,28	0,91	0,30	0,90	0,290	11,26	0,905	34,75

**Rys. 20.** Uogólniony wykres zmienności średnich względnych wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_{im} i naprężeń krytycznych σ_{crm} w zależności od wilgotności

Na podstawie badanych w pracy [P2] ściskanych betonów samozagęszczalnych zawilgoconych w różnym stopniu, **wykazałem, że wilgotność ma istotny wpływ na proces niszczenia. Świadczą o tym wyznaczone w badanych betonach wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} rozgraniczających ten proces.** W zależności od tego jak duże jest zawilgocenie badanego betonu samozagęszczalnego, poziom naprężeń inicjujących pękanie zawiera się w przedziale 0,245–0,380 σ_c/f_c , a naprężeń krytycznych w przedziale 0,855–0,940 σ_c/f_c . Biorąc za punkt odniesienia betony dojrzewające w komorze klimatycznej dla których poziom naprężeń inicjujących pękanie zawiera się w przedziale 0,305–0,380 σ_c/f_c , w miarę wzrostu wilgotności betonu średnia wartość poziomu

naprężeń σ_{im} maleje i w stanie pełnego nasycenia wodą zawiera się w przedziale 0,245–0,265 σ_c/f_c . Podobną zależność obserwuje się w przypadku zmniejszania wilgotności od stanu maksymalnej wilgotności sorpcyjnej do stanu suchego. Betony znajdujące się w tym stanie wilgotnościowym charakteryzują się poziomem naprężeń σ_{im} zawierającym się w przedziale 0,285–0,300 σ_c/f_c . Jeżeli chodzi o poziom naprężeń krytycznych, to wykazałem, że w badanych betonach samozagęszczalnych wilgotność ma na niego niewielki wpływ.

W publikacji [P4] przedstawiłem syntetyczne podsumowanie dotychczasowej wiedzy na temat destrukcji naprężeniowej ściskanych betonów cementowych. Praca ta została opracowana na bazie dostępnych danych literaturowych oraz na podstawie zrealizowanych badań własnych. Publikacja [P4] pokazuje także braki w wiedzy dotyczącej destrukcji naprężeniowej betonów nowej generacji i wskazuje potrzebę jej uzupełnienia na drodze badawczej. Zwraca także uwagę na problem przydatności znajomości destrukcji naprężeniowej ściskanego betonu do praktyki budowlanej. I tak w podsumowaniu rezultatów badań dotyczących destrukcji naprężeniowej betonów cementowych zwykłych i wybranych specjalnych na rysunku 21 zestawiono dla nich zbiorczo przedziały naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} .



Rys. 21. Zestawienie przedziałów zawierania się poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} w betonach zwykłych, wysokowartościowych i specjalnych

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich rezultatów oraz rezultatów badań dostępnych w literaturze, **wykazałem, że spośród rozpatrywanych betonów specjalnych dwustadialnym przebiegiem destrukcji naprężeniowej charakteryzuje się beton impregnowany polimerem i fibrobeton, a dla betonów wysokowartościowych i samozagęszczalnych przebieg tej destrukcji jest trójstadialny podobnie jak dla betonów zwykłych.**

Jak wspominałem na początku p. 4.3.2 wizualnym efektem przebiegu destrukcji naprężeniowej w ściskanim betonie są naprężenia inicjujące pękanie σ_i i krytyczne σ_{cr} . Jest udowodnione, że

znajomość w betonie poziomów tych naprężeń wiąże się z problemami trwałości i bezpieczeństwa eksploatacji konstrukcji z niego wykonanych, podlegających przede wszystkim obciążeniom wielokrotnie zmiennym. W tym celu obliczyłem wytrzymałość zmęczeniową f_c^f dla wybranych betonów w funkcji liczby cykli obciążania N , przy przyjęciu wartości współczynnika asymetrii cyklu $\rho^f = 0$ oraz częstotliwości zmiany obciążenia $f = 1$ Hz. Rezultaty tych obliczeń zilustrowano na rysunku 22. Do obliczeń wykorzystałem poniższą zależność¹:

$$f_c^f / f_c = CN^{-A} (1 + B \rho^f \log N) C_f, \quad (1)$$

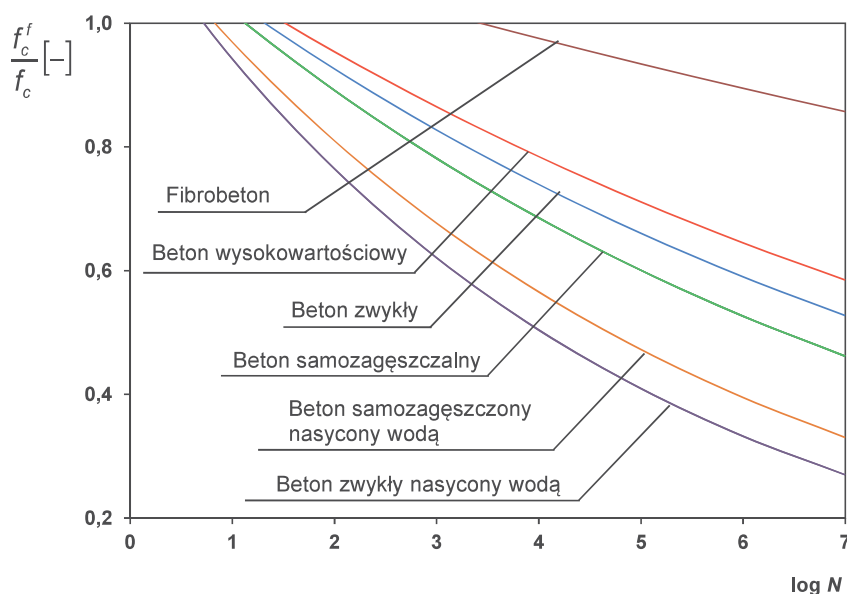
gdzie:

C – współczynnik wyrażający stosunek wytrzymałości dynamicznej do statycznej przy jednokrotnym obciążeniu, ρ^f – współczynnik asymetrii cyklu, $\sigma_c^{\min}$ – minimalne naprężenie cyklu, $\sigma_c^{\max}$ – maksymalne naprężenie cyklu,

C_f – współczynnik uwzględniający wpływ częstotliwości zmiany obciążeń na wytrzymałość zmęczeniową,

A , B – współczynniki uwzględniające stan struktury betonu poprzez uzależnienie ich od wartości naprężeń σ_i i σ_{cr} i wynoszą odpowiednio:

$$A = 0,008 - 0,118 \log(\sigma_i / f_c), B = 0,118(\sigma_{cr} / \sigma_i - 1).$$



Rys. 22. Przykładowo obliczona wytrzymałość zmęczeniowa dla betonu zwykłego, wysokowartościowego, samozagęszczalnego i fibrobetonu, w funkcji cykli obciążania przy przyjęciu $\rho^f = 0$ i $f = 1$ Hz

¹ Furtak K. 1997. Wpływ wybranych czynników technologicznych na wytrzymałość zmęczeniową betonu [Influence of some technological factors on fatigue strength of concrete], *Cement-Wapno-Beton*, 4: 148-150.

Analiza rezultatów pokazanych na rysunku 22, jednoznacznie **wykazuje bardzo duże różnice w obliczonej wytrzymałości zmęczeniowej dla analizowanych w pracy betonów**. Dla praktyki budowlanej bardzo ważna jest znajomość wartości tych naprężeń, bo umożliwia ona właściwe spojrzenie na problem przydatności danego betonu do pracy statyczno-wytrzymałościowej w konkretnych konstrukcyjnych elementach budowlanych. Oznacza to na przykład, że elementy konstrukcyjne wykonane z fibrobetonu, poddane obciążeniom wielokrotnie zmiennym, mogą ulec zniszczeniu po znacznie większej liczbie cykli niż beton zwykły, wysokowartościowy i samozagęszczalny. Wykonane obliczenia pokazują także bardzo wyraźny spadek wytrzymałości zmęczeniowej betonów zwykłego i samozagęszczalnego, które uległy zawilgoceniu wodą do stanu pełnego nasycenia. Rezultaty te są moim zdaniem bardzo istotne dla praktyki budowlanej, bo zawilgocenie betonu może wystąpić na przykład podczas eksploatacji płyty pomostu w moście, gdy uszkodzona zostanie izolacja wodochronna tej płyty. Chciałbym również zaznaczyć, że prezentowane osiągnięcia naukowe zostały również przedstawione na renomowanych konferencji krajowej i dwóch międzynarodowych [K1] – [K3].

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe prezentowanego cyklu powiązanych tematycznie publikacji pt.: *Ocena wpływu wybranych czynników technologicznych i eksploatacyjnych na strukturę i proces niszczenia betonów samozagęszczalnych*, stanowiące mój wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, uważam przede wszystkim:

1. Wykazanie, że struktura porów powietrznych w badanych betonach samozagęszczalnych jest zależna od superplastyfikatora zastosowanego do modyfikacji mieszanki betonowej i ma istotny wpływ na proces ich niszczenia. W porównywanych betonach samozagęszczalnych mniejszej zawartości powietrza A i mniejszej porowatości całkowitej p odpowiadają wyższe poziomy naprężeń inicjujących pękanie σ_{im} i naprężeń krytycznych σ_{crm} . Z kolei większej wartości wskaźnika rozmieszczenia porów powietrznych $\bar{L}$ oraz większej powierzchni właściwej porów powietrznych α odpowiadają także wyższe wartości zarówno naprężeń σ_{im} jak i naprężeń σ_{crm} .
2. Wykazanie, że wilgotność ma istotny wpływ na proces niszczenia ściskanych betonów samozagęszczalnych. Świadczą o tym wyznaczone metodami akustycznymi (metodą ultradźwiękową i emisji akustycznej) w badanych betonach wartości poziomów naprężeń inicjujących pękanie σ_i i naprężeń krytycznych σ_{cr} rozgraniczających stadia tego procesu.

3. Wykazanie istotnych różnic w obliczonej wytrzymałości zmęczeniowej dla analizowanych w pracy betonów. Wykonane obliczenia pokazują, że elementy konstrukcyjne wykonane z fibrobetonu, poddane obciążeniom wielokrotnie zmiennym, mogą ulec zniszczeniu po znacznie większej liczbie cykli niż beton zwykły, wysokowartościowy i samozagęszczalny. Obliczenia te pokazują także bardzo wyraźny spadek wytrzymałości zmęczeniowej betonów zwykłego i samozagęszczalnego, które uległy zawilgoceniu wodą do stanu pełnego nasycenia.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Mogę wykazać się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, a w szczególności:

W latach 2016 – 2019 współpracowałem z **Instytutem Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk** (Zakład Mechaniki Doświadczalnej, Pracownia Badań Nieniszczących). Współpraca związana była między innymi z badaniami płyt włóknisto-cementowych, także wykonywanych metodą ekstruzji. Badania prowadzone były z wykorzystaniem metody emisji akustycznej oraz ultradźwiękowej. Na potrzeby badań powstała także specjalistyczna aparatura i oprogramowanie. Rezultatem aktywnej współpracy są wspólne publikacje i referat konferencyjny.

- [W1] Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**: *Fabrication of fibre cement boards* / Krzysztof Schabowicz and Tomasz Gorzelańczyk. W: The fabrication, testing and application of fibre cement boards / ed. by Zbigniew Ranachowski and Krzysztof Schabowicz. Newcastle upon Tyne : Cambridge Scholars Publishing, 2018. s. 7-39, ISBN: 978-1-5275-0576-6
Rodzaj pracy: Rozdział w monografii
- [W2] Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**: *Applications of fibre cement boards* / Krzysztof Schabowicz and Tomasz Gorzelańczyk. W: The fabrication, testing and application of fibre cement boards / ed. by Zbigniew Ranachowski and Krzysztof Schabowicz. Newcastle upon Tyne : Cambridge Scholars Publishing, 2018., s. 107-121, ISBN: 978-1-5275-0576-6
Rodzaj pracy: Rozdział w monografii

- [W3] Zbigniew Ranachowski, Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Marcin Lewandowski, Damian Cacko, Tomasz Katz, Tomasz Dębowski, *Investigation of acoustic properties of fibre-cement boards*, Acoustics 2018 : proceedings of joint conference, 11-14 September 2018, Ustka, Poland, 2018. s. 1-9.
Lokalizacja elektroniczna: <https://doi.org/10.1109/ACOUSTICS.2018.8502341>
Rodzaj pracy: Referat konferencyjny
- [W4] Zbigniew Ranachowski, Przemysław Ranachowski, Tomasz Dębowski, **Tomasz Gorzelańczyk**, Krzysztof Schabowicz, *Investigation of structural degradation of fiber cement boards due to thermal impact*, Materials. 2019, vol. 12, nr 6, s. 1-14.
Lokalizacja elektroniczna: <http://dx.doi.org/10.3390/ma12060944>
Lokalizacja elektroniczna: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/6/944>
Punktacja z 2019-2022: **140**;
Impact Factor: **3.057** (2019)
Rodzaj pracy: Artykuł
- Podczas współpracy z IPPT PAN w 2018 r. nawiązana została współpraca z **Slovak Academy of Sciences**, Institute of Materials and Machine Mechanics. W ramach wspólnych działań prowadzone były między innymi badania płyt włóknisto-cementowych z wykorzystaniem mikrotomografii rentgenowskiej. Rezultatem współpracy jest publikacja i referat konferencyjny.
- [W5] Zbigniew Ranachowski, Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Stanislav Kudela, Tomas Dvorak, *Visualization of fibers and voids inside industrial fiber concrete boards*, Material Science and Engineering International Journal. 2017, vol. 1, nr 4, s. 1-4.
Lokalizacja elektroniczna: <https://dx.doi.org/10.15406/mseij.2017.01.00022>
Lokalizacja elektroniczna: <http://medcraveonline.com/MSEIJ/MSEIJ-01-00022.pdf>
Rodzaj pracy: Artykuł
- [W6] Zbigniew Ranachowski, Marcin Lewandowski, Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Stanislav Kudela, Tomas Dvorak, *X-ray microtomographic images of fibre concrete composites fabricated using different methods*, SynerCrete'18: Interdisciplinary Approaches for Cement-based Materials and Structural Concrete : Synergizing Expertise and Bridging Scales of Space and Time, Funchal, Portugal, 24-26 October 2018. Vol. 1 & 2 / eds. Miguel Azenha [i in.]. Paris : RILEM Publications S.A.R.L., cop. 2018. s. 375-380.
Lokalizacja elektroniczna: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1405563>
Rodzaj pracy: Referat konferencyjny

W latach 2012–2015 współpracowałem z **Uniwersytetem Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy** (Wydział Mechatroniki). Współpraca związana była z badaniami płyt włóknisto-cementowych z wykorzystaniem bezkontaktowego skanera ultradźwiękowego. Na potrzeby badań skonstruowany został skaner wykorzystujący fale Lamba. Rezultatem współpracy poza skonstruowaniem urządzenia i zaimplementowaniu go w zakładzie

produkcyjnym są publikacje, referaty konferencyjne oraz 2 patenty (patenty zestawilem w p. 4.2.3, pozycje [T9] i [T10]).

- [W7] Radosław Drelich, **Tomasz Gorzelańczyk**, Michał Pakula, Krzysztof Schabowicz: *NDT testing of cellulose fiber cement boards using non-contact ultrasound*, e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics. 2013, nr 6, s. 21-28, Toż w: NDE for Safety / Defektoskopie 2012 : 42nd International Conference and NDT Exhibition : proceedings, October 30 - November 1, 2012, Seč u Chrudimi, Czech Republic / ed. by Luboš Pazdera and Pavel Mazal. Brno : Brno University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering, 2012.
Lokalizacja elektroniczna: http://www.ndt.net/article/defektoskopie2012/papers/21_p.pdf
Rodzaj pracy: Artykuł
- [W8] Radosław Drelich, Piotr Domanowski, **Tomasz Gorzelańczyk**, Michał Pakula, Łukasz Radzik, Krzysztof Schabowicz: *Studies of influence of moisture content in cellulose fiber cement boards on wave parameters using non-contact ultrasound*, W: XIth European Conference on NDT : October 6-10, 2014, Prague, Czech Republic : conference proceedings. Brno : Brno University of Technology, cop. 2014. s. 1-6, ISBN: 978-80-214-5018-9
Rodzaj pracy: Referat konferencyjny
- [W9] Radosław Drelich, **Tomasz Gorzelańczyk**, Michał Pakula, Krzysztof Schabowicz: *Automated control of cellulose fibre cement boards with a non-contact ultrasound scanner*, Automation in Construction. 2015, vol. 57, s. 55-63.
Lokalizacja elektroniczna: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.017>
Punktacja z 2014: 040; 2015: 040; 2013-2018: **40**
Impact Factor: **2.442**
Rodzaj pracy: Artykuł

W latach 2017-2019 współpracowałem z **Uniwersytetem Bielsko-Bialskim** (dawniej Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska) oraz **Instytutem Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.** Współpraca ta była realizowana w ramach uczestnictwa w Interdyscyplinarnym projekcie naukowo-badawczym nr 01/02/2017 pn. „Nieniszcząca diagnostyka obiektów budowlanych i technicznych w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności ich eksploatacji”. Projekt realizowany w Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, przy współpracy pracowników Politechniki Śląskiej i Politechniki Wrocławskiej oraz Doosan Babcock Energy Polska S.A. i Instytutu Badań i Rozwoju BOSMAL. W projekcie tym uczestniczyłem jako wykonawca. Badania dotyczyły płyt włóknisto-cementowych poddanych oddziaływaniu promieniowania UV w komorach starzeniowych. Rezultatem współpracy są publikacje.

- [W10] Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Rafał Budzisz, Maciej Roskosz, Janusz Juraszek, *Nieniszczące badania struktury materiałów włóknisto-cementowych z użyciem mikroskopii optycznej stosowanej w metalografii*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*. 2017, nr 4, s. 17-21.
Rodzaj pracy: Artykuł
- [W11] **Tomasz Gorzelańczyk**, Krzysztof Schabowicz, Zbigniew Jurasz, Piotr Michałek, Agnieszka Piczak, Janusz Juraszek, *Wpływ badań starzeniowych na płyty włóknisto-cementowe oceniany metodami nieniszczącymi*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*. 2019, nr 3, s. 10-13.
Rodzaj pracy: Artykuł

W roku 2017 współpracowałem z **Politechniką Świętokrzyską** (Wydział Budownictwa i Architektury). Współpraca związana była z badaniami płyt włóknisto-cementowych z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego. Rezultatem współpracy jest publikacja.

- [W12] Anna Adamczak-Bugno, **Tomasz Gorzelańczyk**, Aleksandra Krampikowska, Mateusz J. Szymków, *Nieniszczące badania struktury materiałów włóknisto-cementowych z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*. 2017, nr 3, s. 20-23.
Rodzaj pracy: Artykuł

Jako dodatkowe formy aktywności naukowej realizowane z innymi ośrodkami krajowymi i międzynarodowymi mogę wskazać:

- Od kwietnia 2025 r. pełnię funkcję Guest Editor w specjalnym wydaniu czasopisma **Open Engineering** (wyd. De Gruyter Brill), pt. "Special Issue in Open Engineering: REMO 2025 and BUDIN 2025". **Załącznik nr 10.**
- Od października 2025 r. pełnię funkcję Guest Editor w specjalnym wydaniu czasopisma **Open Engineering** (wyd. De Gruyter Brill), pt. "Special Issue in Open Engineering: The 52nd National Conference on Non-Destructive Testing (KKBN)". **Załącznik nr 10.**
- Czynnie uczestniczę w recenzowaniu artykułów naukowych w czasopismach krajowych i zagranicznych. Wykonywałem recenzje kilkudziesięciu artykułów m.in. dla czasopism: *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, *Civil Engineering and Architecture*, *Journal of Building Engineering*, *Journal of Civil Engineering And Management*, *Materials*, *Buildings*, *Solids*, *Recycling*, *Sustainability*, *Applied Sciences*, *Acoustics*, *Polymers*, *Coatings* *Materiały Budowlane*, *Przegląd Budowlany*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*. **Załącznik nr 10**
- Jestem recenzentem książki: Erwin Wojtczak „*Budownictwo ogólne w ujęciu tradycyjnym*”, Gdańsk, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2019. **Załącznik nr 10.**

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

W ramach pracy dydaktycznej od ponad 20 lat prowadzę zajęcia dydaktyczne na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, które wysoko zostały ocenione przez studentów i zespoły hospitacyjne. Zajęcia dydaktyczne są tematycznie związane z budownictwem i obejmują takie przedmioty jak:

- Budownictwo ogólne 1 – projekt, studia I stopnia, stacjonarne i niestacjonarne,
- Budownictwo ogólne 2 – projekt, studia I stopnia, stacjonarne i niestacjonarne,
- Podstawy projektowania i oddziaływania na konstrukcje budowlane – wykład, ćwiczenia, studia I stopnia, stacjonarne i niestacjonarne,
- Budownictwo mieszkaniowe – seminarium, studia I stopnia, stacjonarne
- Systemowe budownictwo mieszkaniowe – laboratorium, studia II stopnia, stacjonarne i niestacjonarne,
- Utrzymanie i diagnostyka obiektów budowlanych – laboratorium, studia II stopnia, stacjonarne i niestacjonarne.

Wiedza przekazywana Studentom, w każdym roku akademickim, jest stale aktualizowana poprzez modyfikację/aktualizację treści i formy prowadzonych zajęć, a do prowadzonych zajęć wykorzystuję i udostępniam Studentom autorskie materiały dydaktyczne, prezentacje.

Oprócz prowadzenia zajęć, uczestniczyłem aktywnie w następujących formach działalności związanej z procesem dydaktycznym:

- Byłem opiekunem 153 prac dyplomowych, w tym 94 prac inżynierskich, 59 prac magisterskich. Wykonałem również kilkadziesiąt recenzji takich prac.

Trzy prace przygotowane pod moim kierunkiem zostały wyróżnione:

- W 2022 r. w konkursie „Na najlepszą pracę dyplomową magisterską opracowaną w 2022 r. na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej” organizowanym przez Wrocławski Oddział Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa pod patronatem Dziekana Wydziału BLiW Politechniki Wrocławskiej otrzymał mgr inż. Konrad Szmyd: za pracę pt. „Budynek niedużej kliniki z elewacją wentylowaną”. **Załącznik nr 10.**

- w 2024 r. w konkursie „*Constructor Temporis Futuri*” organizowanym przez Dolnośląską Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa we Wrocławiu na najlepszą pracę inżynierską nagrodę otrzymała inż. Narine Kuczyńska: za pracę pt. „*Projekt budynku centrum yogi z zielonym dachem płaskim do celów użytkowych*”.

Załącznik nr 10.

- w 2025 r. w konkursie „*Constructor Temporis Futuri*” organizowanym przez Dolnośląską Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa we Wrocławiu na najlepszą pracę inżynierską nagrodę otrzymała inż. Zofia Michałek: za pracę pt. „*Projekt budynku jednorodzinnego z zielonym dachem ekstensywnym wzorowanym na schemacie domu Sokratesa*”. **Załącznik nr 10.**
- Od 2018 r. jestem członkiem komisji egzaminów dyplomowych na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej.
- Byłem promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Mateusza Szymkowskiego, temat rozprawy: „Identyfikacja stopnia destrukcji płyt włókno-cementowych pod wpływem oddziaływania wysokiej temperatury”, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska. Praca obroniona w 2018 r.
- Uczestniczyłem w szkoleniach i warsztatach organizowanych w ramach projektu: „*Politechnika nowych szans*”, współfinansowanego przez Unię Europejską, Europejski Fundusz Społeczny, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój pt. „*W świecie różnorodnych możliwości*” – 12.04.2022 (szkolenie). **Załącznik nr 10.** Celem szkoleń jest podniesienie kompetencji osób uczestniczących w edukacji na poziomie wyższym w zakresie funkcjonowania osób z niepełnosprawnościami.
- W latach 2021–2023 byłem zaangażowany w działalność powołanego przez JM Rektora Politechniki Wrocławskiej Centrum Doskonałości Dydaktycznej. Byłem członkiem Rady Wykonawczej, uczestniczyłem w realizacji grantu „*Doskonałość Dydaktyczna Uczelni*” jako członek zespołu analitycznego. Grant był finansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Celem CDD jest rozwijanie i wspieranie działań na rzecz doskonałości i unowocześniania kształcenia na studiach pierwszego i drugiego stopnia, w ramach Szkoły Doktorskiej, studiów podyplomowych oraz innych form kształcenia w Politechnice Wrocławskiej, a także upowszechnianie najlepszych praktyk dydaktycznych w Uczelni w kontekście wzorcowych rozwiązań światowych. Brałem

także udział w organizowanych przez Centrum Doskonałości Dydaktycznej szkoleniach w ramach „Dni Dobrej Dydaktyki” 17-21 kwietnia 2023 r. **Załącznik nr 10.**

- Jestem współautorem dwóch książek (podręczników), które cieszą się dużym uznaniem Studentów, nie tylko macierzystego Wydziału, ale także na innych uczelniach w Polsce:
 - Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**: *Materiały do ćwiczeń projektowych z budownictwa ogólnego*. Wrocław, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2009, 210 s. ISBN: 978-83-7125-183-2. **Załącznik nr 10.**
 - Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**: *Budownictwo ogólne: podstawy projektowania i obliczania konstrukcji budynków*. Wrocław, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2017, 491 s. ISBN: 978-83-7125-269-3. **Załącznik nr 10**

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

W ramach pracy organizacyjnej zajmowałem/zajmuję następujące stanowiska:

- Członek Rady Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej od 2016 do chwili obecnej (trzecia kadencja).
- Członek Komisji Nostryfikacyjnej od 2022 r.
- Pełnomocnik Dziekana ds. dydaktyki (od 2014 do 2022 r.).
- Organizator i koordynator komputerowych zapisów wydziałowych w systemie Edukacja.cl (JSOS) dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych w latach 2010 – 2023.
- Współopiekun Koła Naukowego „Inżynier” przy Katedrze Budownictwa Ogólnego Politechniki Wrocławskiej.

Ponadto brałem udział w przygotowywaniu Księgi Procedur na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej (opublikowana w lipcu 2021 r.).

Od wielu lat czynnie uczestniczę w organizacji konferencji naukowych:

- Członek Komitetu Organizacyjnego
 - XVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych – REMO 2022” 6-9 grudnia 2022 r. Szklarska Poręba.
- Sekretarz Komitetu Naukowego
 - VII Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy w budownictwie i inżynierii przedsięwzięć budowlanych – BUDIN 2023” 30-31 marca 2023 r. Szklarska Poręba.
 - 51. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, 15-17 października 2024 r. Wrocław.

- 52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, 21-23 października 2025 r. Wisła.
- Członek Komitetu Naukowego
 - XV Jubileuszowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych – REMO 2017” 6-9 grudnia 2017 r. Kudowa Zdrój.
- Wiceprzewodniczący Komitetu Naukowego
 - XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych – REMO2025” „Woda, która zmienia wszystko: Zarządzanie skutkami powodzi 2024” 12-15 maja 2025 r. Zagórze Śląskie.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

Działalność inżynierska

Od lat aktywnie uczestniczę w zespołach eksperckich. Jestem współautorem kilkunastu ekspertyz, raportów badawczych lub innych opracowań technicznych. Najważniejsze z nich, w których brałem udział zamieściłem poniżej:

- [E1] Jerzy Hoła, **Tomasz Gorzelańczyk**, Zygmunt Matkowski: Badania wilgotności podziemi i przyziemi części A i B budynku Dworca Głównego we Wrocławiu wraz z określeniem sposobu wykonania zabezpieczeń przeciwwilgociowych. Raporty Inst. Bud. PWroc. 2009, Ser. SPR nr 20, 50 s.
Rodzaj pracy: Raport serii SPR
- [E2] Jerzy Hoła, **Tomasz Gorzelańczyk**, Krzysztof Matkowski*, Zygmunt Matkowski: Badania mykologiczne podziemi i przyziemi części A i B budynku Dworca Głównego we Wrocławiu. Raporty Inst. Bud. PWroc. 2009, Ser. SPR nr 21, 214 s.
Rodzaj pracy: Raport serii SPR
- [E3] Tomasz K. Abel, **Tomasz Gorzelańczyk**, Jacek Grosel, Jerzy Hoła, Andrzej Kmita, Stanisław Kostecki, Dariusz Łydzba, Cezary Madryas, Michał P. Musiał, Wojciech Pawlak, Wojciech Rędownicz, Łukasz Sadowski, Wojciech Sawicki, Krzysztof Schabowicz, Dariusz Styś, Zbigniew Wójcicki, Leszek Wysocki: Kompleksowa analiza przyczyn powstawania pęknięć w betonach EW Włocławek i określenie wytycznych dla poprawy kondycji tych betonów. Etap I. Raporty Inst. Geotech. Hydrotech. PWroc. 2010, Ser. SPR nr 7, 144 s.
Rodzaj pracy: Raport serii SPR
- [E4] Krzysztof Schabowicz, Piotr Berkowski, Grzegorz Dmochowski, **Tomasz Gorzelańczyk**, Paweł Noszczyk, Mariusz P. Szóstak: Badania naukowe konstrukcji

"trzonolinowca" celem weryfikacji jego właściwości mechanicznych i konstrukcji. Raporty Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. 2023, Ser. SPR nr 49, 73 s.

Rodzaj pracy: Raport serii SPR

- [E5] Krzysztof Schabowicz, Piotr Berkowski, Grzegorz Dmochowski, **Tomasz Gorzelańczyk**, Paweł Noszczyk, Mariusz P. Szóstak, Michał Redecki, Tomasz R. Łakomy, Mateusz Napiórkowski: Ekspertyza dotycząca stanu technicznego elementów konstrukcyjnych w budynku mieszkalnym przy ul. Kościuszki 72 we Wrocławiu ustalająca nieprawidłowości w stanie technicznym oraz sposób ich usunięcia z zachowaniem standardów określonych przez Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego - obowiązek zawarty w decyzji PINB nr 183/2022. Raporty Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. 2024, Ser. SPR nr 1, 129 s.

Rodzaj pracy: Raport serii SPR

- [E6] Krzysztof Schabowicz, **Tomasz Gorzelańczyk**, Tomasz R. Łakomy: Badania defektoskopowe na obiektach inżynierskich w ciągu nowo budowanego odcinka drogi ekspresowej S19 w rejonie m. Siematyczne, odcinek Malewice- Chlebczyn. Obiekty OM-128 i OM-130.

Studia podyplomowe

W 2002 r. ukończyłem dwusemestralne Studia Podyplomowe „Gospodarka nieruchomościami. Zarządzanie – Utrzymanie – Wycena”. **Załącznik nr 10.**

Uczestnictwo w projekcie NCBiR

- Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020 Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa. Działanie: Projekty B+R przedsiębiorstw, Poddziałanie: Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa nr konkursu 3/1.1.1/2017, pt.: „Przeprowadzenie badań przemysłowych i prac rozwojowych umożliwiających opracowanie unikalnej receptury związanej z jakością lekkich kruszyw sztucznych, otrzymanych z wykorzystaniem drobnoziarnistego odpadu granitowego i utylizacji komunalnego osadu ściekowego”. Uczestniczyłem jako wykonawca (2017-2019).

Nagrody, odznaczenia

Za moje osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i naukowe zostałem uhonorowany poniższymi nagrodami:

- Złota Odznaka Politechniki Wrocławskiej (19.10.2023 r., Legitymacja nr 5419), **Załącznik nr 10**,
- Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej za wyróżniający wkład w działalność uczelni (rok: 2009, 2012, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025), **Załącznik nr 10**,
- Za znaczącą działalność publikacyjną zostałem dwukrotnie laureatem programu „Primus” działanie 2 (rok: 2023, 2024). Celem programu jest premiowanie autorów publikacji istotnie przyczyniających się do wzrostu punktacji ewaluowanych w uczelni dyscyplin naukowych.
- W 2008 r. otrzymałem nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej za pracę doktorską.

Dane naukometryczne

Dane naukometryczne przedstawiłem w pkt IV „Dane naukometryczne” Załącznika 4 „Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport”, a w tabelach 3 i 4 zamieściłem ich syntetyczne zestawienie.

Tabela 3. Zestawienie liczby prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora (stan na dzień 11.03.2026 r.)

Rodzaj pracy	Liczba
monografie	2
podręczniki	1
rozdziały w monografiach	5
rozdziały w książkach	1
artykuły	57
referaty konferencyjne	8
redakcja materiałów konferencyjnych	1
streszczenia	1
patenty	8
Ogółem	83
W tym:	
Lista Filadelfijska	20
Impact Factor	20
Punktowane art. z wykazów MNiSW	42
Punktowane art. spoza wykazów MNiSW	9
Punktacja ref. w WoS CC	2
Open Access	33

Tabela 4. Dane naukometryczne (stan na dzień 11.03.2026 r.)

Sumaryczny <i>Impact Factor</i>	54.216
Liczba cytowań	
• baza <i>Web of Science</i>	249* (269)
• baza <i>Scopus</i>	169* (196)
Indeks Hirscha	
• baza <i>Web of Science</i>	11
• baza <i>Scopus</i>	11

* bez autocytowań

Biorąc pod uwagę całokształt mojej pracy naukowej po doktoracie (od 2008 roku), w swoim dorobku zgromadziłem 42 recenzowane artykuły naukowe posiadające punktację MEiN. Wśród 42 artykułów, 20 posiada wskaźnik IF, 22 artykuły są indeksowane w bazie Scopus i 22 w WoS.

Mój sumaryczny dorobek po doktoracie to: **IF = 54,216**, punkty **MEiN = 2263** (bez podziału punktów na liczbę autorów), indeks **Hirscha = 11 (wg Scopus)**, **11 (wg WoS)**.

.....
(podpis wnioskodawcy)