

dr hab. inż. Tomasz Tracz, prof. PK
Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechniki Krakowskiej
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków
e-mail: tomasz.tracz@pk.edu.pl

Kraków, 25 lipiec 2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr inż. Karola Krzysztofa Federowicza

"Wpływ pielęgnacji na odkształcenia skurczowe kompozytów cementowych
wykorzystywanych w technologii druku 3D"

zrealizowanej pod opieką promotorską Pani prof. dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej oraz
Pana dr inż. Adama Zielińskiego jako promotora pomocniczego

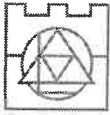
1. Podstawy opracowania opinii

Podstawę formalną opracowania niniejszej opinii stanowi pismo z dnia 17 maja 2023 r. Prorektora ds. nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Pana Profesora dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, zawierające zlecenie wykonania niniejszej recenzji.

Podstawę merytoryczną opracowania opinii stanowił załączony do zlecenia kompletny tekst rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Krzysztofa Federowicza pod tytułem jak wyżej.

Podstawę prawną recenzji stanowią:

- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 pkt 1, ust 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.),
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. poz.261).



2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska autorstwa Pana mgra inż. Karola Krzysztofa Federowicza pt. Wpływ pielęgnacji na odkształcenia skurczowe kompozytów cementowych wykorzystywanych w technologii druku 3D. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska, zaś promotorem pomocniczym – dr inż. Adam Zieliński. Rozprawa została przygotowana w Katedrze Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

3. Charakterystyka rozprawy oraz uwagi ogólne

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy wpływu pielęgnacji na odkształcenia skurczowe kompozytów cementowych wykorzystywanych w technologii druku 3D. Rozprawa ma typowy charakter opracowania studialno-doświadczalnego. Praca napisana jest w języku polskim i liczy 254 stron formatu A4. Składa się z 18 rozdziałów poprzedzonych streszczeniem w języku polskim i angielskim, objaśnieniem stosowanych symboli i zakończona jest spisem literatury oraz spisem tabel i rysunków.

W części studialnej w pierwszej kolejności w rozdziale 1 Doktorant we wprowadzeniu wyjaśnia technologie i podstawowe pojęcia dotyczące druku kompozytów cementowych oraz porusza ważność pielęgnacji w kontekście występowania odkształceń skurczowych w trakcie dojrzewania kompozytu. Cel i teza pracy została zaprezentowana w rozdziale 2. Autor na podstawie rozpoznanej literatury oraz rezultatów badań wstępnych zaproponował tezę badawczą mówiącą o tym, że stosowanie odpowiedniej formy pielęgnacji ma istotny wpływ na redukcję odkształceń skurczowych w kompozytach cementowych wykorzystywanych w technologii druku 3D. Teza wprawdzie raczej oczywista to sformułowana prawidłowo. Głównym celem rozprawy jest „... zaproponowanie, przebadanie i ocena przydatności różnych form pielęgnacji wewnętrznej i zewnętrznej kompozytów cementowych wykorzystywanych w technologii druku 3D.” Cel choć przedstawiony jasno wydaje się trudy technicznie do realizacji i zapewne bardzo pracochłonny. W rozdziale 3 omówione zostały najistotniejsze aspekty technologii druku 3D mieszanek cementowych. Przywołano wiele aktualnych i interesujących publikacji naukowych, opisujących stosowane metody badawcze oraz różne techniki druku 3D. Autor nie pominął informacji o możliwościach i ewentualnych ograniczeniach jakie związane są z technikami druku 3D. Rozdział 4 składający się z kilku podrozdziałów to obszerny opis zagadnień związanych z właściwościami mieszanek cementowych stosowanych w druku 3D. Podobnie jak w poprzednio ten rozdział jest bardzo bogaty w prezentację rezultatów wielu badaczy. Wydaje się, że poruszane problemy związane z właściwościami mieszanek są kluczowe w tej technologii formowania (kształtowania) elementów w trakcie druku 3D. Rozdział 5 poświęcono skurczowi betonu. W kilku podrozdziałach Autor omówił rodzaje skurczu, plastyczny, autogeniczny, od wysychania, termiczny a nawet skurcz spowodowany karbonatyzacją. W



podrozdziale 5.2 zaprezentowano wiele metod badawczych pomiaru skurczu, zarówno normowych jak i nowatorskich stosowanych przez różne zespoły badawcze. Pielęgnacji betonu poświęcono rozdział 6. Omówiono w nim po krótkce metody pielęgnacji zewnętrznej i wewnętrznej skupiając się z oczywistych powodów na technikach, które mogą znaleźć zastosowanie w technologii druku 3D.

Część badawczą otwiera rozdział 7 w którym Doktorant prezentuje zrealizowany zakres badań, został on podzielony na trzy etapy: badania wstępne, zasadnicze oraz weryfikacyjne. Obszerne badania wstępne miały na celu ocenę wielu właściwości pięciu wytypowanych mieszanek a niejako efektem końcowym tego etapu był wybór jednej mieszanki do badań zasadniczych. W badaniach zasadniczych skład wybranej mieszanki jeszcze nieco zmodyfikowano tak aby osiągnąć jak najlepsze parametry wydruku. Dla zmodyfikowanej mieszanki oceniano wpływ różnych metod pielęgnacji na odkształcenia skurczowe. W rozdziale tym Doktorant przedstawił również zakres badań weryfikacyjnych. Rozdział 8 to prezentacja dwóch nowatorskich stanowisk badawczych. Pierwsze z nich to stanowisko służące do druku 3D mieszanek cementowych będące osiągnięciem dwóch zespołu pracowników pochodzących z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Drugie opisane stanowisko, dedykowane było pomiarom odkształceń skurczowych elementów drukowanych w 3D. Projekt tego innowacyjnego stanowiska, jest dziełem promotora pomocniczego niniejszej pracy Pana dr inż. Adama Zielińskiego. Rozdział 9 Doktorant poświęcił na prezentację metod badawczych. W kilkunastu podrozdział opisał stosowane procedury badawcze z poziomem szczegółowości adekwatnym dla poszczególnych metod. Niemniej jednak czasami opis zawierał odwołania do norm lub publikacji naukowych, co utrudniało czytelnikowi szybkie dotarcie do informacji. Rezultaty badań wstępnych zostały zaprezentowane w rozdziale 10. W pierwszej kolejności Autor przypomniał wcześniej prezentowany zakres badań a następnie przedstawił charakterystykę składników mieszanek i szczegółowe składy wybranych pieszanek mieszanek. Następnie sukcesywnie Doktorant prezentował wyniki badań w licznych tabelach i wykresach. Po prezentacji poszczególnych rezultatów zamieszczał krótki opis zaobserwowanych zmienności. Natomiast analizę wyników oraz wnioski zawarł w dwóch ostatnich podrozdziałach, rozdziału 10. Rozdział 11 i 12 poświęcono badaniom zasadniczym. W rozdziale 11 zaprezentowano podstawowy skład mieszanki, szczegółowo omówiono zakres zrealizowanych badań oraz charakterystykę wielu wariantów metod pielęgnacji. Ponadto w rozdziale tym znalazły się jeszcze informacje o stosowanych metodach w ocenie właściwości stwardniałego kompozytu i kluczowych metodach oceny skurczu. Rozdział 12 to w zasadzie główny rozdział prezentujący wyniki badań doświadczalnych zrealizowanych w ramach niniejszej pracy doktorskiej. Prezentację Autor rozpoczyna od wyników badań świeżej mieszanki takich jak: gęstość, czas wiązania, wytrzymałość na ścinanie, konsystencja i wstępna wytrzymałość na ściskanie. Natomiast w drugiej części znajduje się prezentacja wyników badań dotyczących kompozytów stwardniałych. Ocenę wytrzymałości na ściskanie i zginanie rozszerzono o badania wpływu efektu skali próbek na ocenianą wytrzymałości. Rozdział 12 kończy prezentacja wyników badań



łączonego wpływu pielęgnacji wewnętrznej i zewnętrznej na skurcz całkowity przeprowadzonych dla jednego wybranego wariantu. W rozdziale 13 Doktorant podjął się analizy czterech najpowszechniej stosowanych modeli empirycznych pozwalających na prognozowanie skurczu kompozytów cementowych. Rozdział 14 to bardzo obszerna analiza wyników badań wpływu pielęgnacji na cały zakres ocenianych właściwości kompozytów. Na potrzeby tej analizy przygotowano ponad dwadzieścia rysunków, graficznie zestawiających wyniki badań dotyczące konkretnie porównywanych rezultatów. Rozdział ten kończy analiza łącznego wpływu wybranego wariantu pielęgnacji wewnętrznej i zewnętrznej na skurcz całkowity. Krótki rozdział 15 poświęcono na omówienie doświadczalnej weryfikacji rezultatów badań zasadniczych w skali rzeczywistego wydruku elementu ściennego o niewielkich rozmiarach. Podjęto również próbę porównania skuteczności prognozowania skurczu na podstawie dostępnych modeli.

Wnioski końcowe zostały przedstawione w rozdziale 16. W rozdziale tym w pierwszej kolejności Doktorant sformułował 4 wnioski ogólne a następnie 15 wniosków szczegółowych. Zaprezentowane wnioski obejmują całość zrealizowanego zakresu badań i przeprowadzonych analiz. Ostatni rozdział 17 jest zapowiedzią planów dalszych badań zapewne prowadzonych w macierzystym ośrodku Doktoranta.

Załączony do rozprawy, ponad przeciętny, obszerny spis literatury w tym norm zawiera 298 pozycji. Ponad połowa tj. 52% cytowanych prac pochodzi z ostatnich 5 lat a 86% z ostatnich 10 lat, co dobrze ilustruje zainteresowania badaczy tą tematyką w ostatnim okresie oraz dowodzi aktualności problemu badawczego jaki jest przedmiotem niniejszej dysertacji. Praca zawiera 33 tabele oraz 184 rysunki, które wymagały od Doktoranta poświęcenia ogromu pracy na ich przygotowanie.

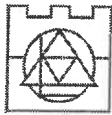
Podsumowując stwierdzam, że układ rozprawy, kolejność prezentowanych wyników, sposób ich prezentacji oraz poprawność językowa nie budzi moich zastrzeżeń. Dobór pozycji literaturowych jest wystarczający i dobrze dopasowany do tematyki rozprawy.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Tytuł rozprawy odpowiada jej zawartości. Cel pracy oraz spodziewane rezultaty zostały wystarczająco jasno przedstawione, a zrealizowane badania doświadczalne wraz z analizą uzyskanych wyników to potwierdzają.

Część studialna prezentowana na 71 stronach jest opracowana bardzo starannie, porusza wiele aspektów związanych ogólnie z technologią druku 3D kompozytów cementowych. Zakres omówionych zagadnień w sposób wystarczający wprowadza czytelnika do prezentacji w dalszej części pracy badań, wyników i ich analiz. Dobry zakres cytowanych osiągnięć innych badaczy jest trafny i w pełni wystarczający.

Część doświadczalna pracy, zawarta została w aż 10 rozdziałach. Zrealizowany program badań własnych był bardzo rozbudowany, składał się z obszernych badań wstępnych, badań podstawowych oraz weryfikacyjnych. W celu zapewnienia przejrzystości prezentacji tak obszernego zakresu badań Autor zdecydował się na utworzenie ponad 20 podrozdziałów, w tej doświadczalnej części pracy. Uzyskane liczne wyniki nie budzą



wątpliwości co do ich wiarygodności, co świadczy o dobrze dobranych metodach badawczych. Jedyną wątpliwości natury ogólnej budzi w opinii recenzenta założenie, iż modyfikacja składu analizowanych mieszanek poprzez zastosowanie domieszek lub kruszywa o wielkości ziarna do 4 mm jest rodzajem pielęgnacji wewnętrznej. Oczywiście nie podważam zasadności zrealizowanych badań dla takich mieszanek, bardzo wysoko oceniam mnogość wariantów, jednak w mojej ocenie taka modyfikacja składu nie jest rodzajem pielęgnacji.

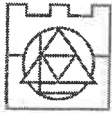
Podsumowując program oraz zakres przeprowadzonych badań własnych został opracowany poprawnie i wystarczająco obszernie, stosownie do postawionego celu.

Teza pracy została sformułowana jasno i czytelnie. Weryfikacja tezy wymagała wykonania obszernego programu badawczego dostarczającego licznych wyników, które zostały przez Doktoranta poddane szczegółowej analizie. Wysokiej jakości analiza wyników badań stoi na wysokim poziomie i była podstawą sformułowania wielu wniosków, które między innymi potwierdziły prawdziwość postawionej tezy badawczej.

5. Uwagi, spostrzeżenia i wątpliwości recenzenta

Poniżej zamieszczam uwagi, spostrzeżenia lub wątpliwości o różnym poziomie istotności, które powstały w trakcie lektury rozprawy. Wiele z nich to uwagi pozytywne, podkreślające walory recenzowanej pracy.

- 1) Strona 43 - Doktorant prezentując przykładu zniszczenia elementów w trakcie druku podkreśla, że bardzo często „... trudno określić dominujące źródło niepowodzenia ...”, to bardzo trafne stwierdzenie świadczące o dużym rozpoznaniu problemu.
- 2) W części studialnej Doktorant opracował wiele zestawień pochodzących z danych literaturowych, między innymi takich jak: Tabela 1 - zestawienia składów mieszanek do druku 3D, Tabele 2 i 3 - statycznej i dynamicznej granicy płynięcia oraz lepkości plastycznej wielu mieszanek, Tabela 5 - najbardziej powszechne normy dedykowane badaniom skurczu liniowego. Zdaniem recenzenta takie zestawienia świadczą o dużym zaangażowaniu Doktoranta w opracowanie studialnej części recenzowanej pracy.
- 3) Strona 50 – Doktorant odnosząc się do braku standaryzacji metod badawczych oceniających właściwości reologiczne mieszanek podkreśla, że na rynku obecnych jest wiele zestawów do druku 3D z których każda może posiadać inną charakterystykę pracy, zatem inne wymagania wobec mieszanki. To często umniejsza uniwersalności prezentowanych w literaturze rezultatów badań. Uważam, że poruszane przez Doktoranta w części studialnej recenzowanej pracy tego rodzaju problemy są bardzo cenne.
- 4) Na pochwałę zasługuje opracowanie graficzne wszystkich zamieszczonych w części studialnej rysunków. Są one przejrzyste i zawsze z opisami w języku polskim. Choć w przypadku rysunków 46 i 47 powielanie opisów osi w jednostkach psi lub °F jest raczej zbędne.



- 5) Rozdział 9.4 – wykorzystywanie metod badawczych opracowanych pierwotnie do badania innych materiałów jest jak najbardziej zasadne, zwłaszcza kiedy uzyskujemy zadawalające rezultaty. Wydaje się jednak, że Autor opisowy metody oceny wytrzymałości na ścinanie świeżej mieszanki mógł poświęcić nieco więcej uwagi i szczegółowo opisać zasadę pomiaru a nie odwoływać się do opisu zamieszczonego w literaturze.
- 6) Strona 105, Tabela 8 – zastosowano różny styl separatora. Wszędzie powinny być przecinki.
- 7) Strona 110 i 111, Rozdział 10.4.2 – nie do końca wyczerpująco Autor wyjaśnia, dlaczego stosuje metodę oceny czasu wiązania cementu na mieszankach w składzie których znajduje się piasek, a nie na zaczynach. Ponadto przyjęta metoda umożliwia przesychnianie materiału w trakcie badania, co również jest znaczącym odstępstwem od wymagań normowych. Wobec powyższego, pewnym nadużyciem jest utożsamianie otrzymanych wyników z realnym czasem wiązania cementu.
- 8) Szczególnie w trakcie prezentacji wyników badań wstępnych, Doktorant w wielu miejscach nie zawarł w opisie informacji, jaka była liczebność serii próbek w poszczególnych badaniach, jak była jednorodność wyników i czy prezentowane wyniki w tabelach to np. wartości średnie.
- 9) Strona 132 – analiza wyników krzywych płynięcia mieszanek M1-M5. Autor dostrzegł, że naprężenia ścinające w mieszance M2 są niższe od naprężeń charakteryzujących mieszankę M1. Wyjaśnia następnie, iż powodem zróżnicowania jest większa ilość piasku w składzie mieszanki M2, a kilka zdań wcześniej w opisie informuje, że z uwagi na ograniczenia sprzętowe badania realizowano na zaczynach.
- 10) Strona 153, Tabela 25 – brak wyników gęstości teoretycznej, choć w tekście jest informacja, że takie wyniki w tabeli się znajdują.
- 11) Strona 160, Rozdział 12.2.2. – wysoko oceniam zrealizowane badania wpływu efektu skali próbek w badaniach właściwości mechanicznych. Rezultaty tych badań mają dużą wartość praktyczną i mogą być podstawą do opracowania standardów oceny wytrzymałości mieszanek stosowanych do druku 3D.
- 12) Strony 164 i 165 – Autor zaobserwował spadek wytrzymałości próbek drukowanych w stosunku do próbek formowanych normowo. Wyjaśnia, iż jednym z powodów jest wzrost porowatości materiału drukowanego. Sugeruję w przyszłości wykonanie badań oceny charakterystyki porowatości tych dwóch materiałów, wówczas wnioskowanie byłoby bardziej rozbudowane i poparte wyniki bezpośrednio oceniającymi tą porowatość. Cieszę się, że Doktorant podziela w tym zakresie moje spostrzeżenia i w rozdziale 17 pisze o planach badawczych dotyczących oceny mikrostruktury porów w kompozytach cementowych drukowanych w 3D.
- 13) Strona 176, Rozdział 12.3.3. – „Na rysunkach od 142 do przedstawiono ...” powinno być „Na rysunkach od 142 do 145 przedstawiono ...”
- 14) Strona 147, Tabela 24 – powinna zawierać jeszcze jeden wariant poddany badaniom, opisany w Rozdziale 12.3.5. Wprowadź ocenę skurczu całkowitego dla kombinację wpływu pielęgnacji



- wewnętrznej i zewnętrznej wykonano niejako dodatkowo, to jednak takie rozwiązanie technologiczne może być w praktyce stosowane.
- 15) Strony 183-196, Rozdział 13 – na szczególną pochwałę zasługuje podjęcie przez Doktoranta trudu związanego z empirycznym prognozowaniem skurczu mieszanek drukowanych w 3D na podstawie najpowszechniej stosowanych modeli. Dobór modeli był jak najbardziej zasadny, jednak otrzymane rezultaty wykazały znaczące zaniżenie wartości szacowanego skurczu całkowitego w porównaniu do badań doświadczalnych. Na końcu tego rozdziału brakowało pewnego podsumowania i analizy uzyskanych rozbieżności.
 - 16) Strona 202 – analizę dotyczącą efektu skali w badaniach wytrzymałościowych kończą rozważania o wpływie pielęgnacji mokrej na zaobserwowane zróżnicowanie wytrzymałości. Oceniam pozytywnie, że w tej części Doktorant nie zapomniał o przewodnim temacie niniejszej dysertacji.
 - 17) Zakres badań zasadniczych obejmował bardzo ważne dla realizacji zamierzonych celów badawczych, badania skurczu w warunkach ograniczonej swobody odkształceń. Te badania prowadzone dla trzech warstw w sposób rzeczywisty oddają charakterystykę odkształceń skurczowych kompozytu stosowanego w druku 3D. Oceniam zastosowaną metody bardzo wysoko a rezultaty tych badań za niezwykle cenne.
 - 18) Strony 224 i 225 – akapit pomiędzy rysunkami 180 a 181 jest powtórzeniem akapitu zamieszczonego na przed rysunkiem 180.
 - 19) Strona 230 – Doktorant we wniosku 13 twierdzi na podstawie analizy wyników badań zasadniczych, że „Izolowanie próbek folią lub wilgotną geowłókniną jest mniej skuteczne niż zraszanie próbek wodą” co oczywiście nie podlega dyskusji. Jednak w kolejnym zdaniu, w mojej opinii zbyt krytycznie, dyskwalifikuje te metody pielęgnacji zewnętrznej jak nieadekwatne dla technologii druku 3D. Jeśliby tak w rzeczywistości było, to zakres zrealizowanych badań nie powinien obejmować takiego warianty pielęgnacji.
 - 20) Czytelnik po zapoznaniu się z całością zrealizowanych badań, obszerną i detaliczną analizą a szczególnie po przeczytaniu wniosków, dochodzi do konkluzji, że duży skurcz całkowity kompozytów cementowych drukowanych w technologii 3D jest kluczowym problemem technologicznym. A jedynym na tą chwilę rozwiązaniem znacząco ograniczającym skurcz, jest pielęgnacja zewnętrzna w postaci prostego zraszania wodą dojrzewającego materiału. Inne jakże zaawansowane i nowoczesne techniki zweryfikowane w badaniach nie przyniosły oczekiwanych rezultatów.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podjęta w rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Karola Federowicza tematyka, jest bardzo aktualna i w ostatnich latach stała się obiektem zainteresowań wielu badaczy. Autor rozprawy wniósł duży wkład nowej



wiedzy dotyczącej technologii druku 3D w odniesieniu do aktualnego stanu techniki. Doktorant dobrze przeprowadził przegląd literatury, sformułował problemy i zaproponował stosowny program badań własnych. Zrealizował bardzo obszerny zakres doświadczalnych badań własnych, stosując nie budzącą zastrzeżeń metodykę oceny licznych właściwości kompozytów, czasami dedykowaną bezpośrednio dla kompozytów drukowanych w 3D, a przedstawione w pracy liczne wyniki wraz z ich analizą są na wysokim poziomie.

W moim przekonaniu Autor wykazał się obszerną znajomością stanu wiedzy dotyczącej tematyki rozprawy oraz potwierdził, iż posiada dobrą umiejętność planowania badań doświadczalnych, ich realizacji, ale przede wszystkim opracowania szczegółowej analizy uzyskanych rezultatów. Ponadto potrafi formułować trafne wnioski, wynikające z analizy wyników. Dowodzi to o dobrym przygotowaniu Doktoranta do prowadzenia w przyszłości rozbudowanych prac badawczych.

Biorąc pod uwagę wszystko co wyżej, przedłożoną rozprawę oceniam **pozytywnie w całości spełniającą wymagania** Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 pkt 1, ust 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.), w związku z czym z pełnym przekonaniem **wniosuję o dopuszczenie** jej do publicznej obrony.

Z wagi na aktualność podjętej tematyki pracy, ponad przeciętny zakres zrealizowanych badań własnych, sposób prezentacji rezultatów oraz wysoką jakość analiz i trafność formułowanych wniosków, wnoszę o wyróżnienie pracy doktorskiej Pana mgra inż. Karola Federowicza.

dr hab. inż. Tomasz Tracz
prof. Politechniki Krakowskiej