

Prof. dr hab. inż. Piotr Konderla  
Politechnika Wrocławska

Wrocław, dnia 27.04.2020 r.

**Recenzja**  
**osiągnięć naukowo-badawczych, aktywności naukowej**  
**oraz dorobku dydaktycznego**  
**dra inż. Tomasza Garbowskiego**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Recenzję opracowałem na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport prof. dr hab. Franciszka Tomaszewskiego z dnia 25.02.2020r. Dokumentacja opracowana przez Habilitanta i dołączona do wniosku w postaci załączników obejmowała:

- Dane kontaktowe wnioskodawcy,
- Potwierdzona kopia dyplomu uzyskania stopnia naukowego doktora,
- Autoreferat w języku polskim i angielskim,
- Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki,
- Oświadczenia współautorów,
- Kopie prac wnioskodawcy wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
- Kopie wybranych prac wnioskodawcy, nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
- Kopie wybranych dokumentów potwierdzających osiągnięcia wnioskodawcy,
- Kopie wniosku i załączników na nośniku CD.

Podstawą prawną opracowania recenzji była Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz.U., 2003.65.595, oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011r. w sprawie kryteriów ocen osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, Dz.U. 2011.196.1165.

### **2. Sylwetka Habilitanta**

Dr inż. Tomasz Garbowski urodził się 09.02.1975r. w Lublinie. Studia na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej ukończył w 2000 roku na kierunku budownictwa uzyskując tytuł magistra inżyniera. Tematem pracy magisterskiej był: *Projekt maszty radiowego o wysokości 120 metrów*.

Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w marcu 2010 r. na Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Strutturale na podstawie pracy doktorskiej pt. *Material model calibration based on full-field measurements and inverse analysis, with applications to concrete dams and anisotropic free-foils*.

Habilitant w latach 2001–2009 pracował na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej na stanowisku asystenta. Od roku 2010 do chwili obecnej pracuje na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej na stanowisko adiunk-

ta. Jednocześnie w latach 2007–2010 był doktorantem Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano, oraz w latach 2014–2015 pracował na Faculty of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano jako profesor wizytujący.

### 3. Cykl publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe

#### 3.1. Omówienie prac składających się na osiągnięcie naukowe

Na osiągnięcie naukowe Habilitanta składa się cykl 9-ciu publikacji pod wspólnym tytułem *Eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych w oparciu o modele zastępcze i metody odwrotne*, w tym

- 6 artykułów w czasopismach znajdujących się na liście JCR,
- 3 rozdziały monografii indeksowanych w bazie Web of Science,

Spośród 9 wymienionych publikacji żadna nie jest publikacją autorską, pięć z nich są publikacjami dwu-autorskimi. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe zostały zestawione w Załączniku.

Wiodącym tematem przedstawionego cyklu publikacji są problemy identyfikacji parametrów materiałowych różnych modeli konstytutywnych. W szczególności w publikacjach koncentrowano się na opracowaniu procedur identyfikacji na które składają się: odpowiednio zaprojektowany eksperyment; symulacja komputerowa oraz dobór właściwych technik programowania matematycznego, co w literaturze określane jest jako *zagadnienie odwrotne*.

W publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta przedstawiono całe spektrum metod identyfikacji parametrów modeli materiałów. W badaniach tych oprócz znanych metod zastosowano ich zmodyfikowane i ulepszone wersje, a ponadto opracowano cały szereg oryginalnych podejść do rozwiązania zagadnienia identyfikacji.

Praca [A1] dotyczy analizy diagnostycznej betonowych zapór w oparciu o testy typu flat-jack. Zastosowanie nowej geometrycznej konfiguracji tych testów pozwoliło na identyfikację stanu naprężenia i parametrów materiałowych zarówno w opisie liniowym jak również nieliniowym. Do wyznaczania stanu przemieszczenia i odkształcenia wykorzystano techniki cyfrowej korelacji obrazu co zwielało ilość pozyskiwanych informacji w stosunku do tradycyjnych metod wyznaczania odkształceń.

Publikacja A2 zawiera bardzo interesujące wyniki badań związanych z eksperymentalno-numeryczną procedurą identyfikacji parametrów materiałowych arkuszy papieru i tektury. W ramach badań eksperymentalnych wykonano testy rozciągania próbek krzyżowych z pomiarem przemieszczeń i techniką cyfrowej korelacji obrazu. Oryginalnym zabiegiem było wykonanie kołowego centralnego otworu w próbce krzyżowej, czego celem było pożądanego zwiększenie niejednorodności pól naprężeń i odkształceń. Przy budowaniu modelu materiału brano pod uwagę związku konstytutywne ciała liniowo-sprężystego ortotropowego z kryterium uplastycznienia Xia-Boyce-Parksa. Symulacje numeryczne wykonano MES w środowisku Abacus. Kalibracja modelu wymagała określenia znacznej liczby parametrów. W analizie odwrotnej jako modelu zastępczego wykorzystano sztuczne sieci neuronowe.

Prace A3 i A4 koncepcyjnie podobne są do publikacji A2 - zawierają eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych nieliniowych modeli betonu. Klasyczne testy ściskania osiowego próbek betonu były uzupełnione pomiarami przemieszczeń zewnętrznych powierzchni próbek technikami cyfrowej korelacji obrazu. Dla przyjętego sprężysto-plastycznego modelu betonu wyznaczano poszukiwane parametry wykonując analizę odwrotną. Do numerycznych analiz wykorzystywano metodę elementów skończonych. Prezentacja

wane procedury charakteryzują się minimalną liczbą testów laboratoryjnych koniecznych do przeprowadzenia identyfikacji parametrów modelu. W pracach analizowano izotropowe modele betonu liniowo-sprężyste z kryterium plastyczności Lublinera oraz kilku odmian kryterium plastyczności Druckera Pragera.

W publikacji A5 opisano dwie metody budowy metamodeli w oparciu o optymalny rozkład punktów próbkowania w przestrzeni parametrów: metodę interaktywnych węzłów i metodę hipersześcianów łacińskich. Obie zastosowane metody zawierają elementy oryginalne w stosunku do ich pierwowzorów. Redukcja bazy punktów próbkowania, co podkreśla się w publikacji, jest szczególnie ważna w zagadnieniach wieloskalowych, gdzie liczba tych punktów rośnie wykładniczo.

Praca A6 jest publikacją wieloautorską mającą charakter przeglądowny. Zawiera podsumowanie wyników badawczych zespołu, którego członkiem jest Habilitant. W publikacji odnotowany jest indywidualny wcześniejszy dorobek Habilitanta.

Praca A7 zawiera wyniki badań dotyczących algorytmów identyfikacji równań konstytutywnych pianek stanowiących warstwę izolacyjną płyt warstwowych. Eksperymentalnie wykonywano testy ścinania płyt warstwowych natomiast przemieszczenia, a na ich podstawie odkształcenia próbek, wyznaczano stosując technikę korelacji obrazu. Pianka była modelowana jako sprężysty materiał ortotropowy.

Tematem dwóch ostatnich artykułów cyklu publikacji składających się na osiągnięcie naukowe habilitanta są eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych i geometrycznych nawierzchni drogowych. W ramach badań eksperymentalnych wykorzystano testy dynamiczne. Konstrukcje nawierzchnie traktowano jako konstrukcje złożone z liniowo-sprężystych warstw z idealnym połączeniem pomiędzy warstwami. Analizy numeryczne wykonano metodą elementów spektralnych.

### **3.2. Ocena osiągnięcia naukowego**

Cykl publikacji dr inż. Tomasza Garbowskiego, jako osiągnięcie naukowe, pod wspólnym tytułem *Eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych w oparciu o modele zastępcze i metody odwrotne* generalnie oceniam pozytywnie.

Przedłożony cykl publikacji jest jednorodny tematycznie i tytuł cyklu publikacji jest zgodny z treścią tych publikacji. Prace te zostały opublikowane po doktoracie w latach 2011-2017. Obszar badań naukowych Habilitanta zawiera się w dyscyplinie naukowej budownictwo.

Sądząc po tytule monografii B6, badania naukowe ujęte w cyklu publikacji są kontynuacją badań naukowych w ramach pracy doktorskiej (kopia monografii B6 nie została dołączona do wniosku!).

Tematyka badań naukowych ujęta w cyklu publikacji jest stosunkowo wąska i zwarta. Problem identyfikacji dotyczy parametrów równań konstytutywnych typowych materiałów oraz konstrukcji stosowanych w budownictwie. Generalnie algorytmy identyfikacji w każdym prezentowanym przypadku skonstruowane są bardzo podobnie w oparciu o trzy elementy reprezentujące trzy obszary badań naukowych: eksperyment, model numeryczny i sformułowanie zagadnienia odwrotnego. Badania naukowe Habilitanta obejmowały każdy z wymienionych obszarów badań, których celem było zaproponowanie efektywnych i skutecznych algorytmów identyfikacji.

Charakterystycznymi cechami proponowanych eksperymentów w procedurze identyfikacji są:

- mała liczność tych eksperymentów, często są to pojedyncze eksperymenty,
- dążenie do uzyskania niejednorodnego stanu odkształcenia w próbkach testowych,
- optyczny pomiar przemieszczeń i odkształceń techniką korelacji obrazu (w większości przykładów).

Dobór eksperymentów w mojej opinii jest trafny, a zastosowane zaawansowane techniki eksperymentalne pozwoliły na uzyskanie dostatecznej liczby wiarygodnych informacji. Do oryginalnych elementów badań eksperymentalnych zaliczam

- modyfikację geometrii próbki krzyżowej rozciąganej dwuosiowo poprzez wykonanie centralnego kołowego wycięcia;
- opracowanie autorskiego oprogramowania do analizy optycznego pomiaru przemieszczeń i odkształceń badanych próbek materiału.

Do opisu konstytutywnego materiałów stosowano standardowe modele ciała sprężystego izotropowego i ortotropowego oraz szereg modeli ciała sprężysto-plastycznego z określonym warunkiem plastyczności. Należy podkreślić, że w szeregu przypadkach liczba poszukiwanych parametrów modeli w ramach identyfikacji była znaczna, co przy małej liczbie testów eksperymentalnych wymagało stosowania zaawansowanych technik identyfikacji. Symulacje numeryczne były robione przy wykorzystaniu modeli obliczeniowych na bazie głównie metody elementów skończonych w środowisku Abacus. Jedynie w pracy A8, z uwagi na wykonywane testy dynamiczne, w analizie numerycznej zastosowano metodę elementów spektralnych.

Celem identyfikacji było poszukiwanie rozwiązania (punktu) w wielowymiarowej przestrzeni parametrów. Ważną pracą Habilitanta jest publikacja A5, gdzie sformułowano oryginalne algorytmy wyznaczania optymalnego rozkładu punktów próbkowania w przestrzeni parametrów metodą interaktywnych węzłów i hipersześcianów łacińskich. Do kalibracji modeli w ramach analizy odwrotnej Habilitant stosował cały szereg metod: algorytmy gradientowe, rozkład ortogonalny, radialne funkcje bazowe, sztuczne sieci neuronowe, analizę wrażliwości.

**W podsumowaniu stwierdzam, że cykl 9-ciu monotematycznych publikacji pod tytułem *Eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych w oparciu o modele zastępcze i metody odwrotne* jest znaczącym osiągnięciem naukowym Habilitanta.**

**W mojej opinii oryginalnym wkładem osiągnięć naukowych Habilitanta w dyscyplinę budownictwa jest:**

- **opracowanie efektywnych algorytmów identyfikacji modeli materiałów sprężystych i sprężysto-plastycznych stosowanych w inżynierii materiałowej, w szczególności w budownictwie,**
- **wkład w rozwój technik wykonywania eksperymentów, w szczególności techniki optycznego pomiaru przemieszczeń i odkształceń,**
- **opracowanie algorytmów wyznaczania optymalnego rozkładu punktów w przestrzeni parametrów stanowiący bazę próbkowania w symulacjach numerycznych.**

#### **4. Ocena aktywności naukowej Habilitanta**

Na dorobek naukowy dr inż. Tomasza Garbowskiego składa się

- ◆ 6 artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie JCR,
- ◆ 1 monografia,
- ◆ 14 artykułów w czasopismach, innych niż znajdujących się w bazie JCR, punktowanych przez MNiSzW,

- ◆ 2 rozdziały w monografiach,
- ◆ 6 prac opublikowanych w materiałach konferencji międzynarodowych, które są uwzględnione w bazie WoS,
- ◆ 5 referatów opublikowanych w materiałach konferencji międzynarodowych, punktowanych przez MNiSzW,
- ◆ 1 osiągnięcie projektowe,
- ◆ 1 zgłoszony wzór użytkowy.

Spośród wymienionych 34 publikacji punktowanych przez MNiSW tylko jedna publikacja jest indywidualną pracą Habilitanta.

Habilitant jest autorem lub współautorem 52 referatów konferencyjnych, w tym 37 referatów po uzyskaniu stopnia doktora, przy czym 19 z nich wygłosił osobiście. W zestawieniu opis bibliograficzny referatów konferencyjnych nie jest pełny.

Tematyka publikacji nie wchodzących w skład cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta jest zróżnicowana, dotyczy zagadnień związanych homogenizacją, mechaniką uszkodzeń oraz zagadnienia techniczne związane z opakowaniami z tektury falistej. Tektura falista jako opakowanie była przedmiotem szerokich badań naukowo-technicznych Habilitanta, które zostały opublikowane w kilku artykułach czasopisma *Przegląd papierniczy*. Badania te miały charakter aplikacyjny, wykonany w ramach współpracy z podmiotem gospodarczym.

Wskaźniki bibliometryczne dorobku Habilitanta:

- ◆ Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 6,925.
- ◆ Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science wynosi 84, wg SCOPUS 171.
- ◆ Indeks Hirscha opublikowanych prac wg bazy Web of Science wynosi 5, wg SCOPUS 7.
- ◆ Liczba punktów MNiSzW uzyskana za publikacje naukowe sumarycznie wynosi 450; z uwzględnieniem procentowego udziału wynosi 241,75.
- ◆ Habilitant 2-krotnie był głównym wykonawcą międzynarodowych projektów badawczych oraz 3-krotnie brał udział w krajowych projektach badawczych realizowanych na Politechnice Poznańskiej jako wykonawca lub główny wykonawca.
- ◆ Dr inż. Tomasz Garbowski otrzymał 6 nagród Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe.

Dr inż. Tomasz Garbowski uczestniczył w 52 konferencjach międzynarodowych. Brał udział w organizacji 2-ch międzynarodowych konferencji jako członek komitetu naukowego, oraz jednokrotnie był członkiem komitetu naukowego konferencji krajowej. Habilitant organizował w latach 2014-2016 3-nie cykliczną konferencję naukowo-techniczną BUDIMKA w Poznaniu.

Habilitant od roku 2014 jest członkiem Komitetu Redakcyjnego czasopisma *Engineering Transactions* oraz w latach 2015-17 był przewodniczącym Komitetu Redakcyjnego *Poliforum*. W zestawieniu dorobku, Habilitant podał wykaz 10-ciu czasopism z listy JCR dla których wykonywał recenzje manuskryptów bez podania liczby recenzowanych prac.

***W podsumowaniu pozytywnie oceniam aktywność naukową Habilitanta. Dorobek publikacyjny, poza cyklem publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, jest dostateczny. Pozytywnie oceniam czynne uczestnictwo Habilitanta w kilkudziesięciu międzynarodowych konferencjach naukowych. Poziom wskaźników bibliometrycznych oceniam jako dobry, mieszczący się powyżej średniej dla wniosków dotyczących postępowania habilitacyjnego w dyscyplinie budownictwo.***

## 5. Ocena w zakresie dorobku organizacyjnego, dydaktycznego i współpracy międzynarodowej

Habilitant jest członkiem Sekcji Metod Obliczeniowych i Optymalizacji Komitetu Mechaniki i Sekcji Mechaniki Konstrukcji i Materiałów Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz członkiem PTMTS. Od roku 2012 jest również członkiem Nordic Association for Computational Mechanics.

W ramach działalności dydaktycznej Habilitant prowadzi zajęcia dydaktyczne kursów związanych z informatyką i metodami komputerowymi wspomagającymi projektowanie w budownictwie. Był promotorem 19-tu prac magisterskich i inżynierskich w tym 4-ry były realizowane na uczelni zagranicznej. Sprawował opiekę naukową 1-go doktoranta Politechniki w Mediolanie, obecnie jest promotorem pomocniczym jednego doktoranta na Politechnice Poznańskiej. Ważnym wyróżnieniem zaangażowania dydaktycznego Habilitanta było otrzymanie przez niego Medalu Komisji Edukacji Narodowej.

Dr inż. Tomasz Garbowski prowadzi szeroką współpracę z naukowymi ośrodkami zagranicznymi, głównie z Politechniką w Mediolanie, gdzie po studiach doktoranckich uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Od tego czasu Habilitant utrzymuje stałe kontakty naukowe i dydaktyczne z Politechniką Mediolańską co zaowocowało kilkoma wspólnymi publikacjami, uczestnictwem w projektach badawczych oraz opieką naukową nad studentami i doktorantem włoskiej uczelni.

Habilitant odbył również krótkie staże naukowe w ośrodkach naukowych Szwecji, Serbii i Słowenii. Aktywnie uczestniczył w szeregu szkoleniach w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych.

Dr inż. Tomasz Garbowski prowadził ograniczoną działalność inżynierską. Posiada uprawnienia budowlane i jest członkiem Polskiej Izby Inżynierów.

***W podsumowaniu pozytywnie oceniam osiągnięcia dr inż. Tomasza Garbowskiego w zakresie działalności organizacyjnej, aktywności w ramach współpracy międzynarodowej oraz działalności dydaktycznej.***

## 6. Końcowy wniosek

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że osiągnięcia naukowe i dorobek naukowy dra inż. Tomasza Garbowskiego spełniają wszystkie wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w myśl Ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z roku 2003.

W szczególności cykl publikacji pt. *Eksperymentalno-numeryczne procedury identyfikacji parametrów materiałowych w oparciu o modele zastępcze i metody odwrotne* jest oryginalnym osiągnięciem Habilitanta i stanowi znaczący wkład naukowy w dyscyplinę naukową *budownictwo*. Jego działalność naukowo-badawcza, aktywna działalność organizacyjna, kontakty międzynarodowe oraz dorobek dydaktyczny są znaczące i zauważane w środowisku naukowym. Habilitant wykazał, że dysponuje dobrym warszatem naukowym.

***W związku z powyższym popieram wniosek dra inż. Tomasza Garbowskiego przyznania mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo.***



**Załącznik: Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego**

- [A1] T. Garbowski, G. Maier, G. Novati, Diagnosis of concrete dams by flat-jack tests and inverse analyses based on proper orthogonal decomposition, *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, Vol. 6(1–4), pp. 181–202, 2011.
- [A2] T. Garbowski, G. Maier, G. Novati, On calibration of orthotropic elastic-plastic constitutive models for paper foils by biaxial tests and inverse analyses, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Vol.46 (1), pp. 111–128, 2012.
- [A3] T. Gajewski, T. Garbowski, Calibration of concrete parameters based on digital image correlation and inverse analysis, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Vol. 14 (1), pp. 170–180, 2014.
- [A4] T. Gajewski, T. Garbowski, Mixed experimental/numerical methods applied for concrete parameters estimation, *Recent Advances in Computational Mechanics*. Proceedings of 20th International Conference on Computer Methods in Mechanics CMM2013., Eds. T. Łodygowski, J. Rakowski, P. Litewka, pp. 293–302, CRC Press, 2014.
- [A5] V. Buljak, T. Garbowski, Efficient methods for optimal space filling in model reduction techniques, *Recent Advances in Computational Mechanics*. Proceedings of XX International Conference on Computer Methods in Mechanics CMM2013, Eds. T. Łodygowski, J. Rakowski, P. Litewka, pp. 285–292, CRC Press, 2014.
- [A6] G. Maier, V. Buljak, T. Garbowski, G. Cocchetti, G. Novati, Mechanical characterization of materials and diagnosis of structures by inverse analyses: some innovative procedures and applications. *International Journal of Computational Methods*, Vol. 11(3), pp. 1343002 (25 pages), 2014.
- [A7] M. Chuda-Kowalska, T. Gajewski, T. Garbowski, The mechanical characterization of orthotropic elastic parameters of a foam by the mixed experimental-numerical analysis, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Vol. 53(2), pp 383–394, 2015.
- [A8] A. Venier, T. Garbowski, Reliable mechanical characterization of layered pavement structures. *Advance in Mechanics. Theoretical, Computational and Interdisciplinary Issues*. Proceedings of the 3rd Polish Congress of Mechanics (PCM) and 21st International Conference on Computer Methods in Mechanics (CMM), Gdansk, Ed. M. Kleiber, T. Burczyński, K. Wilde, J. Gorski, K. Winkelmann, and Ł. Smakosz, pp 183–186, CRC Press 2016.
- [A9] T. Garbowski, A. Pożarycki, Multi-level backcalculation algorithm for robust determination of pavement layers parameters. *Inverse Problems in Science and Engineering*, Vol. 25(5), pp. 674–693, 2017.