

Autoreferat w języku polskim wraz z wykazem opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych, informacjami o dorobku dydaktycznym i popularyzatorskim oraz współpracy międzynarodowej

Załącznik nr 1 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

dr inż. Łukasz Jerzy Piszczyk

Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny

Gdańsk, 2018

Autoreferat

Załącznik nr 1 do wniosku o habilitację

1. Imię i Nazwisko: Łukasz Piszczyk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Uzyskanie tytułu zawodowego inżyniera

- uczelnia: Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny;
- kierunek: Inżynieria Materiałowa;
- specjalność: Inżynieria Materiałów Polimerowych;
- tytuł pracy dyplomowej: *Synteza i właściwości kompozytów poliuretanowo-szklanych*; miejsce realizacji pracy dyplomowej: Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska;
- opiekun pracy: dr hab. inż. Janusz Datta, prof. nadzw. PG;
- rok obrony pracy dyplomowej: 2005.

Uzyskanie tytułu naukowego magistra

- uczelnia: Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny;
- kierunek: Inżynieria Materiałowa;
- specjalność: Inżynieria Materiałów Polimerowych;
- tytuł pracy dyplomowej: *Kompozycje poliuretanowo-szklane*; miejsce realizacji pracy dyplomowej: Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska;
- opiekun pracy: dr hab. inż. Janusz Datta, prof. nadzw. PG;
- rok obrony pracy dyplomowej: 2006.

Uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej

- uczelnia: Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny;
- specjalność: Technologia Chemiczna;
- tytuł rozprawy doktorskiej: *Synteza i właściwości nowych niepalnionych pianek poliuretanowych otrzymanych z użyciem surowców odnawialnych*; miejsce realizacji pracy doktorskiej: Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska;
- promotor pracy: prof. dr hab. inż. Józef Haponiuk;
- rok obrony pracy dyplomowej: 2011.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.01.2013 – obecnie; Adiunkt, Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska;

01.01.2012-31.12.2012; Asystent, Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska.

4. Osiągnięcia wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Wykorzystanie odpadowej gliceryny jako surowca do produkcji nowych bio-polioli stosowanych w technologii otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych

b) Wykaz publikacji naukowych stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego

I. Hejna A., Kosmela P., Formela K., **Piszczyk Ł.** [☒], Haponiuk JT, *Potential applications of crude glycerol in polymer technology–Current state and perspectives*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2016, 66, 449.

DOI: [10.1016/j.rser.2016.08.020](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.020)

Punktacja MNiSW=45, IF₂₀₁₅ = IF=6,798

(Mój udział polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu treści manuskryptu oraz opracowaniu wspólnie z pozostałymi współautorami odpowiedzi na uwagi recenzentów. Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 4 współautorów).

II. Haponiuk J., **Piszczyk Ł.** [†], Danowska M., Strankowski M., *Sposób wytwarzania ekologicznej sztywnej pianki poliuretanowej*, Patent nr **218621**, 30.01.2015

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 3 współtwórców).

III. **Piszczyk Ł.**, Strankowski M. [☒], Danowska M., Hejna A., Haponiuk J.T., *Rigid polyurethane foams from a polyglycerol-based polyol*, European Polymer Journal, 2014, 57, 143.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.05.012>

Punktacja MNiSW=35, IF₂₀₁₄ = 3,005

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DSC, SEM, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu treści manuskryptu oraz na opracowaniu wspólnie z pozostałymi współautorami odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 60%, zgodnie z oświadczeniami 4 współautorów).

IV. Haponiuk J., **Piszczyk Ł.** [†], Danowska M., Strankowski M., *Sposób wytwarzania ekologicznej sztywnej pianki poliuretanowej*, Patent nr **218718**, 30.01.2015

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego, opracowaniu koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 3 współtwórców).

V. Hejna A[☒], Kosmela P, Klein M, Gosz K, Formela K, Haponiuk J, **Piszczyk Ł**, *Rheological properties, oxidative and thermal stability, and potential application of biopolyols prepared via two-step process from crude glycerol*, Polymer Degradation and Stability, 2018, 152, 29.

<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.03.022>

Punktacja MNiSW=35, IF₂₀₁₇ = 3,386

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki DSC, TGA, przygotowaniu wspólnie z Aleksandrem Hejną treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 6 współautorów).

VI. Hejna A[☒], Kosmela P, Klein M, Formela K, Kopczyńska M., Haponiuk J, **Piszczyk Ł**, *Two-step Conversion of Crude Glycerol Generated by Biodiesel Production into Biopolyols: Synthesis, Structural and Physical Chemical Characterization*, Journal of Polymers and the Environment, 2018,

<https://doi.org/10.1007/s10924-018-1217-4>,

Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₇ = 1,877

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz chemicznych w oparciu o techniki FTIR, przygotowaniu wspólnie z Aleksandrem Hejną treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 6 współautorów).

VII. Hejna A.[☒], Kirpluks M., Kosmela P., Cabulis U., Haponiuk J., **Piszczyk Ł**, *The influence of crude glycerol and castor oil-based polyol on the structure and performance of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams*, Industrial Crops and Products, 2017, 95, 113.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.023>

Punktacja MNiSW=40, IF₂₀₁₇ = 3,449

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DMA, przygotowaniu wspólnie z Aleksandrem Hejną treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 40%, zgodnie z oświadczeniami 5 współautorów).

VIII. Hejna A.[☒], Kosmela P., Kirpluks M., Cabulis U., Klein M., Haponiuk J.T., **Piszczyk Ł**, *Structure, Mechanical, Thermal and Fire Behavior Assessments of Environmentally Friendly Crude Glycerol-Based Rigid Polyisocyanurate Foams*, Journal of Polymers and the Environment,

[DOI: 10.1007/s10924-017-1086-2](https://doi.org/10.1007/s10924-017-1086-2).

Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₇ = 1,877

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki DMA, przygotowaniu wspólnie z Aleksandrem Hejną treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 35%, zgodnie z oświadczeniami 6 współautorów).

IX. Kosmela P., Hejna A., Formela K., Haponiuk J.T., **Piszczyk Ł**.[☒], *Biopolyols obtained via crude glycerol-based liquefaction of cellulose: their structural, rheological and thermal characterization*, Cellulose 2016, 23, 2929.

[DOI 10.1007/s10570-016-1034-7](https://doi.org/10.1007/s10570-016-1034-7)

Punktacja MNiSW=45, IF₂₀₁₆ = 3,195

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu parametrów procesu upłynniania oraz procedury pomiarowej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, OOT, SEM, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu wspólnie z Pauliną Kosmelą treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 50%, zgodnie z oświadczeniami 4 współautorów).

X. Kosmela P., Hejna A., Formela K., Haponiuk J.T., **Piszczyk Ł.**[✉], *The study on application of biopolyols obtained by cellulose biomass liquefaction performed with crude glycerol for the synthesis of rigid polyurethane foams*, Journal of Polymers and the Environment, 2017,

<https://doi.org/10.1007/s10924-017-1145-8>

Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₇ = 1,877

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DMA, SEM, interpretacji wyników starzenia, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu wspólnie z Pauliną Kosmelą oraz Aleksandrem Hejną treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 60%, zgodnie z oświadczeniami 4 współautorów).

XI. Gosz K., Kosmela P., Hejna A., Gajowiec G., **Piszczyk Ł.**[✉], *Biopolyols obtained via microwave-assisted liquefaction of lignin - structure, rheological, physical and thermal properties*, Wood Science and Technology.

<https://doi.org/10.1007/s00226-018-0991-4>

Punktacja MNiSW= 40, IF₂₀₁₈ = 1,509

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu parametrów procesu upłynniania oraz procedury pomiarowej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki OOT, TGA, SEM, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu wspólnie z Kamilą Gosz i Pauliną Kosmelą treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 60%, zgodnie z oświadczeniami 6 współautorów).

XII. Kosmela P., Kazimierski P., Formela K., Haponiuk J.T., **Piszczyk Ł.**[✉], *Liquefaction of macroalgae *Enteromorpha* biomass for the preparation of biopolyols by using crude glycerol*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2017, 56, 399.

<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.07.037>

Punktacja MNiSW=35, IF₂₀₁₇ = 4,421

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu parametrów procesu upłynniania oraz procedury pomiarowej, wykonaniu i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki OOT, TGA, DMA, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu wspólnie z Pauliną Kosmelą treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów

Wniosłem największy udział w powstanie tej pracy, który oceniam na 65%, zgodnie z oświadczeniami 6 współautorów).

Sumaryczna wartość IF: 31,394

Sumaryczna wartość punktów MNiSW: 365

✉ - autor korespondencyjny

† - przedstawiciel twórców

Punktacja MNiSW została przygotowana zgodnie z aktualnym ujednoczonym wykazem czasopism naukowych ogłoszonym w roku 2017. Wartości Impact Factor (IF) zostały podane zgodnie z rokiem ukazania się publikacji. Dla publikacji z roku 2018 podano IF za rok 2017.

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

Otrzymywanie nowych materiałów, w tym surowców, oraz analiza sposobu ich wytwarzania to dynamicznie rozwijane obszary badawcze, wchodzące w zakres inżynierii materiałowej. Podyktowane jest to wzrastającym zapotrzebowaniem na innowacyjne materiały o nowych lub polepszonych właściwościach w stosunku do obecnie stosowanych. Czynniki motywującymi tego rodzaju badania są także: chęć obniżenia kosztów produkcji poprzez optymalizację znanych procesów, potrzeba stosowania surowców ze źródeł odnawialnych lub odpadowych, a także korzyści wynikające z wprowadzania nowatorskich i uzasadnionych ekonomicznie technologii, umożliwiających otrzymywanie nowych materiałów funkcjonalnych.

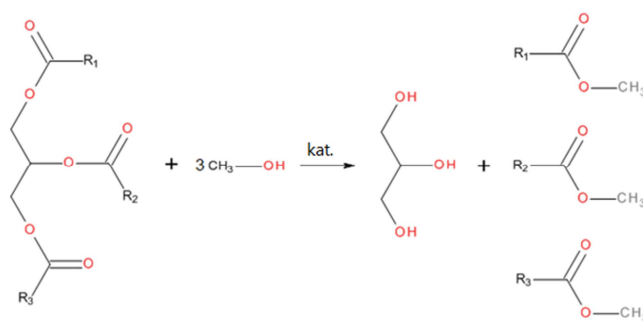
Materiały poliuretanowe (PU) są szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu. Dostępne są w postaci środków adhezyjnych, sztywnych i elastycznych pianek, miękkich i twardych żywic, kauczuków, lakierów, włókien, czy elastomerów termoplastycznych. Światowy rynek poliuretanów w roku 2014 wyceniany był na około 50 miliardów USD (przy wielkości produkcji równej 16,5 Mt), a przy oczekiwanym rocznym wzroście na poziomie 7,5%, w 2020 roku osiągnie on wartość ok. 77 miliardów USD [1].

Pianki poliuretanowe, które w roku 2015 stanowiły 23,3% globalnego rynku tworzyw spienionych [2], a także niemal dwie trzecie (pianki sztywne - około 30%, pianki elastyczne - ponad 33%) produkcji materiałów poliuretanowych w Europie, co odpowiada wartości 15,75 miliardów USD, są najszybciej rozwijającymi się tworzywami o strukturze komórkowej [3]. Tak duży udział pianek poliuretanowych w rynku wynika z ich wszechstronności. Możliwość powiązania właściwości pianek PU ze sposobem ich otrzymywania pozwala na produkcję różnorodnych wyrobów: od elastycznych pianek, znajdujących zastosowanie w materacach, obiciach mebli, poprzez półsztywne pianki stosowane m.in. jako uszczelnienia lub elementy wygłuszające, aż po sztywne pianki konstrukcyjne i izolacyjne.

Obecnie przemysł materiałów poliuretanowych oparty jest głównie na surowcach pochodzących z przetwórstwa ropy naftowej. Z uwagi na założenia zrównoważonego rozwoju, postanowienia Protokołu z Kioto o ograniczeniu wykorzystywania paliw kopalnych oraz dyrektywy wynikającej z pakietów klimatycznych, Unia Europejska obliguje kraje członkowskie do ukierunkowania przemysłu na szersze wykorzystanie surowców odnawialnych [4].

Zmiana przepisów dotyczących jakości paliw i energii odnawialnej (dyrektywa ILUC) zakłada, że do 2020 roku udział energii pozyskiwanej z biopaliw produkowanych z roślin zbożowych, cukrowych i oleistych oraz roślin uprawianych do celów energetycznych na użytkach rolnych nie może przekraczać 7% końcowego zużycia energii w transporcie w poszczególnych państwach członkowskich. Jednocześnie w każdym z tych państw udział energii ze źródeł odnawialnych, we wszystkich rodzajach transportu, ma w 2020 roku wynieść co najmniej 10% końcowego zużycia energii w transporcie [5].

Biopaliwa w Polsce opierają się w 90% na surowcach krajowych, gdzie ważną rolę odgrywa rzepak. Do produkcji biopaliw trafia ponad 60% krajowej produkcji rzepaku, czyli blisko 2 mln ton [5]. Na jedną tonę wytworzonych metylowych lub etylowych estrów kwasów tłuszczowych przypada 90 do 110 kg odpadowej gliceryny [6]. Schemat reakcji transestryfikacji triglicerydów, prowadzącej do otrzymania estrów metylowych kwasów tłuszczowych, znanych pod potoczną nazwą biodiesel, przedstawiono na Rys. 1.



Rysunek 1. Schemat transestryfikacji triglicerydów prowadzącej do otrzymania biodiesla [I].

W składzie odpadowej gliceryny znajduje się około 50% czystej gliceryny 20% kwasów tłuszczowych, 10% metanolu, 5% katalizatora, a pozostałe 15% stanowią zanieczyszczenia w postaci mydeł, mono- i diglicerydów, fosfolipidów, substancji barwnych oraz wody. Technologia przerobu pozostałości glicerynowej jest złożona i kosztowna, co w znaczny sposób obciąża cenę biodiesla [7-9].

W początkowej fazie procesu odparowuje się metanol, który posłuży ponownie w procesie transestryfikacji. Później odkwasza się mydła i oddziela kwasy tłuszczowe przy użyciu kwasu solnego lub fosforowego [10]. W ten sposób otrzymuje się glicerynę surową, składającą się w 80% z gliceryny i 10% soli nieorganicznych, natomiast resztę stanowi woda. Glicerynę surową kolejno poddaje się neutralizacji, oczyszczaniu, zagęszczaniu i destylacji pod obniżonym ciśnieniem do stężenia około 99% [11]. Tak otrzymana czysta gliceryna, po spełnieniu określonych wymagań dotyczących właściwości fizykochemicznych, może być stosowana w przemyśle spożywczym, kosmetycznym, farmaceutycznym lub chemicznym [12, 13].

Możliwości wykorzystania i zagospodarowania odpadowej gliceryny przedstawiłem w publikacji [I]. Na podstawie dokonanego przeglądu stanu wiedzy wykazałem, że odpadowa gliceryna otrzymywana podczas produkcji biopaliwa może być wykorzystana na wiele sposobów do produkcji polioli oraz poliuretanów. Może być to wykonywane pośrednio, poprzez zastosowanie związków chemicznych otrzymanych z odpadowej gliceryny lub bezpośrednio, poprzez wprowadzenie jej lub jej spolimeryzowanej formy do formułacji polioli lub materiałów poliuretanowych. Zastosowania pośrednie mogą obejmować wykorzystanie małowcząsteczkowych związków chemicznych, takich jak: propanodiol czy butanodiol, otrzymanych poprzez mikrobiologiczną konwersję odpadowej gliceryny lub jej hydrogenolizę, oraz węglan glicerolu otrzymany w procesie jej karboksylacji, estryfikacji gliceryny odpadowej organicznymi węglanami czy glicerolizy mocznika. **Bezpośrednie metody wprowadzania odpadowej gliceryny do produkcji poliuretanów to wykorzystanie jej jako rozpuszczalnika w procesie upłynniania biomasy oraz jej polimeryzacja w celu otrzymania polioli.**

Przemysł poliuretanów wykorzystuje odnawialne oleje roślinne głównie do produkcji biokomponentów hydroksylowych, polioli stosowanych w technologii pianek poliuretanowych i te poliole są najczęściej estrami gliceryny i wyższych nienasyconych kwasów tłuszczowych, co zostało wyczerpująco opisane w literaturze [14-17].

Oleje roślinne, które ciągle stanowią podstawową bazę surowcową w technologii otrzymywania bio-materiałów poliuretanowych są wykorzystywane głównie w przemyśle spożywczym. Wprowadzenie tych surowców do masowej produkcji tworzyw sztucznych mogłoby wpłynąć niekorzystnie na ich cenę i spowodować podwyższenie kosztów różnego rodzaju produktów spożywczych i z tego powodu wzrosło znaczenie wykorzystywania w przemyśle chemicznym niespożywczych surowców odnawialnych, bądź odpadowych.

Głównym celem przedstawianego osiągnięcia naukowego było opracowanie technologii otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych z wykorzystaniem odpadowej gliceryny,

powstającej podczas procesu transestryfikacji olejów roślinnych. Poszczególne prace wchodzące w skład mojego osiągnięcia naukowego pod tytułem: „**Wykorzystanie odpadowej gliceryny jako surowca do produkcji nowych bio-polioli zastosowanych w technologii otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych**”, stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, obejmuje cykl 10 publikacji uwzględnionych w bazie danych literaturowych Journal Citation Reports oraz 2 przyznane patenty. Przedstawione publikacje mają charakter opracowań wieloautorskich, w których mój wkład koncepcyjny jest dominujący (zarówno w świetle oświadczeń współautorów jak i faktu, że w trzech pracach jestem pierwszym autorem, a w ośmiu kolejnych publikacjach ostatnim autorem w tym w pięciu jestem autorem korespondencyjnym i w dwóch przedstawicielem twórców). Moje osiągnięcie naukowe oparte jest na wynikach badań prowadzonych według mojej autorskiej koncepcji i wykonywanych głównie osobiście, jak i częściowo przez członków zespołu badawczego, którym zarządzam.

W celu dokładnego wyznaczenia kierunków badań oraz zwiększenia potencjału opracowanych przeze mnie technologii materiałowych przeprowadzałem badania rynkowe, na podstawie których zidentyfikowałem główne obszary problemowe panujące na rynku spienionych materiałów poliuretanowych, na które odpowiedź stanowi wyzwanie zarówno dla nauki, jak i biznesu:

- obniżenie kosztów produkcji bez utraty właściwości użytkowych pianek poliuretanowych - tendencja do obniżania kosztów wynika ze wskazanych trendów rynkowych (m.in. przeniesienie produkcji do Azji i wykorzystywanie relatywnie tańszej siły roboczej);

- zwiększenie funkcjonalności oferowanych pianek poliuretanowych, podwyższenie trwałości produktu przy zachowaniu ceny oraz wprowadzenie walorów prozdrowotnych. Istotnym kryterium w tym przypadku jest ulepszenie funkcji przy zachowaniu bądź obniżeniu kosztów, które przekładają się na ofertę cenową dla ostatecznego odbiorcy;

- zmniejszenie odpadowości przy zachowaniu średniej gęstości bloku – jeżeli będzie możliwe uzyskanie rozwiązania generującego zmniejszenie odpadowości;

- poprawa twardości elastycznych pianek utwardzanych (może być związana z opracowaniem nowych polioli), jednocześnie produkt nie może być zbyt usieciowany;

- badania surowcowe związane z możliwościami wykorzystania nowych surowców pochodzenia naturalnego bądź odpadowego w produkcji pianek poliuretanowych;

- nowe rozwiązania z zakresu wykorzystania gazów i środków spieniających;

- zmniejszenie palności pianek poliuretanowych.

W wyniku przeprowadzonej analizy rynku ustaliłem, że badania powinny zmierzać w dwóch kierunkach. Pierwszym z nich jest obniżenie kosztów produkcji pianek. Na ten aspekt zwracały uwagę wszystkie badane przedsiębiorstwa. Jest on dodatkowo potęgowany tendencją do przenoszenia produkcji do krajów azjatyckich. Drugim kierunkiem jest tematyka ognioodporności, która pojawia się przede wszystkim w przedsiębiorstwach produkujących meble i wyposażenie miejsc użyteczności publicznej, a także wyposażenie środków transportu (tj. fotele samochodowe, siedzenia tramwajowe, autobusowe, kolejowe itd.). Aspekt ten jest ważny również w budownictwie. Warto mieć na uwadze, że zwiększeniu ognioodporności powinno towarzyszyć także obniżanie kosztów produkcji pianki ognioodpornej. Na rys. 2 przedstawiłem schematycznie kierunki badań, które podjąłem w celu rozwijania technologii otrzymywania i modyfikacji spienionych materiałów poliuretanowych.



Rysunek 2. Technologie związane z kierunkiem badań.

Mając na uwadze przedstawiane powyżej kryteria panujące na rynku materiałów poliuretanowych oraz założone kierunki badawcze, pierwsze moje prace, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, związane były z **optymalizacją technologii otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych z wykorzystaniem poligliceryn jako składnika polioliowego.**

Sztywne pianki poliuretanowo-poliglicerynowe

W pracach [II-IV] zoptymalizowałem składy sztywnych pianek poliuretanowych, które otrzymywałem przy zastępowaniu petrochemicznego polioliu bio-poliolami, otrzymywanymi przez polimeryzację odpadowej gliceryny. (tabela 1). W celu wykazania zasadności stosowania bio-polioli w technologii otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych badałem wpływ składu mieszaniny polioliowej, zawierającej petrochemiczny polioli i poligliceryny, na strukturę komórkową oraz właściwości fizyko-mechaniczne otrzymywanych pianek poliuretanowych.

Tabela 1. Parametry stosowanych polioli [II, III].

Poliol	Petrochemiczny polioli (RF551)	Poligliceryna 1 (Pole)	Poligliceryna 2 (PGK)
Liczba hydroksylowa, mg KOH/g	420	190	290
Masa cząsteczkowa, g/mol	800	3300	4520
Lepkość, mPa·s	5842	2800	19000
Liczba kwasowa, mg KOH/g	0,02	0,40	0,70
Zawartość wody, ppm	60	2500	1800
Producent	PPC Rokita S.A.	Eco-Innova Sp. z o.o.	Eco-Innova Sp. z o.o.

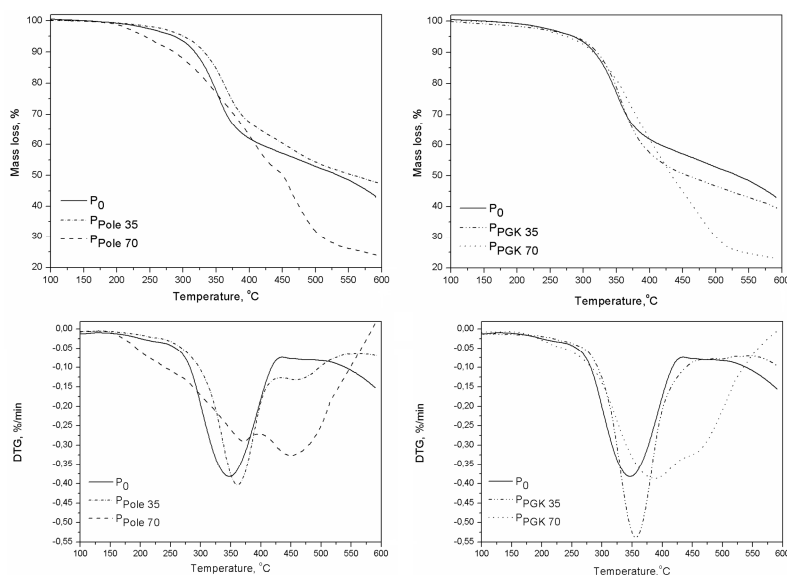
Charakterystyka procesu spieniania wykazała nieznaczne wydłużenie czasów startu i wzrostu układów zawierających poligliceryny. Mieszaniny te charakteryzowały się również mniejszą ekspansją objętościową, co miało znaczący wpływ na strukturę komórkową oraz gęstość pozorną otrzymanych materiałów. Zastąpienie petrochemicznego polioliu poligliceryną (o liczbie hydroksylowej $L_{OH}=190$ mg KOH/g) w ilości 35 i 70% wag. spowodowało wzrost gęstości pozornej odpowiednio o 39% i 66%, co z kolei doprowadziło do wzrostu wytrzymałości na ścislenie o 21% i 28% (ze 140 kPa odpowiednio do 170 kPa i 180 kPa) w porównaniu do pianki wzorcowej.

Współczynnik przewodzenia ciepła (λ) pianek otrzymanych z petrochemicznego polioliu wynosił 26,1 mW/(m·K) (tabela 2). Modyfikacja systemu piankowego poprzez wprowadzenie poligliceryn w ilości 35% wag. nie spowodowała zmiany w strukturze komórkowej oraz w wartości współczynnika przewodzenia ciepła. Natomiast dalsze modyfikacje wpłynęły na wzrost średniej wielkości porów z 110 do 121 μm , co w konsekwencji spowodowało pogorszenie izolacyjności otrzymanych materiałów (wzrost λ z 26,1 do 32,6 mW/(m·K)).

Tabela 2. Zestawienie właściwości fizyko-mechanicznych sztywnych pianek poliuretanowych [III].

Właściwości	Pianka				
	P ₀	P _{Pole 35}	P _{Pole 70}	P _{PGK 35}	P _{PGK 70}
Gęstość pozorna, kg/m ³	21,7±1,2	30,3±0,9	36,1±1,3	25,5±1,2	28,1±1,1
Wytrzymałość na ściskanie przy 20% odkształceniu, kPa	140±3	170±4	180±4	164±3	168±4
Przewodność cieplna, mW/(m·K)	26,1±0,8	25,8±0,7	32,6±0,6	26,3±0,8	28,1±0,8
Zawartość porów zamkniętych, %	82	83	65	82	77
Średnica porów, μm	110±9	111±8	121±9	107±8	109±8
Temperatura zeszklenia, °C	3,9	2,6	-9,9	-11,0	-9,2

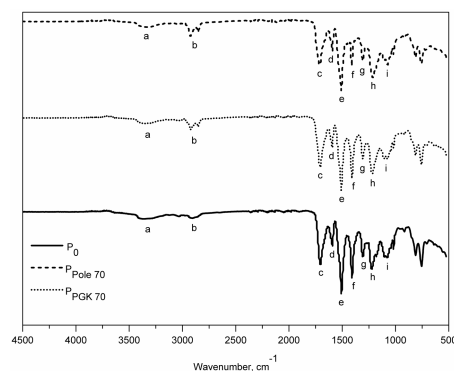
Mechanizm degradacji termicznej materiałów poliuretanowych jest opisywany jako złożony proces, prowadzący do powstania amin, cyjanowodoru, nityli i ditlenku węgla [18, 19]. Rozkład termiczny poliuretanów przebiega w dwóch głównych etapach. Pierwszy etap związany jest z degradacją segmentów sztywnych (ze względu na niższą stabilność termiczną grup uretanowych) natomiast drugi z degradacją segmentów elastycznych [20-22]. Na rys. 3 przedstawiono przebieg utraty masy w badaniach metodą analizy termogravimetrycznej, charakteryzujący stabilność termiczną sztywnych pianek PU otrzymywanych z udziałem poligliceryn [III].



P₀ – pianka referencyjna, P_{Pole35} - pianka, gdzie zastąpiono petrochemiczny polioli, poligliceryną o L_{OH}=190 mg KOH/g w ilości 35% mas., P_{PGK70} - pianka, gdzie zastąpiono petrochemiczny polioli, poligliceryną o L_{OH}=290 mg KOH/g w ilości 70% mas.

Rysunek 3. Krzywe TG oraz DTG obrazujące stabilność termiczną badanych sztywnych pianek poliuretanowych [III].

Stabilność termiczna sztywnych pianek poliuretanowych maleje wraz ze wzrostem ilości bio-polioli w strukturze materiału. Związane jest to z mniejszą zawartością pierścieni izocyjanurowych w strukturze pianek (widoczna mniejsza intensywność sygnału w zakresie 1414-1416 cm⁻¹ (Rys. 4)) oraz częściową plastyfikacją układu spowodowaną przez resztkowe reagenty zawarte w poliglicerynach po termo-katalitycznej polikondensacji. Potwierdzeniem tego są również wartości wyznaczonych temperatur zeszklenia (T_g), gdzie wraz ze wzrostem zawartości poligliceryn w recepturze pianki widoczne jest przesunięcie wartości T_g w stronę niższych temperatur.



a) N-H przy 3345-3380 cm^{-1} , b) C-H przy 2855 i 2930 cm^{-1} , c) C=O w zakresie 1710-1720 cm^{-1} , d) CH_2 przy 1596 cm^{-1} , e) C-N przy 1515 cm^{-1} , f) pierścienie izocyjanurowe w zakresie 1414-1416 cm^{-1} ; g) CH_3 przy 1310 cm^{-1} , h) oraz i) C-O przy 1215-1230 i 1089 cm^{-1}

Rysunek 4. Widma FTIR sztywnych pianek poliuretanowych [III].

W kolejnym etapie prowadziłem prace nad otrzymaniem pianek charakteryzujących się zwiększoną odpornością na działanie ognia. W tym celu opracowane systemy piankowe z udziałem poligliceryn modyfikowałem trzema typami nanonapełniaczy na bazie glinokrzemianu warstwowego (Bentonite, Laponite RD oraz Cloisite 30B) oraz bezhalogenowymi związkami zmniejszającymi palność (grafit ekspandowany, fosforowe i azotowe antypireny) [IV]. Badania skoncentrowane były głównie na optymalizacji składów, sposobie wprowadzenia modyfikatora oraz uzyskaniu odpowiedniej jego dyspersji w matrycy piankowej tak, aby uzyskać jak najlepszy efekt poprawy odporności na działanie ognia. W badaniach stosowałem dostępne handlowo związki zmniejszające palność, co było podyktowane potrzebą wykazania odpowiedniego potencjału aplikacyjnego opracowanej technologii. Na podstawie przeprowadzonych testów palności wykazałem, że w przypadku układów piankowych, otrzymanych zarówno z surowców petrochemicznych jak i z poligliceryn, wprowadzenie grafitu ekspandowanego oraz antypirenu Fyrol PNX umożliwia otrzymanie pianek, które spełniają klasę palności C wg testu UL 94 HB. Oznacza to, że spienione materiały poliuretanowe po odsunięciu źródła płomienia samoistnie gasły na odcinku nieprzekraczającym 101,6 mm. W przypadku stosowanych nanonapełniaczy jedynie glinokrzemian Cloisite 30B umożliwiał otrzymanie nanokompozytów, które wykazywały cechy materiałów samogasnących, spełniały klasę palności C wg testu UL 94 HB.

Przedstawione powyżej prace badawcze pozwoliły mi na opracowanie technologii otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych z udziałem poligliceryn jako składnika polioliowego. Badania struktury komórkowej oraz właściwości fizyko-mechanicznych wykazały, że częściowe zastąpienie w mieszaninie polioliowej petrochemicznego polioliu poliglicerynami pozwala na otrzymywanie pianek poliuretanowych, których właściwości użytkowe są porównywalne z materiałami całkowicie pochodzenia petrochemicznego. Zastosowanie bio-polioli pochodzenia odpadowego powoduje również obniżenie ceny gotowego wyrobu. Dodatkowo modyfikacja systemów piankowych związkami zmniejszającymi palność już w niewielkich ilościach (do 10%) umożliwia otrzymanie wyrobów, które wykazują cechy materiałów samogasnących (klasa palność wg UL 94 HB - C).

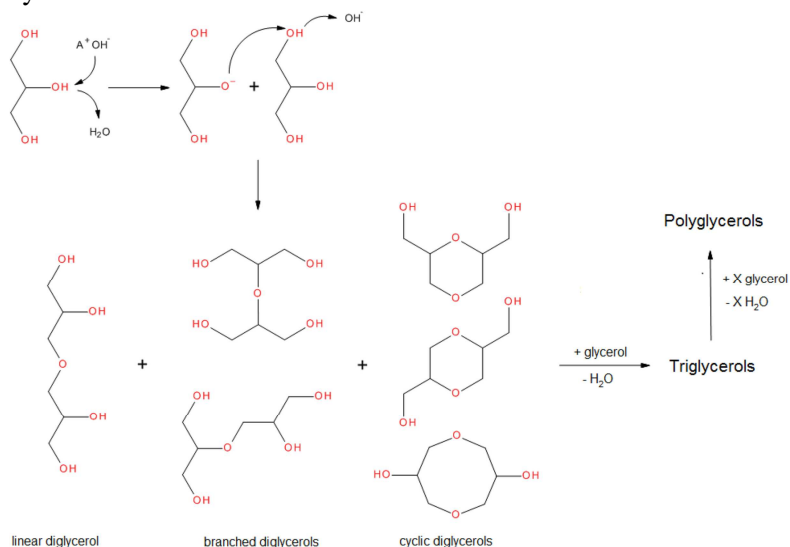
Opisane w powyższej części autoreferatu prace badawcze, umożliwiły mi pozyskanie finansowania z Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) i założenie, jednej z pierwszych w Politechnice Gdańskiej, spółki spin-off, NovaPUR Sp. z o.o., w której pełnię funkcję Prezesa Zarządu. Głównym założeniem działalności tej spółki jest rozwijanie technologii produkcji sztywnych pianek poliuretanowych oraz komercjalizacja opracowanych rozwiązań technologicznych. Należy podkreślić, iż w oparciu o prace realizowane w ramach działalności spółki zostały opracowane technologie otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych charakteryzujących się zwiększoną ognioodpornością (wysokość płomienia nie przekroczyła 150 mm wg normy PN-EN ISO 11925-2) oraz współczynnikiem przewodzenia ciepła, wynoszącym 0,019 $\text{mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Nowe bio-poliiole otrzymywane w dwuetapowym procesie polimeryzacji odpadowej gliceryny oraz sztywne pianki PIR-PUR

Opierając się na nabytym doświadczeniu, jak również na danych rynkowych oraz literaturowych postanowiłem zweryfikować i zoptymalizować proces otrzymywania poligliceryn przy zastosowaniu **odpadowej gliceryny**. Prace rozpocząłem od zaprojektowania dwustopniowego procesu otrzymywania bio-poliolu (poligliceryn) [V, VI]. Nowy sposób otrzymywania poligliceryn jest przedmiotem zgłoszenia patentowego nr EP14460111.9-1301 (2014), autorstwa: **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Strankowski M., Haponiuk J. Zgłoszenie to nie zostało ujęte w składzie osiągnięcia naukowego z powodu trwającego postępowania, dotyczącego rejestracji w Urzędzie Patentowym RP.

Pierwszy etap nowego procesu polegał na polimeryzacji gliceryny, bez jej wydzielenia z odpadowej, nieoczyszczonej frakcji, pochodzącej z produkcji biodiesla. W celu ustalenia optymalnych parametrów tego procesu, reakcję prowadziłem w trzech temperaturach (160, 180 i 200 °C), przy różnych ilościach wodorotlenku potasu, pełniącego funkcję katalizatora (0,5, 1, 2, 3 i 4%). Czas prowadzenia reakcji wynosił 8 h.

Proces polimeryzacji gliceryny prowadzi do otrzymania mieszaniny produktów o strukturze liniowej, rozgałęzionej i cyklicznej o różnym stopniu polimeryzacji, co uzależnione jest od warunków prowadzenia procesu [23]. Wraz ze wzrostem temperatury oraz czasu reakcji zwiększa się stopień polimeryzacji oraz zawartość struktur cyklicznych [24], których udział nie przekracza jednakże 10%. Ogólny, uproszczony schemat głównej reakcji chemicznej zachodzącej podczas pierwszego etapu syntezy przedstawia rys. 5.



Rysunek 5. Ogólny schemat polimeryzacji gliceryny [VI].

Oznaczenia wartości liczby hydroksylowej (L_{OH}) podczas polimeryzacji odpadowej gliceryny wykazały jej spadek wraz z wydłużeniem czasu reakcji, niezależnie od temperatury procesu. Najbardziej korzystne rezultaty - największy spadek L_{OH} (z 640 ± 70 do 523 ± 23 mg KOH/g), stwierdziłem w przypadku prowadzenia reakcji polimeryzacji w temperaturze 180 °C. Uzyskane wartości liczby hydroksylowej były porównywalne z wartościami opisanymi w literaturze [25]. Następnie, w celu dalszego obniżenia liczby hydroksylowej oraz zwiększenia podobieństwa do stosowanych przemysłowo surowców petrochemicznych, prowadziłem reakcje pomiędzy spolimeryzowaną gliceryną a olejem rycynowym. Olej rycynowy wybrałem ze względu na obecność triglicerydów hydroksylowych kwasów tłuszczowych, znanych jako kwasy rycynolowe, których zawartość w oleju rycynowym wynosi około 87-90% [26]. Obecne w cząsteczce kwasu rycynolowego

grupa hydroksylowa, wiązanie podwójne i grupa kwasowa (estrowa) determinują kierunek reakcji chemicznych prowadzących do powstania wielu użytecznych przemysłowo pochodnych kwasu rycynolowego [27].

Reakcję prowadziłem w trzech temperaturach: 160, 180 oraz 200 °C, w czasie 8 h, przy stosunku masowym poliglicerolu do oleju rycynowego wynoszącym 1:1,5. Podobnie jak w pierwszym etapie, proces kontrolowałem poprzez oznaczanie liczby hydroksylowej oraz lepkości powstającego produktu. W tabeli 7 zestawiałem zmiany liczby hydroksylowej oraz lepkości w zależności od czasu reakcji otrzymanych bio-polioli.

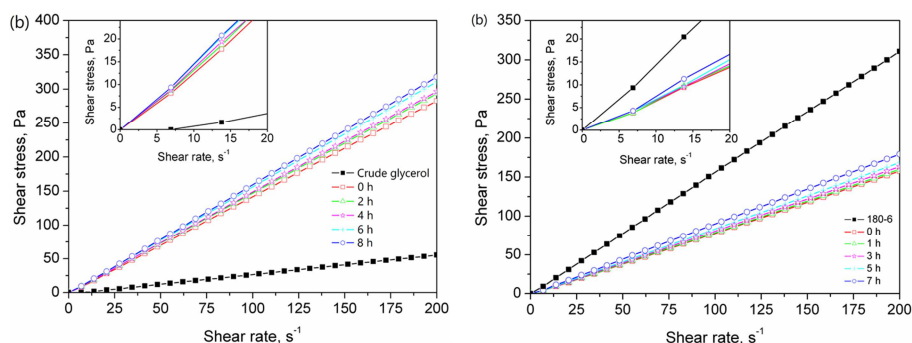
Tabela 7. Zmiana liczby hydroksylowej oraz lepkości bio-polioli w zależności od czasu prowadzenia reakcji.

Czas reakcji [h]	Liczba hydroksylowa [mg KOH/g]			Lepkość w 25 °C [mPa·s]		
	Temperatura procesu [°C]					
	160	180	200	160	180	200
0	568±29	567±70	568±15	788	788	815
1	567±24	556±55	562±50	787	798	819
2	551±22	546±48	562±60	-	-	-
3	548±38	525±46	551±35	823	816	831
4	521±87	482±38	535±31	-	-	-
5	496±41	460±23	524±30	829	895	884
6	485±24	465±22	495±51	-	-	-
7	492±35	460±13	504±55	846	842	867
8	488±24	470±11	498±31	843	840	871

Podobnie jak w przypadku I etapu wartości liczb hydroksylowych bio-polioli malały w miarę postępu reakcji. Najkorzystniejsze rezultaty ($L_{OH} = 460 \pm 23$ mg KOH/g) uzyskałem prowadząc proces w temperaturze 180 °C, w czasie 5 h.

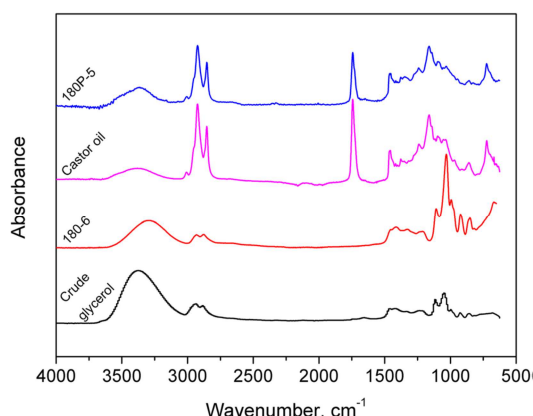
Analiza właściwości reologicznych wykazała, że jednocześnie z wydłużeniem czasu reakcji pierwszego i drugiego etapu, lepkość bio-polioli wzrasta, co sugerować może wzrost masy cząsteczkowej [28]. Ponadto, w przypadku produktów drugiego etapu reakcji, zaobserwowano znaczący spadek lepkości, w porównaniu do spolimeryzowanej gliceryny odpadowej, co związane jest z niską lepkością oleju rycynowego, zastosowanego w nadmiarze 1,5:1 w stosunku do poligliceryny.

Analiza ta wykazała również, że produkty reakcji pierwszego i drugiego etapu wykazują cechy cieczy nienewtonowskich, co związane jest z nieliniową zależnością naprężenia ścinającego i prędkości ścinania [29]. Dla niskich wartości prędkości ścinania nachylenie krzywej płynięcia jest ściśle związane z lepkością materiału (Rys. 6). Dalsze analizy pokazały również, że zarówno spolimeryzowana gliceryna odpadowa, jak i bio-poliiole przygotowane z jej udziałem, można zaliczyć do cieczy zagęszczanych ścinaniem.



Rysunek 6. Krzywe płynięcia dla spolimeryzowanej gliceryny i bio-polioliu otrzymanych w temp. 180 °C [V].

Analiza wykonana metodą spektroskopii w podczerwieni (FTIR) potwierdziła również postępowanie reakcji, ponieważ widoczne są zmiany w widmach zarejestrowanych dla poszczególnych substratów jak i produktów reakcji (Rys. 7), wskazujące na zmniejszenie stężenia grup hydroksylowych.



Rysunek 7. Widma FTIR gliceryny odpadowej, oleju rycynowego oraz produktów otrzymanych podczas obu etapów syntezy [VI].

Analizując otrzymane wyniki do dalszych prac wytypowałem bio-poliol (CG) otrzymany w procesie prowadzonym w temperaturze 180 °C w czasie 5 h, charakteryzujący się liczbą hydroksylową 460 mg KOH/g i lepkością 840 mPa·s. Wybór został podyktowany podobieństwem do parametrów petrochemicznych polioli (Tabela 8), które stosowałem przy otrzymywaniu sztywnych pianek poliuretanowo-poliizocyjanurowych (PIR-PUR) [VII, VIII].

Tabela 8. Właściwości polioli stosowanych przy otrzymywaniu sztywnych pianek PIR-PUR.

Właściwości	Poliol		
	CG	Lupranol 3300	Lupranol 3422
Gęstość, g/cm ³	1,18	1,05	1,09
L _{OH} , mg KOH/g	460	400	490
Lepkość, mPa·s	840	373	22 750
Zawartość wody, wt%	0,207	0,368	0,301

CG - bio-poliol otrzymany w reakcji poligliceryny i oleju rycynowego, NovaPUR Sp. z o.o.;

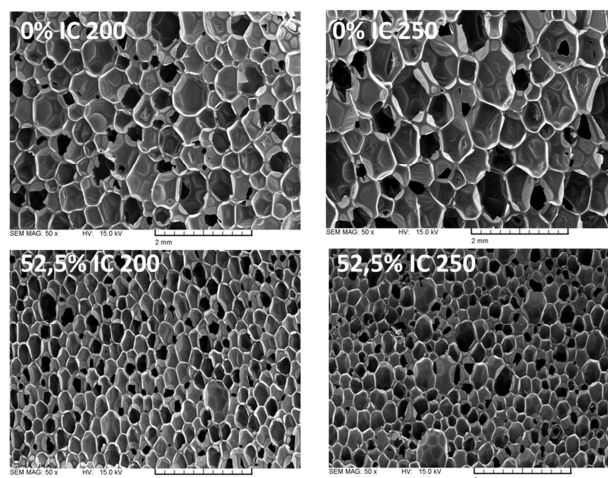
Lupranol 3300 - trójfunkcyjny polieter na bazie glicerolu, BASF;

Lupranol 3422 - wysokofunkcyjny polieter na bazie sorbitolu, BASF.

W celu określenia wpływu zastąpienia petrochemicznego polioliu bio-poliolem na strukturę i właściwości pianek PIR-PUR zaprojektowałem i zoptymalizowałem sposób otrzymywania nowych sztywnych pianek poliuretanowych przy dwóch stosunkach molowych grup izocyjanianowych do grup hydroksylowych, wynoszących 2:1 lub 2,5:1, które można też wyrazić w formie indeksu izocyjanianowego (IC) o wartościach odpowiednio 200 i 250 [VIII, IX]. Otrzymywałem pianki o zbliżonej gęstości pozornej (44-47 kg/m³), co miało na celu wyeliminowanie różnic w ekspansji objętościowej mieszaniny reakcyjnej podczas etapu spieniania i zapobiec wprowadzeniu dodatkowych czynników wpływających na strukturę komórkową.

Badania morfologii powierzchni pianek PIR-PUR techniką SEM wykazały, że zastąpienie petrochemicznego polioliu bio-poliolem spowodowało znaczące zmniejszenie średniej wartości średnicy porów z 372 μm do 275 μm dla IC równego 200 oraz z 420 μm do 280 μm dla IC wynoszącego 250. Ponadto, przy wyższym indeksie izocyjanianowym, struktura komórkowa pianek charakteryzowała się nieznacznie mniejszymi porami, co spowodowane było reakcją tworzenia grup allofianianowych, biuretowych i pierścieni izocyjanurowych, które wpływają na usztywnienie ścian komórkowych, przez co hamowany jest wzrost porów [30]. Struktura komórkowa pianek otrzymanych

z udziałem CG charakteryzowała się również komórkami wydłużonymi w kierunku wzrostu pianki, co spowodowane było szybszym odparowywaniem poroforu podczas reakcji (Rys. 8).



Rysunek 8. Morfologii powierzchni wybranych sztywnych pianek PIR-PUR [VII, VIII].

Współczynnik przewodności cieplnej (λ) jest ściśle związany z gęstością pozorną oraz strukturą komórkową materiału i wynika z wartości następujących elementów: współczynnika przewodności poroforu (λ_{gaz}), współczynnika przewodności materiału poliuretanowego (λ_{PU}), kształtu i wielkości porów ($\lambda_{\text{radiacji}}$) oraz zjawiska konwekcji ($\lambda_{\text{konwekcji}}$) [31]. Gęstość pozorną ma bardzo duży wpływ na zdolność materiału do przewodzenia ciepła, ponieważ od niej zależy udział ilościowy materiału poliuretanowego, jak i gazu zawartego w porach. Mniejsza gęstość pozorną w oczywisty sposób zwiększa wpływ λ_{gaz} na całkowitą wartość λ materiału.

Pole przekroju komórek to kolejny ważny parametr wpływający na przewodnictwo cieplne pianek poliuretanowych. Badania prowadzone przez Kurańską i innych [32] wykazały, że wzrost pola przekroju o 5% spowodował wzrost λ o 5% przy tej samej zawartości komórek zamkniętych. Wpływ rozmiarów porów na współczynnik przewodności ciepła związany jest z $\lambda_{\text{radiacji}}$, która wyrażona jest zależnościami 1 i 2 [33]:

$$\lambda_{\text{radiacji}} = \frac{16\sigma T^3}{3K}, \quad (1)$$

gdzie: σ to stała Stefana-Boltzmana, wynosząca $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$; T to temperatura; K to współczynnik Rosselanda;

$$K = 4.1 \cdot \frac{\sqrt{f_s \frac{\rho_f}{\rho_p}}}{d}, \quad (2)$$

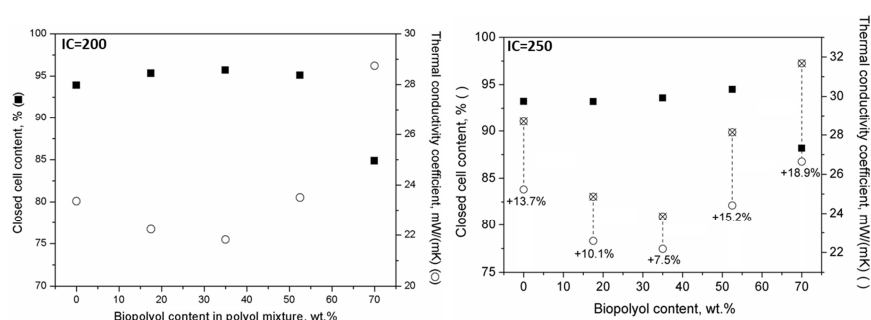
gdzie: f_s to zawartość stałego polimeru w danej objętości; ρ_f oraz ρ_p to wartości gęstości pianki oraz niespionionego polimeru; d to średnica komórki.

Na podstawie zaprezentowanych równań można stwierdzić, że wzrost średnicy komórek w piance jest jednoznaczny ze wzrostem $\lambda_{\text{radiacji}}$, a więc jednocześnie ze wzrostem całkowitego współczynnika przewodności cieplnej materiału [33].

Kolejnym istotnym parametrem oddziałującym na współczynnik przewodności cieplnej jest zawartość komórek zamkniętych, które wpływają na konwekcyjny ruch ciepła, utrudniają wymianę gazową pomiędzy lotnymi poroforami stosowanymi do spieniania pianek oraz powietrzem

otaczającym materiałem. W przypadku bardzo wysokich wartości zawartości komórek zamkniętych wpływ $\lambda_{\text{konwekcji}}$ na całkowitą wartość λ jest pomijany [34].

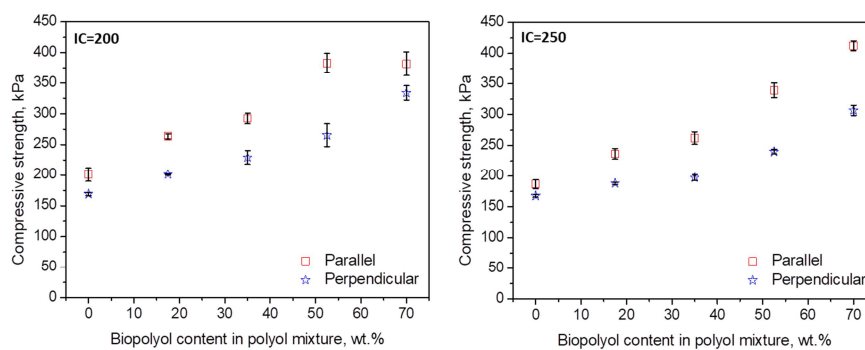
Zawartość komórek zamkniętych pianek otrzymanych przy udziale bio-poliolu do 52,5% mas. ulegała nieznacznie zmianie, wartość ta jest na zbliżonym poziomie wynoszącym 94-95%, niezależnie od indeksu izocyjanianowego. Dalszy dodatek bio-poliolu spowodował zaburzenia struktury komórkowej i zmniejszenie zawartości komórek zamkniętych, z 95,1% do 84,9% oraz z 94,5% do 88,2%, odpowiednio dla wartości IC wynoszących 200 i 250, co miało istotny wpływ na współczynnik przewodności cieplnej. Pianki otrzymane z 35% udziałem CG charakteryzowały się λ o wartości 21,8 mW/(m·K) - spadek o 1,6 mW/(m·K) oraz 22,2 mW/(m·K) - spadek o 3 mW/(m·K) w porównaniu do materiału referencyjnego. W wyniku całkowitego zastąpienia petrochemicznego polioliu bio-poliolem CG zaobserwowano znaczący wzrost współczynnika przewodności cieplnej w porównaniu do niższych zawartości polioliu CG w układzie piankowym. Związane było to ze zmniejszeniem zawartości komórek zamkniętych w strukturze sztywnych pianek PUR-PIR.



Rysunek 9. Wpływ zawartości bio-poliolu na zawartość komórek zamkniętych i wartość współczynnika przewodności cieplnej pianek PUR-PIR [VII, VIII].

Wytrzymałość na ściskanie sztywnych pianek PUR-PIR wzrastała wraz ze wzrostem ilości reszt bio-polioli w strukturze materiału. Ma to związek ze zwiększonym stopniem usieciowania pianek otrzymanych z udziałem CG, czego potwierdzeniem są wyznaczone wartości temperatury zeszklenia, gdzie widoczne jest przesunięcie wartości T_g w stronę wyższych temperatur (z 202 °C do 204,4 i 211,2 °C odpowiednio dla 35 i 70% mas. udziału CG). Zwiększenie indeksu izocyjanianowego z 200 do 250 spowodowało nieznaczne zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie, co jest zgodne z wynikami przedstawionymi w innych pracach [32].

W celu określenia wpływu struktury komórkowej na właściwości mechaniczne, badania wytrzymałości na ściskanie prowadziłem przy obciążeniu przykładanym równolegle i prostopadłe do kierunku wzrostu pianki. Dane zamieszczone na rysunku 10 wskazują, że anizotropia komórek pianek wpływa na zróżnicowanie wytrzymałości [35]. Wartości wytrzymałości na ściskanie badanej w kierunku równoległym do wzrostu pianki były wyższe w porównaniu do wytrzymałości badanej w kierunku prostopadłym. Ponadto, większą różnicę w wartościach wytrzymałości na ściskanie stwierdziłem w przypadku indeksu izocyjanianowego wynoszącego 200 niż w przypadku IC wynoszącym 250.



Rysunek 10. Wytrzymałość na ściskanie sztywnych pianek PIR-PUR [VII, VIII].

Badania palności wykazały, że wraz ze wzrostem zawartości bio-poliolu CG maksymalna wartość szybkości uwalniania ciepła (HRR) maleje, osiągając 184 kW/m^2 dla 70% mas. udziału poligliceryn przy indeksie izocyjanianowym 200 oraz 171 kW/m^2 dla indeksu izocyjanianowego 250. Ilość ciepła wytwarzanego w najbardziej krytycznym momencie spalania jest mniejsza w porównaniu do pianki referencyjnej, a tworzenie zwęgliny na powierzchni palących się materiałów zachodzi bardzo szybko. W trakcie przeprowadzonych badań można było zauważyć, że powstająca zwęglina działa jako ochrona przed dalszą penetracją płomienia w głąb materiału, a jej ilość zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości bio-poliolu w piance. Ponadto, wprowadzenie bio-poliolu CG do formulacji sztywnych pianek PIR-PUR spowodowało zmniejszenie ilości wydzielanego tlenu węgla.

Przedstawione powyżej badania, wchodzące w skład mojego osiągnięcia naukowego, dowodzą, że odpadowa gliceryna z powodzeniem może być stosowana do otrzymywania bio-polioli na drodze polimeryzacji i późniejszej reakcji z olejem rycynowym. Otrzymane w ten sposób surowce nie wykazują większych różnic we właściwościach fizyko-chemicznych w porównaniu do ich petrochemicznych odpowiedników.

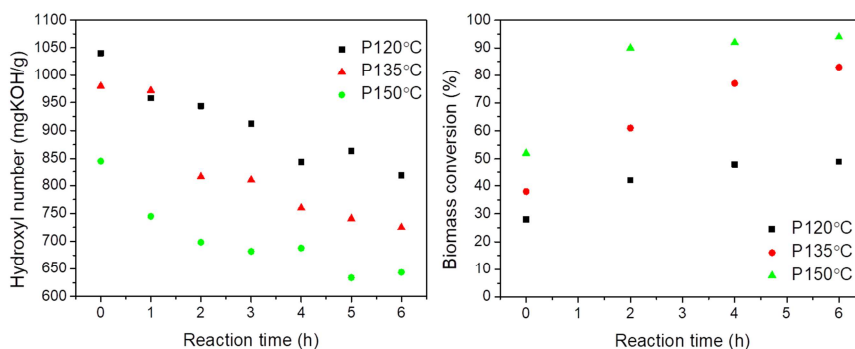
Analiza wpływu zamiany petrochemicznych polioli na bio-poliole CG w formulacji sztywnych pianek poliuretanowych potwierdziła, że poliole zsyntezowane z odpadowej gliceryny i oleju rycynowego z korzyścią mogą być stosowane w przemysłowych technologiach otrzymywania tych materiałów. Badania struktury komórkowej oraz właściwości fizyko-mechanicznych wykazały, że udział do 70% mas. CG w formulacji pianki umożliwia uzyskanie parametrów porównywalnych z tzw. petrochemicznymi piankami. Co więcej, zaprezentowane technologie stanowią odpowiedź na aktualne zapotrzebowania rynkowe, spełniając potrzebę tańszych materiałów o dobrych właściwościach użytkowych.

Bio-poliole otrzymane w procesie upłynniania biomasy odpadową gliceryną oraz sztywne pianki poliuretanowe otrzymane z tych bio-polioli

Uzyskując dofinansowanie w ramach Konkursu „Inkubator Innowacyjności” na projekt badawczo-wdrożeniowy nr II-2/Chem/2014/5, pt. *Ekologiczne spienione materiały poliuretanowe z biomasy lignino-celulozowej o zmniejszonej palności i podwyższonej stabilności termicznej*, **przewodzę prace nad wykorzystaniem odpadowej gliceryny, jako rozpuszczalnika w procesie upłynniania biomasy [IX-XII].**

Prace te rozpocząłem od zaprojektowania procesu upłynniania, gdzie jako wsad stosowałem biomasę w postaci celulozy [IX] lub ligniny [XI]. W ramach tego etapu badałem wpływ parametrów reakcji (czas, temperatura) na strukturę chemiczną, lepkość oraz właściwości fizyczne otrzymanych produktów, nazwanych cel-poliole i lig-poliole, jako bio-poliole otrzymane odpowiednio w procesie upłynniania celulozy i ligniny.

Proces upłynniania celulozy prowadziłem przez sześć godzin, w trzech temperaturach 120, 135 oraz 150 °C, przy stosunku biomasy do odpadowej gliceryny wynoszącym 1:10 oraz 3% wag. udziale katalizatora (H₂SO₄). Postęp reakcji kontrolowałem poprzez oznaczenie konwersji biomasy, zmianę liczby hydroksylowej oraz lepkości. Końcowym etapem procesu było zobojętnienie otrzymanego biopoliolu przy użyciu wodnego roztworu wodorotlenku sodu, a następnie wysuszenie pod obniżonym ciśnieniem. Parametry obrazujące postęp reakcji upłynniania przedstawiłem na rysunku 11.



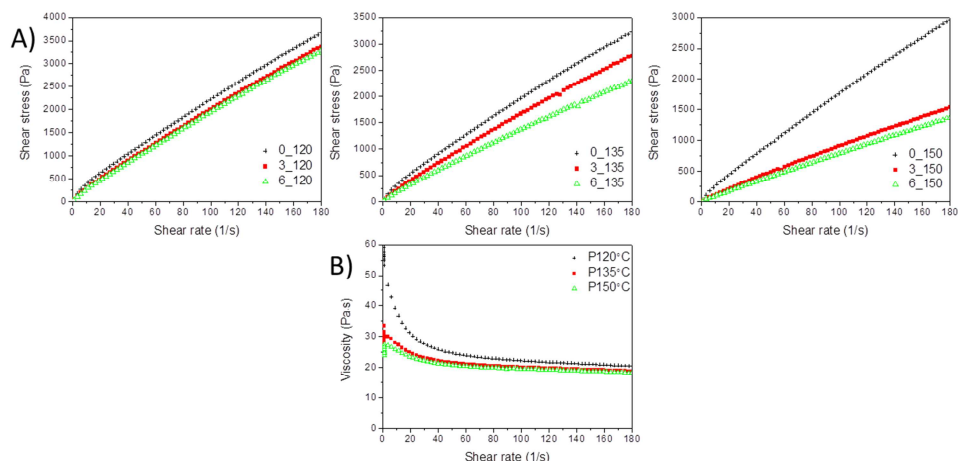
Rysunek 11. Wpływ czasu reakcji na liczbę hydroksylową i konwersję biomasy [IX].

Spadek wartości L_{OH} podczas reakcji upłynniania związany jest z zachodzącymi reakcjami hydrolizy oraz alkoholizy. Stosowanie w procesie nadmiaru gliceryny może prowadzić do jej kondensacji i powstawania produktu ubocznego w postaci wody. Równowaga pomiędzy hydrolizą a alkoholizą przesuwa się w trakcie procesu, co powoduje spadek wartości L_{OH} . Hydroliza powoduje rozszczepianie długich cząstek pochodzących z biomasy, prowadząc do generowania wolnych grup hydroksylowych, które są odpowiedzialne za chwilowy wzrost wartości liczby hydroksylowej. Degradacja cząsteczek biomasy prowadzi do powstania niskocząsteczkowych związków i ich reakcji z rozpuszczalnikiem, co powoduje zmniejszenie zawartości biomasy w polioliu (wzrost konwersji biomasy). Na początku reakcji upłynniania, dominującym procesem jest degradacja, powodująca wzrost wydajności. W miarę postępu reakcji, produkty degradacji ulegają polimeryzacji, tworząc nierozpuszczalne związki, składające się z glikolu lub gliceryny, glukozydu i ksylozydu [36]. Szybkość re-polimeryzacji wzrasta wraz z wydłużeniem czasu reakcji, ze względu na wzrost stężenia związków powstałych podczas rozkładu biomasy [37]. W rezultacie równowaga pomiędzy reakcjami rozkładu i ponownej polimeryzacji przesuwa się w stronę polimeryzacji, która spowalnia wzrost wydajności upłynniania.

Pomiary liczby hydroksylowej podczas procesu upłynniania celulozy wykazują spadek L_{OH} wraz z wydłużeniem czasu reakcji, niezależnie od temperatury prowadzenia procesu. Najbardziej korzystny rezultat, $L_{OH} = 650$ mg KOH/g, otrzymałem w przypadku prowadzenia reakcji upłynniania w temperaturze 150 °C i czasie 6 h. Prowadzenie procesu w niższych temperaturach skutkowało uzyskaniem wyższej liczby hydroksylowej: dla temperatury 135 °C $L_{OH} = 725$ mg KOH/g oraz dla temperatury 120 °C $L_{OH} = 820$ mg KOH/g.

Analiza właściwości reologicznych wykazała, że cel-polirole wykazują cechy cieczy nienewtonowskich, ponieważ charakteryzują się nieliniową zależnością naprężenia stycznego od prędkości ścinania [38]. Nachylenie krzywej płynięcia przy małych prędkościach ścinania jest ściśle powiązane z lepkością cieczy. Na przedstawionych na rysunku 12 zależnościach naprężenia stycznego od prędkości ścinania można zauważyć, że wartość nachylenia krzywej maleje wraz ze wzrostem temperatury reakcji otrzymywania cel-polioli, co świadczy o zmniejszeniu lepkości i średniej wielkości cząsteczek cel-polioli otrzymywanych w wyższych temperaturach. Lepkość cel-polioli po początkowym wzroście, przy niskich szybkościach ścinania, maleje wraz ze wzrostem szybkości ścinania. Dla szybkości ścinania ok. 80 s⁻¹, zależność pomiędzy szybkością ścinania a lepkością staje

się liniowa. Takie zachowanie przy niskich szybkościach ścinania wskazuje, że otrzymane cel-polioli należy sklasyfikować jako ciecz pseudoplastyczne [39]. W przypadku takich płynów, zwiększona szybkość ścinania powoduje ukierunkowanie się cząsteczek, tj. ustala się stały przepływ cząsteczki wzdłuż linii przepływu. Na początku przebiegu spadek lepkości jest dość szybki. Następnie, kiedy cząsteczki osiągną najlepszą z możliwych orientacji, spadek lepkości następuje dużo wolniej. W przypadku cieczy pseudoplastycznych, gdzie lepkość zmniejsza się wraz ze wzrostem szybkości ścinania, opisywane są one również jako ciecz rozrzedzana ścinaniem [40].



Rysunek 12. Właściwości reologiczne: A) zależność naprężenie stycznego od prędkości ścinania, B) zależność lepkości od prędkości ścinania, zależność lepkości od czasu reakcji [IX].

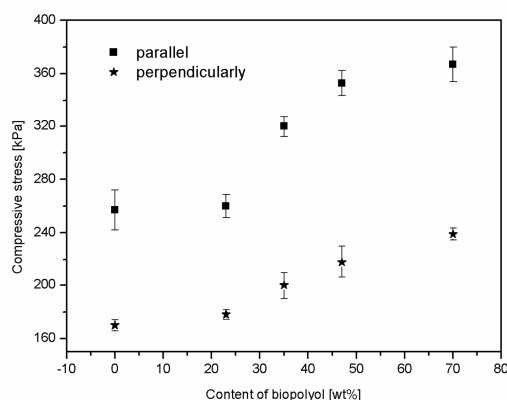
Stabilność oksydacyjna jak i stabilność termiczna cel-polioli wzrasta wraz ze wzrostem temperatury procesu upłynniania. Stabilność oksydacyjna cel-poliolu otrzymanego w temperaturze 150 °C jest o 19 °C wyższa niż cel-poliolu zsyntezowanego w temperaturze 120 °C. W przypadku stabilności termicznej wzrost temperatury procesu upłynniania spowodował widoczne przesunięcie temperatury odpowiadającej 5% ubytkowi masy w stronę wyższych wartości, uzyskując odpowiednio dla P120 $T_5=163$ °C, dla P135 $T_5=168$ °C oraz dla P150 $T_5=173$ °C.

Następnym etapem prowadzonych prac było sprawdzenie reaktywności otrzymanych polioli w reakcji z czynnikiem izocyjanianowym oraz zbadanie wpływu użycia cel-poliolu na właściwości sztywnych pianek poliuretanowych [X]. W pracach stosowałem cel-poliol zsyntezowany w temperaturze 150 °C, w czasie 6 h. Pianki otrzymałem metodą jednoetapową przy stosunku grup NCO/OH, wynoszącym 1,5, zastępując od 0 do 70% wagowych petrochemicznego polioliu cel-poliolem.

Temperatury mierzone podczas wzrostu pianek były wyższe dla układów zawierających cel-poliol, co wskazuje na ich większą reaktywność niż układów petrochemicznych. Wyższa temperatura podczas procesu spieniania sprzyja powstaniu anizotropii komórkowej oraz powstaniu struktury komórkowej charakteryzującej się mniejszymi porami. Badania morfologii powierzchni techniką SEM wykazały, że wzrost ilości cel-poliolu w formulacji pianki powodował zmniejszenie średnicy porów z 209 ± 15 μm do 156 ± 15 μm dla pianki otrzymanej przez zastąpienie 70% wag. petrochemicznego surowca bio-poliolem. Analiza współczynnika proporcjonalności wykazała również występowanie anizotropii komórkowej.

Analogicznie jak w przypadku pianek PIR-PUR otrzymywanych z bio-polioli CG, również i w tym przypadku badałem wpływ struktury komórkowej na właściwości mechaniczne otrzymanych sztywnych pianek poliuretanowych, pomiary wytrzymałości na ściskanie prowadziłem w kierunku równoległym i prostopadłym do kierunku wzrostu pianki (Rys. 13). Badania wykazały korelację między anizotropią struktury komórkowej a wytrzymałością mechaniczną. Wytrzymałość na ściskanie pianek, badana w kierunku równoległym do kierunku wzrostu, była wyższa w porównaniu

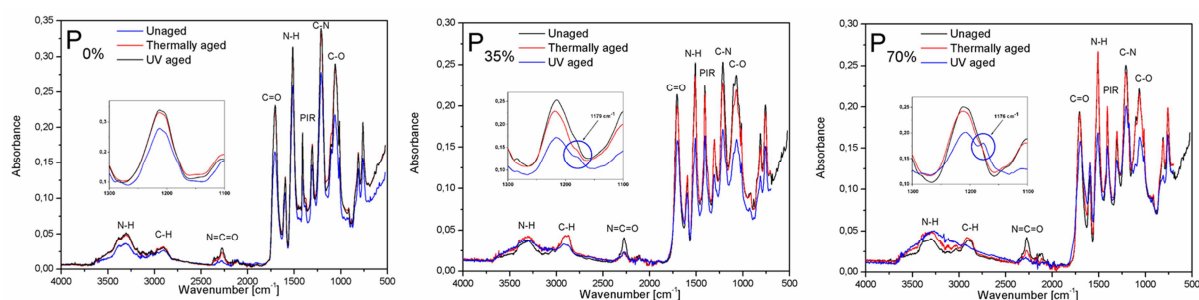
z wytrzymałością wyznaczoną w kierunku prostopadłym. Różnice te wynikają bezpośrednio z ukierunkowania struktury komórkowej, wydłużenia porów w kierunku wzrostu pianki [32].



Rysunek 13. Wpływ zawartości cel-poliolu na wytrzymałość na ściskanie [X].

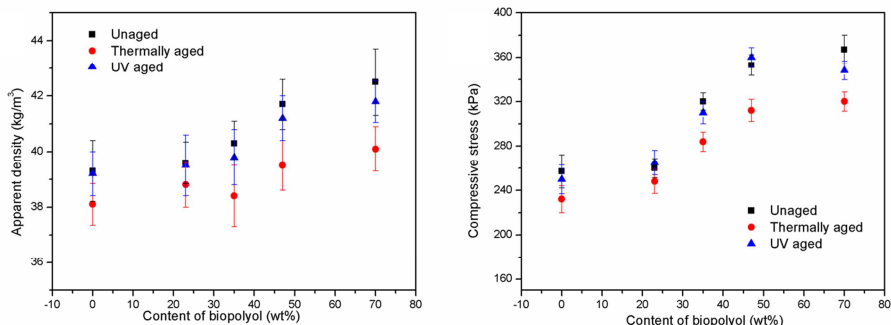
Przeprowadzone badania starzeniowe, termo-oksydacyjne oraz foto-oksydacyjne wykazały zmiany w strukturze chemicznej sztywnych pianek poliuretanowych, zarówno petrochemicznych jak i otrzymanych na cel-poliolach. Analiza FTIR (Rys. 14) wykazała, że procesy degradacji powodują znaczne zmniejszenie intensywności sygnału pochodzącego od grup $N=C=O$ przy zakresie $2260-2280\text{ cm}^{-1}$. Efekt ten związany jest z reakcjami tych grup, które wspierane są przez promieniowanie UV oraz podwyższoną temperaturę [41]. Ponadto, po starzeniu zauważalne są różnice w intensywności oraz kształcie sygnałów przy około $3290-3320\text{ cm}^{-1}$ (drżania rozciągające wiązań N-H w grupach uretanu), co wskazuje na rozkład grup uretanowych [42].

W przypadku procesu foto-oksydacji zauważono spadek intensywności sygnałów przy 1170 cm^{-1} , co przypisywane jest segmentom pochodzącym od polioli [43]. Spadek intensywności przy 1300 cm^{-1} związany jest z konwersją wiązania uretanowego w orto-aromatyczny ester aminowy, utworzony poprzez przegrupowanie foto-Fries [44]. Pasma absorpcji charakterystyczne dla pierścienia aromatycznego (1510 cm^{-1} , 1410 cm^{-1}) wykazują również mniejszą intensywność, co potwierdza, że struktury aromatyczne, pochodzące od izocyjanianów w poliuretanach, ulegają rozkładowi pod wpływem promieniowania UV [45].



Rysunek 14. Widma FTIR sztywnych pianek poliuretanowych przed starzeniem i po starzeniu [X].

Badania gęstości pozornej oraz wytrzymałości na ściskanie sztywnych pianek poliuretanowych po starzeniu wykazały większe spadki tych właściwości dla materiałów poddanych degradacji termo-oksydacyjnej. Spowodowane to jest tym, iż podczas oddziaływania na piankę wysokich temperatur ($140\text{ }^{\circ}\text{C}$) w materiale zachodzą zarówno procesy fizyczne - uwalnianie i parowanie małowcząsteczkowych związków, jak i chemiczne – depolimeryzacja oraz utlenianie, które powodują pogorszenie właściwości mechanicznych [46].

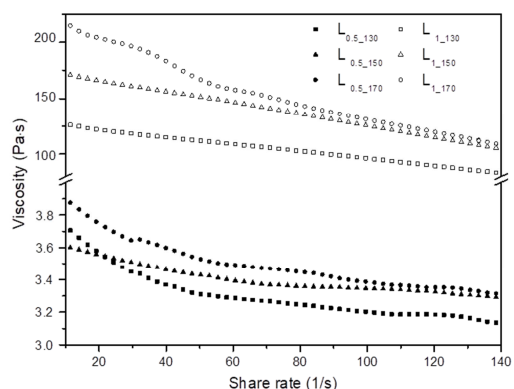


Rysunek 15. Porównanie gęstości pozornej i wytrzymałości na ściskanie sztywnych pianek poliuretanowych przed i po starzeniu [X].

W pracy [XI] zaprojektowałem i przeprowadziłem proces upłynniania ligniny przy wykorzystaniu promieniowania mikrofalowego. Proces upłynniania prowadziłem w trzech temperaturach 130, 150 i 170 °C, w czasie 5 min i mocy 180 W. Zastosowałem dwa układy rozpuszczalników różniące się stosunkiem ligniny do 1,4-butanodiolu i do odpadowego glicerolu, których stosunki wynosiły 0,5:0,5:2,0 ($L_{0,5}$) lub 1,0:0,5:2,0 ($L_{1,0}$), co odpowiadało odpowiednio 15 i 30% wsadu biomasy.

Analiza procesu upłynniania wykazała, że wydajność procesu (konwersja biomasy) przy niższej zawartości biomasy, wzrasta wraz ze wzrostem temperatury, co dowodzi, że dominującym procesem jest reakcja alkoholizy ligniny. Odwrotną tendencję zauważyłem w przypadku zastosowania 30% ligniny, gdzie wydajność procesu wraz ze wzrostem temperatury spada, co wskazuje na to, że w pierwszej kolejności przebiega reakcja kondensacji rozpuszczalnika, a następnie reakcja alkoholizy ligniny.

Badania właściwości reologicznych wykazały, że zmiana temperatury procesu oraz ilość użytej ligniny w istotny sposób wpływały na lepkość otrzymanych lig-polioli. Im wyższa była temperatura procesu oraz większa ilość upłynnianej ligniny tym uzyskiwałem wyższą lepkość (Rys. 16). Analiza właściwości reologicznych wykazała również, że wraz ze wzrostem szybkości ścinania, lepkość otrzymanych lig-polioli maleje, co jest charakterystyczne dla cieczy pseudoplastycznych [39].



Rysunek 16. Wpływ parametrów procesu na lepkość lig-polioli [XI].

Kolejnym etapem prowadzonych prac nad wykorzystaniem odpadowej gliceryny było opracowanie i scharakteryzowanie procesu upłynniania biomasy wodnej pochodzącej z Morza Bałtyckiego [XII]. Do badań zastosowałem biomasę morską, wyrzucaną w sposób naturalny na plażę, która składa się głównie z makroglonów *Enteromorpha*. Bazując na doświadczeniu i wiedzy nabytej podczas badań biomasy naziemnej, proces upłynniania prowadziłem w trzech temperaturach 120, 150

i 180 °C, przy stosunku odpadowego glicerolu do biomasy wynoszącym 20:1. Procesy prowadziłem przy udziale dwóch katalizatorów: kwasu ortofosforowego i kwasu siarkowego, w czasie 5 h. Otrzymane w ten sposób alg-poliiole scharakteryzowałem pod kątem przydatności w technologii otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych. Na podstawie analizy zmian liczby hydroksylowej, liczby kwasowej oraz konwersji biomasy wykazałem, że kwas siarkowy jest efektywniejszym katalizatorem procesu upłynniania makroalg *Enteromorpha* odpadową gliceryną w porównaniu do kwasu ortofosforowego. Przeprowadzając dalsze badania struktury (FTIR), właściwości reologicznych oraz termicznych wykazałem, że optymalne warunki prowadzenia procesu upłynniania to czas wynoszący 5 godzin oraz temperatura 150 °C. Alg-poliol otrzymany w takich warunkach charakteryzował się liczbą hydroksylową wynoszącą 590 mg KOH/g, konwersją biomasy na poziomie 86% oraz lepkością w temp 25 °C równą 1,6 Pa·s. Analiza matematyczna właściwości reologicznych przy użyciu modeli Ostwald-de Waele i Herschel Bulkley, wykazała, że zsyntezowany surowiec wykazuje właściwości płynu newtonowskiego przy prędkości ścinania powyżej 25 s⁻¹. Następnie, alg-poliol został wykorzystany do wytworzenia sztywnych pianek poliuretanowych, poprzez zastąpienie nim petrochemicznego polioliu w ilości 15 i 30% mas. W tabeli 14 zestawilem właściwości fizyko-mechaniczne otrzymanych pianek poliuretanowych.

Tabela 14. Właściwości fizyko-mechaniczne sztywnych pianek poliuretanowych uzyskanych przez zastąpienie petrochemicznego polioliu alg-poliiolem [XII].

Symbol pianki	Gęstość pozorna, kg/m ³	Wytrzymałość na ściskanie, kPa	T _g , °C
100GOB	59±1,2	355±7,6	184
85G15B	61±1,4	358±6,8	205
70G30B	60±1,2	364±5,7	235

100GOB – pianka otrzymana z polioliu petrochemicznego, 85G15B – pianka otrzymana z 15% udziałem bio-polioliu z alg , 70G30B – pianka otrzymana z 30% udziałem bio-polioliu z alg

Analiza właściwości mechanicznych potwierdziła, że wprowadzenie do systemu piankowego alg-polioliu wpływa na poprawę wytrzymałości na ściskanie otrzymanych pianek oraz na przesunięcie temperatury zeszklenia w stronę wyższych temperatur. Właściwości otrzymanych alg-polioli oraz wytworzonych z ich udziałem sztywnych pianek poliuretanowych, potwierdzają zasadność zastosowania procesu upłynniania biomasy alg w celu uzyskania nowych związków polioliowych, które z powodzeniem mogą być stosowane w przemysłowych technologiach wytwarzania sztywnych pianek poliuretanowych.

Podsumowując, w tej części opisu osiągnięcia naukowego wykazałem, że odpadowa gliceryna może być z korzyścią stosowana jako rozpuszczalnik procesu upłynniania biomasy różnego pochodzenia (naziemna, morska). Dobierając odpowiednie parametry procesu można zsyntezować bio-surowiec, o zakładanych właściwościach fizyko-chemicznych (liczba hydroksylowa, lepkość itp.), który z powodzeniem może zostać wykorzystany w technologiach otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych, których właściwości fizyko-mechaniczne zasadniczo nie odbiegają od właściwości materiałów otrzymywanych z petrochemicznych komponentów. Zastosowanie składników pochodzenia naturalnego oraz odpadowego do otrzymywania surowców przemysłu chemicznego wpisuje się w aktualne trendy panujące w przemyśle chemicznym, tj. ukierunkowanie na „zielone technologie” oraz zmniejszenie kosztów produkcji materiałów przy zachowaniu dobrych właściwości użytkowych gotowych wyrobów.

Badania prowadzone nad wykorzystaniem odpadowej gliceryny jako surowca do produkcji nowych bio-polioli oraz późniejszym ich wykorzystaniu w procesie otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych umożliwiły mi zdobycie praktycznej wiedzy o wpływie poszczególnych składników formulacji na strukturę i właściwości fizyko-chemiczne nowych materiałów. Prowadzenie procesów upłynniania materiałów o dużym stopniu czystości, takich jak lignina oraz celuloza, umożliwiły mi poznanie specyfiki procesów oraz dokładnego zbadania wpływu poszczególnych parametrów

procesowych na właściwości gotowego produktu. Zdobytą wiedzę i umiejętności wykorzystałem przy prowadzeniu badań o potencjalnym znaczeniu przemysłowym, w ramach których opracowałem nowe sposoby otrzymywania bio-polioli z biomasy lignocelulozowej i biomasy alg przy wykorzystaniu odpadowej gliceryny jako rozpuszczalnika procesu upłynniania oraz sposoby otrzymywania, z udziałem tych bio-polioli, pianek PUR i PIR-PUR o zakładanych właściwościach fizyko-mechanicznych. W ramach wykonanych prac przygotowałem 6 zgłoszeń patentowych, w których zastrzegłem:

1. Sposób wytwarzania nowych bio-polioli otrzymywanych w procesie upłynniania biomasy lignocelulozowej, charakteryzujących się zwiększoną odpornością na starzenie;
2. Sposób wytwarzania i składy pianek PUR oraz PIR-PUR otrzymywanych z bio-polioli z biomasy lignocelulozowej i odpadowej gliceryny;
3. Sposób otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych o zwiększonej odporności na działanie ognia;
4. Sposób otrzymywania nowych bio-polioli otrzymywanych w procesie upłynniania biomasy alg odpadową gliceryną oraz sposób otrzymywania i składy pianek PUR oraz PIR-PUR z tych bio-polioli.

Opracowane technologie wytwarzania nowych bio-polioli oraz pianek PUR i PIR-PUR są obecnie przygotowane do komercjalizacji.

Poniżej przedstawiam uzupełniający wykaz zgłoszeń patentowych nie wymienionych w zestawieniu publikacji stanowiących moje osiągnięcie naukowe, przedstawionego dla celów postępowania habilitacyjnego. Rozwiązania zastrzeżone w tych zgłoszeniach patentowych są związane z rezultatami badań zawartymi w publikacjach przedstawionych jako moje osiągnięcie naukowe.

1. **Piszczyk Ł.**[†], Kosmela P., Hejna A., Haponiuk J., Sposób wytwarzania przyjaznych środowisku nowych hydroksypochodnych, zgłoszenie patentowe nr 420608 (2017).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

Mój udział procentowy szacuję na 40%)

2. **Piszczyk Ł.**[†], Kosmela P., Gosz K., Hejna A., Haponiuk J., Sposób otrzymywania przyjaznych środowisku pianek poliuretanowych z biomasy alg, zgłoszenie patentowe nr 420607 (2017).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

Mój udział procentowy szacuję na 40%)

3. **Piszczyk Ł.**[†], Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Węsierska K., Haponiuk J., Sposób wytwarzania polioli z biomasy lignocelulozowej, zgłoszenie patentowe nr P 413788 (2015).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

Mój udział procentowy szacuję na 40%)

4. **Piszczyk Ł.**[†], Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Strankowski M., Haponiuk J., Sposób wytwarzania pianki poliuretanowej na bazie biomasy lignocelulozowej, zgłoszenie patentowe nr P 413790 (2015).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

(Mój udział procentowy szacuję na 35%)

5. **Piszczyk Ł.**[†], Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Strankowski M., Haponiuk J., Sztywna pianka poliuretanowa na bazie biomasy ligninocelulozowej o zmniejszonej palności, zgłoszenie patentowe nr P 413814 (2015).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

(Mój udział procentowy szacuję na 40%)

6. **Piszczyk Ł.**[†], Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Węsierska K., Haponiuk J., Sposób wytwarzania polioli z biomasy ligninocelulozowej, europejskie zgłoszenie patentowe nr EP. 15460078.7 (2015).

(Mój wkład w powstanie wynalazku polegał na przedstawieniu sposobu rozwiązania problemu technologicznego na podstawie opracowanej przeze mnie koncepcji badań, wytworzeniu materiałów, wykonaniu analiz oraz ich interpretacji, redakcji tekstu oraz korespondencji z urzędem patentowym.

(Mój udział procentowy szacuję na 40%)

Podsumowanie

Moje osiągnięcie naukowe zatytułowane „Wykorzystanie odpadowej gliceryny jako surowca do produkcji nowych bio-polioli stosowanych w technologii otrzymywania spienionych materiałów poliuretanowych” zawiera elementy nowości zarówno od strony projektowania jak i syntezy nowych bio-komponentów oraz technologii otrzymywania pianek PUR i PIR-PUR. Prowadzone badania poszerzyły wiedzę dotyczącą wpływu poszczególnych parametrów procesu polimeryzacji odpadowej gliceryny oraz upłynniania biomasy na właściwości fizyko-chemiczne otrzymanych nowych bio-polioli. Przeprowadzone badania dostarczyły również informacji o wpływie udziału bio-polioli w formułacjach pianek poliuretanowych na strukturę komórkową oraz właściwości fizyko-mechaniczne spienionych materiałów poliuretanowych.

Najważniejsze osiągnięcia badawcze przedstawione w omawianym cyklu publikacji i patentów, dotyczące zastosowania odpadowej gliceryny jako surowca do produkcji bio-polioli i wykorzystania ich do otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych są następujące:

- Opracowanie nowego sposobu zagospodarowania odpadowej gliceryny bez konieczności jej wczesnego oczyszczania.

- Opracowanie technologii syntezy nowych bio-polioli z odpadowej gliceryny w dwóch procesach: kondensacji oraz upłynniania biomasy, umożliwiających otrzymanie stabilnych technologicznie produktów.

- Rozpoznanie wpływu parametrów procesu polimeryzacji odpadowej gliceryny oraz procesu upłynniania na właściwości fizyko-chemiczne, termiczne oraz strukturę nowych bio-polioli.

- Opracowanie technologii otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych z nowych bio-polioli oraz wykazanie, że poprzez odpowiedni dobór surowcowy można uzyskać materiał przyjazny środowisku charakteryzujący się dobrze wykształconą strukturą komórkową i niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła.

- Rozpoznanie i opisanie wpływu nowych bio-polioli na strukturę i właściwości fizyko-chemiczne, mechaniczne oraz palność sztywnych pianek poliuretanowych.

- Udowodnienie, że anizotropia komórkowa, obok gęstości pozornej, ma znaczący wpływ na właściwości mechaniczne sztywnych pianek poliuretanowych.

- Zidentyfikowanie nowego źródła surowcowego do otrzymywania polioli biomasy alg, która w połączeniu z odpadową gliceryną umożliwi otrzymanie surowców, które mogą być atrakcyjne przemysłowo, ze względu na ich właściwości fizyko-chemiczne jak i cenę.

- Opracowanie potencjalnie przemysłowej technologii otrzymywania bio-polioli z biomasy lignocelulozowej i odpadowej gliceryny, jak również metody wytwarzania sztywnych pianek PIR-PUR, które ze względu na pochodzenie surowcowe mogą być atrakcyjne cenowo.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych w tym współpracy z przemysłem.

W ramach mojej działalności naukowej, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, poza pracami przedstawionymi jako osiągnięcie naukowe dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego, zajmowałem się otrzymywaniem i modyfikacją materiałów poliuretanowych przy użyciu różnych modyfikatorów począwszy od bezhalogenowych związków zmniejszających palność (*pozycje 5.17-5.19 w wykazie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych*), recyklatu gumowego (5.3, 5.11-5.13), młota browarniczego (5.4), popiołu (5.9, 5.16), montmorylonitu (5.1, 5.21-5.23), skończywszy na zredukowanym tlenku grafenu (5.5, 5.7, 5.8, 5.14). Szczegółowy wykaz dorobku przedstawiłem poniżej, w którego skład wchodzi 24 publikacje z listy JCR, 1 patent, 14 zgłoszeń patentowych oraz 20 artykułów recenzowanych.

W ramach działalności naukowo-badawczej prowadziłem również badania związane z modyfikacją elastycznych pianek poliuretanowych przy użyciu bezhalogenowych związków zmniejszających palność. Badania realizowane były w ramach umowy (nr umowy 030543) z firmą Ster Sp. z o.o. z Poznania. Czas realizacji lata: 2013-2015. Jednym z głównych celów prac było opracowanie elastycznych pianek poliuretanowych spełniających rygorystyczne normy bezpieczeństwa przeciwpożarowego obowiązujące w transporcie kolejowym.

W latach 2013-2016 byłem również głównym wykonawcą projektu badawczo-rozwojowego PUR-GRAF (GRAF-TECH/NCBR/11/08/2013), pt. Nanokompozyty poliuretanowe zawierające zredukowany tlenek grafenu. Projekt dofinansowany był przez NCBR w ramach programu GRAF-TECH. W ramach projektu opracowałem wspólnie z dr inż. Michałem Strankowskim metody otrzymywania nanokompozytów poliuretanowych modyfikowanych tlenkiem grafenu i zredukowanym tlenkiem grafenu. Za opracowane nanokompozyty poliuretanowe otrzymaliśmy złoty medal na Targach Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji TECHNICON-INNOWACJE 2013.

Od roku 2013, w ramach działalności spółki NovaPUR Sp. z o.o., realizuję prace badawczo-wdrożeniowe związane z technologią otrzymywania oraz modyfikacją przyjaznych środowisku sztywnych pianek poliuretanowych o zmniejszonej palności. W ramach działalności spółki realizowałem również trzy projekty badawczo-wdrożeniowe. Pierwszy z nich dotyczył opracowania technologii otrzymywania płyt warstwowych z rdzeniem z pianki PIR-PUR o zwiększonej odporności na działanie ognia przy zachowaniu jak najlepszych parametrów izolacyjnych (współczynnik $\lambda > 0,02$ W/mK). Następnie prowadziłem badania nad opracowaniem niepalnego systemu piankowego, do zastosowania w aluminiowych profilach okiennych. Prace realizowane były w ramach projektu pt. Opracowanie innowacyjnego systemu aluminiowych profili przeciwpożarowych przy współpracy z firmą Morad Sp. z o.o. Trzeci projekt dotyczył opracowania technologii otrzymywania styropianu odpornego na działania mikroorganizmów oraz czynników atmosferycznych. Prace realizowane były przy współpracy z firmą Amitec. Obecnie współpracuję z firmą Selena SA, dla której opracowuję innowacyjne rozwiązania mające na celu poprawę właściwości użytkowych oferowanych przez firmę produktów.

Literatura

1. www.marketresearchstore.com, data dostępu 11.2017.
2. www.grandviewresearch.com, data dostępu 11.2017.
3. www.grandviewresearch.com, data dostępu 11.2017.
4. <http://ec.europa.eu>, data dostępu 06.2015.
5. www.odnawialneźródłaenergii.pl, data dostępu 03.2016.
6. Klugmann-Radziemska E., Ciunel K., Meler P., Ryms M., *Chemistry*, 1-2, 2011, 61.
7. Aransiola E.F., Ojumu T.V., Oyekola O.O., Madzimbamuto T.F., Ikhu-Omoregbe D.I.O., *Biomass Bioenerg*, 61, 2014, 275.
8. Pott R.W.M., Howe C.J., Dennis J.S., *Bioresource Technol*, 152, 2014, 464.
9. Thompson J.C., He B.B., *Appl. Eng. Agric.*, 22, 2006, 261.
10. Bocheński C.I., Wyd. SGGW, Warszawa, 2003.
11. Tys J., Piekarski W., Jackowska I., Kaczor A., Zając G., Starobrat P., *Acta Agroph.*, 99, 2003, 70–72, 87.
12. Podkówka W., Wyd. ATR w Bydgoszczy, 18, 2004, 173.
13. Lipińska E., Błażej S., Markowski K., *Acta Sci. Pol., Biotechn.*, 9(3) 2010, 3-14.
14. Prociak A., *Poliuretanowe materiały termoizolacyjne nowej generacji*, Wyd. PK, Kraków 2008.
15. Prociak A.: *Polimery*, 53, 2008, 195.
16. Narine S. S., Kong X., Bouzidi L., Sporns P.; *J Amer Oil Chem Soc*, 84, 2007, 65.
17. Tanaka R., Hirose S., Hatakeyama H.; *Bioresource Technology*, 99, 2008, 3810.
18. Tanaka R, Hirose S, Hatakeyama H., *Bioresource Technol*, 99, 2008, 3810.
19. Somania KP, Kansaraa SS, Patelb NK, Rakshit AK., *Int J Adhes Adhes*, 23, 2003, 269.
20. Cervantes-Uc JM, Moo Espinosa JI, Cauch-Rodriguez JV, Avila-Ortega A, Vazquez-Torres H, Marcos-Fernandez A, et al. *Polym Degrad Stabil*, 94, 2009, 1666.
21. Petrovic Z, Zavargo Z, Flynn JH, Macknight WJ., *J Appl Polym Sci*, 51, 1994, 1087.
22. Pawlik H, Prociak A., *J. Polym Environ*. 20, 2012, 438.
23. Kainthan R.K., Muliawan E.B., Hatzikiriakos S.G., Brooks D.E., *Macromolecules*, 39, 2006, 7708.
24. Cassel S., Debaig C., Benvegnu T., Chaimbault P., Lafosse M., Plusquellec D., Rollin P., *Eur. J. Org. Chem.*, 2001, 2001, 875.
25. Luo X., Hu S., Zhang X., Li Y., *Bioresource Technol.*, 139, 2013, 323.
26. Ibrahim S., Ahmad A., Mohamed N.S., *Polym*, 7, 2015, 747.
27. Kula J., QUANG TB, *Prze. Chem.*, 77(11), 1998, 403.
28. Hiemenz P.C., Lodge T.P., *Polymer Chemistry*, Second ed., CRC Press, Boca Raton, 2007.
29. Deshpande A.P., Krishnan J.M., Kumar S., *Rheology of Complex Fluids*, Springer-Verlag New York, New York, 2010.
30. Dusek K, Spirkova M, Havlicek I., *Macromol*, 23(6), 1990, 1774.
31. Szycher M., *Szycher's Handbook of Polyurethanes*. 1st Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1999.
32. Kurańska M., Prociak A., Kirpluks M., Cabulis U., *Ind. Crop. Prod.*, 74, 2015, 849.
33. Glicksman L.R., Heat transfer in foams, in: Hylyard N.C., Cunningham A. (Eds.), *Low density cellular plastics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1994. p. 115.
34. Bogdan M., Hoerter J., Moore F.O., *J. Cell. Plast.*, 41, 2005, 41.
35. Modesti M., Lorenzetti A., *Eur. Polym. J.*, 39, 2003, 263.
36. Yamada T, Ono H., *Bioresour Technol* 70, 1999, 61.
37. Wang H, Chen HZ, *J Chin Inst Chem Eng* 38, 2007, 95.
38. Chhabra RP, *Non-Newtonian fluids: an introduction*. In: Deshpande AP, Krishnan JM, Kumar S (eds) *Rheology of complex fluids*. Springer, Berlin, 2010, 3–34.
39. Björn A, Segura de La Monja P, Karlsson A, Ejlertsson J, Svensson BH In: Kumar S (ed) *Rheological characterization*. Biogas. InTech publisher, 2012, Rijeka.
40. Głowiska E, Datta J., *Ind Crop Prod* 60, 2014, 123–129.
41. Paberza A., Stiebra L., Cabulis U., *J Renew Mater* 3, 2015, 19.
42. Romanova V, Begishev V, Karmanov V, Maitz MF, *J Raman Spectrosc* 33, 2002, 769.
43. Cipriani E, Bracco P, Kurtz SM, Costa L, Zanetti M., *Polym Degrad Stab* 98, 2013, 1225–1235.
44. Gardette JL, Lemaire J., *Polym Degrad Stabil* 6, 1984, 135.
45. Paberza A, Stiebra L, Cabulis U., *J Renew Mater* 3, 2015, 19–27.
46. Yarahmadi N, Vega A, Jakubowicz I., *Polym Degrad Stabil* 138, 2017, 192–200.

5. Wykaz pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

A) Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal of Citation Reports (JCR)

1. Miotke M., Strankowska J., Kwela J., Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Józefowicz M., Gazda M., *Nanosize effect of clay mineral nanoparticles on the drug diffusion processes in polyurethane nanocomposite hydrogels*, Eur. Phys. J. Plus (2017) 132: 401, <https://doi.org/10.1140/epjp/i2017-11708-1>, Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₇ = 1,753

(Mój udział polegał na: zaprojektowaniu i wykonaniu nanokompozytów poliuretanowych. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

2. Stępień A., Zebrowski J., **Piszczyk Ł.**, Boyko V.V., Riabov S.V., Dmitrieva T., Bortnitskiy V., Gonchar M., Wojnarowska-Nowak R., Ryszkowska J., *Assessment of the impact of bacteria Pseudomonas denitrificans, Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis and yeast Yarrowia lipolytica on commercial poly(ether urethanes)*, Polymer Testing, 2017, 63, 484-493, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2017.08.038>, Punktacja MNiSW=40, IF₂₀₁₇ = 2,464

(Mój udział polegał na: wykonaniu pomiarów technikami TGA i DSC oraz analizie otrzymanych wyników. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

3. Formela K., Hejna A., Zedler Ł., Przybysz M., Ryl J., Saeb M.R., **Piszczyk Ł.**, *Structural, thermal and physico-mechanical properties of polyurethane/brewers' spent grain composite foams modified with ground tire rubber*, Industrial Crops and Products, 2017, 1, 844. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.047> Punktacja MNiSW=40, IF₂₀₁₇ = 3,449

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badań, wykonaniu pomiarów technikami TGA i DMA. Mój udział procentowy szacuję na 15%)

4. Hejna A., Haponiuk J., **Piszczyk Ł.**, Klein M., Formela K., *Performance properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate/brewers' spent grain foamed composites as function of isocyanate index*, e-Polymers, 2017, 17 (5), 427, <https://doi.org/10.1515/epoly-2017-0012>, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₇ = 0,64

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badań, wykonaniu pomiarów technikami TGA i DMA. Mój udział procentowy szacuję na 15%)

5. **Piszczyk Ł.**, Kosmela P., Strankowski M., *Elastic polyurethane foams containing graphene nanoplatelets* Advances in Polymer Technology, DOI: 10.1002/adv.21819, Punktacja MNiSW=20, IF₂₀₁₆ = 1,114

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej wraz z M. Strankowskim, wykonaniu pomiarów, opracowaniu i interpretacji wyników analiz w oparciu o techniki TGA, DMA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Michałem Strankowskim. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

6. Formela K., Hejna A., **Piszczyk Ł.**, Reza Saeb M., Colom X., *Processing and structure–property relationships of natural rubber/wheat bran biocomposites*, Cellulose 2016, doi:10.1007/s10570-016-1020-0, Punktacja MNiSW=45, IF₂₀₁₆ = 3,195

(Mój udział polegał na: wykonaniu pomiarów technikami TGA i DSC oraz analizie otrzymanych wyników. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

7. Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Włodarczyk D., Strankowska J., *Polyurethane nanocomposites containing reduced graphene oxide, FTIR and Raman studies*, Journal of Spectroscopy, doi.org/10.1155/2016/7520741, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₆ = 0,814

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, przygotowaniu treści. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

8. Strankowski M., Włodarczyk D., **Piszczyk Ł.**, Strankowska J., *Thermal and mechanical properties of microporous polyurethanes modified with reduced graphene oxide*, International Journal of Polymer Science, Volume 2016 (2016), <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8070327>, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₆ = 1,0

(Mój udział polegał na: wykonaniu pomiarów technikami TGA i DMA oraz analizie otrzymanych wyników. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

9. Hejna A., Kopczyńska M., Kozłowska U., Klein M., Kosmela P., **Piszczyk Ł.**, *Foamed polyurethane composites with different types of ash – morphological, mechanical and thermal behavior assessments*, Cellular Polymers 35(6):287-308, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₆ = 0,615

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej wraz z A. Hejną, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z A. Hejną. Mój udział procentowy szacuję na 20%)

10. Formela K., **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Bajer K., Formela M., *Interfacial adhesion evaluation in low-density polyethylene/elastomer blends*, Journal of Vinyl and Additive Technology 2015, doi: 10.1002/vnl.21474, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₅ = 0,859

(Mój udział polegał na: wykonaniu pomiarów technikami TGA, DMA i DSC. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

11. **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Formela K., Danowska M., Strankowski M., *Rigid polyurethane foams modified with ground tire rubber - mechanical, morphological and thermal studies*, Cellular Polymers 2015, 34, 45-62, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₅ = 0,615

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Aleksandrem Hejną. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

12. **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Formela K., Danowska M., Strankowski M., *Effect of ground tire rubber on structure, mechanical and thermal properties of flexible polyurethane foams*, Iranian Polymer Journal 2015, 24, 75-84, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₅ = 1.684

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, DSC i TGA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z A. Hejną i K. Formelą. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

13. **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Danowska M., Strankowski M., Formela K., *Polyurethane/ground tire rubber composite foams based on polyglycerol: processing, mechanical and thermal properties*, Journal of Reinforced Plastics and Composites 2015, 34, 708-717, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₅ = 1,503

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, DSC i TGA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Aleksandrem Hejną i Krzysztofem Formelą. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

14. Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Kosmela P., Korzeniewski P., *Morphology and the physical and thermal properties of thermoplastic polyurethane reinforced with thermally reduced graphene oxide*, Polish Journal of Chemical Technology, 17, 4, 88– 94, 10.1515/pjct-2015-0073, 17,4, 88-94, 2015, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₅ = 0,536

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, TGA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Michałem Strankowskim. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

15. **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Kosmela P., *Study of effect of thermally reduced graphene oxide on the physical and mechanical properties of flexible polyurethane foams*, Polymer Composites, DOI 10.1002/pc.23805, Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₅ = 1,632

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, TGA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Michałem Strankowskim. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

16. Hejna A., Kosmela P., Mikicka M., Danowska M., **Piszczyk Ł.**, *Modification of microporous polyurethane elastomers with different types of ash – morphological, mechanical, and thermal studies*, Polymer Composites, DOI: 10.1002/pc.23246, Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₅ = 1,632

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, TGA przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Aleksandrem Hejną. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

17. **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Formela K., Danowska M., Strankowski M., *Wpływ bezhalogenowych związków zmniejszających palność na strukturę, właściwości mechaniczne i termiczne elastycznych pianek poliuretanowych otrzymanych z udziałem poligliceryny*, Przemysł Chemiczny 2014, 93, 1, 70. Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₄ = 0,399,

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów i interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DMA, SEM, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu treści manuskryptu oraz opracowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów. Mój udział procentowy szacuję na 55%)

18. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Mietlerek-Kropidłowska A., Szyszka M., Strankowski M., *Synthesis and thermal studies of flexible polyurethane nanocomposite foams obtained using nanoclay modified with flame retardant compound*, Journal of Thermal analysis and Calorimetry, 2014, 118, 901, doi: 10.1007/s10973-014-3878-0, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₄ = 2,042

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów i interpretacji wyników palności oraz wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DMA, XRD, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów. Mój udział procentowy szacuję na 65%)

19. **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Formela K., Danowska M., Strankowski M., *Morfologia, właściwości mechaniczne i termiczne elastycznych pianek poliuretanowych modyfikowanych glinokrzemianami warstwowymi*, Polimery, 2014, 11-12, 59, 783. Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₄ = 0,633

(Mój udział polegał na: sformułowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, interpretacji wyników analiz fizykochemicznych w oparciu o techniki TGA, DMA, SEM, koordynowaniu prowadzonych prac, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów (wspólnie z Krzysztofem Formelą oraz Aleksandrem Hejną. Mój udział procentowy szacuję na 55%)

20. Danowska M., **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Gazda M., Haponiuk J., *Rigid polyurethane foams modified with selected layered silicate nanofillers*, Journal of Applied Polymer Science, 130 (4), s. 2272–2281, 2013, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₃ = 1,768

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, wykonaniu pomiarów technikami DMA, TGA oraz palności, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Magdaleną Danowską. Mój udział procentowy szacuję na 40%)

21. Strankowska J., **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Danowska M., Szutkowski K., Jurga S., Kwela J., *Molecular dynamics studies of polyurethane nanocomposite hydrogels*, European Physical Journal-Special, 222, s. 2179-2186, Punktacja MNiSW=30, IF₂₀₁₃ = 1,399

(Mój udział polegał na: zaprojektowaniu i wykonaniu nanokompozytów poliuretanowych. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

22. **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Danowska M., Haponiuk J., Gazda M. *Preparation and characterization of rigid polyurethane – polyglycerol nanocomposite foams*, European Polymer Journal 48 (2012) 1726–1733, Punktacja MNiSW=35, IF₂₀₁₂ = 2,562

(Mój udział polegał na: zaproponowaniu tematyki badawczej, opracowaniu procedury pomiarowej, przygotowaniu nanokompozytów, wykonaniu pomiarów techniką TGA, przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z M. Danowską oraz M. Strankowskim. Mój udział procentowy szacuję na 50%)

23. Strankowski M., Strankowska J., Gazda M., **Piszczyk Ł.**, Nowaczyk G., Jurga S., *Thermoplastic polyurethane/(organically modified montmorillonite) nanocomposites produced by in situ polymerization*, eXPRESS Polymer Letters Vol.6, No.8 (2012) 610–619, Punktacja MNiSW=25, IF₂₀₁₂ = 2,294

(Mój udział polegał na: przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Michałem Strankowskim. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

24. Formela K., Stankiewicz P., Kołacka K., **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., *Wpływ warunków przetwórstwa oraz dewulkanizacji na kompatybilność i właściwości kompozycji LDPE- mial gumowy*, Przemysł Chemiczny, 2012, 91(9), 1762-1766, Punktacja MNiSW=15, IF₂₀₁₂ = 0,399

(Mój udział polegał na: przygotowaniu treści manuskryptu oraz odpowiedzi na uwagi recenzentów wspólnie z Krzysztofem Formelą. Mój udział procentowy szacuję na 10%)

B) Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach

B1) Patenty

1. Haponiuk J., **Piszczyk Ł.**, Datta J., Strankowski M., Danowska M., Gortych J., Cukrowski J., Kotewicz P., *Mieszanka betonowa zwłaszcza do wytwarzania strunobetonowych słupów wirowanych i sposób wytwarzania tych słupów*, **Patent nr 215947**, 25.02.2014.

B2) Zgłoszenia patentowe

1. **Piszczyk Ł.**, Kosmela P., Hejna A., Haponiuk J., *Sposób wytwarzania przyjaznych środowisku nowych hydroksypochodnych*, zgłoszenie patentowe nr 420608 (2017),

2. **Piszczyk Ł.**, Kosmela P., Gosz K., Hejna A., Haponiuk J., *Sposób otrzymywania przyjaznych środowisku pianek poliuretanowych z biomasy alg*, zgłoszenie patentowe nr 420607 (2017),

3. Danowska M., Gazda M., Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, *Sposób wytwarzania poliuretanowej pianki auksetycznej oraz poliuretanowa pianka auksetyczna*, zgłoszenie patentowe nr P.411758 (2015),

4. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Węsierska K., Haponiuk J., *Sposób wytwarzania polioli z biomasy ligninocelulozowej*, zgłoszenie patentowe nr P 413788 (2015),

5. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Strankowski M., Haponiuk J., *Sposób wytwarzania pianki poliuretanowej na bazie biomasy ligninocelulozowej*, zgłoszenie patentowe nr P 413790 (2015),

6. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Strankowski M., Haponiuk J., *Sztynna pianka poliuretanowa na bazie biomasy ligninocelulozowej o zmniejszonej palności*, zgłoszenie patentowe nr P 413814 (2015),

7. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Kosmela P., Hejna A., Węsierska K., Haponiuk J., *Sposób wytwarzania polioli z biomasy ligninocelulozowej*, europejskie zgłoszenie patentowe nr EP. 15460078.7 (2015),

8. **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Strankowski M., Danowska M., Będlin A., *Microporous polyurethane elastomer-based nanocomposite and the method of its generation*, Europejskie zgłoszenie patentowe EP 14460073.1 (2014),

9. **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Strankowski M., Danowska M., Strankowska J., *Polyurethane foam nanocomposite and the method for its generation*, Europejskie zgłoszenie patentowe EP 14460072.3 (2014),

10. **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Strankowski M., Danowska M., *Polyurethane elastomer nanocomposites and the method for their generation*, Europejskie zgłoszenie patentowe EP14460071.5 (2014).

11. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Strankowski M., Haponiuk J., *Sposób wytwarzania ekologicznych polioli z odpadu po transestryfikacji olejów roślinnych oraz sposób wytwarzania sztywnych pianek poliuretanowych*, Zgłoszenie patentowe nr P. 408610 (2014),

12. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Strankowski M., Haponiuk J., *„Method of obtaining environment-friendly polyols from waste left after transesterification of plant oils and method of obtaining rigid polyurethane foams*, Europejskie zgłoszenie patentowe EP 14460111.9-1303,(2014).

13. **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Strankowski M., Danowska M., Będlin A., *Mikroporowate nanokompozytowe elastomery poliuretanowe zawierające tlenek grafenu lub zredukowany tlenek grafenu i sposób ich wytwarzania*, Zgłoszenie patentowe nr P.407586 (2014),

14. **Piszczyk Ł.**, Haponiuk J., Strankowski M., Danowska M., Strankowska J., *Nanokompozytowa pianka poliuretanowa i sposób jej otrzymywania*, Zgłoszenie patentowe nr P.405729 (2013).

C) Monografie, publikacje naukowe w czasopiśmie międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie, o której mowa w pkt II A:

1. Haponiuk J., Hejna A., **Piszczyk Ł.**, Datta J., Formela K., *Renewable resources for polyurethanes and polyurethane composites: A review* W: Mukbaniani O.V., Abadie M.J.M., Tatrishvili T. (edytorzy), Chemical Engineering of Polymers. Production of Functional and Flexible Materials, New Jersey: Apple Academic Press, Inc.; 2016, ISBN 9781771884457 - CAT# N11735.

2. Kosmela P., Zedler Ł., Formela K., Haponiuk J., **Piszczczyk Ł.**, *Recent developments in polyurethane foams containing low-cost and pro-ecological modifiers*, Chemistry & Chemical Technology, Vol. 10, No. 4(s), 2016, ISSN 1996-4196.
3. Hejna A., Kosmela P., Kopczyńska M., Haponiuk J., **Piszczczyk Ł.**, *Microwave assisted liquefaction with crude glycerol as a potential method of brewer's spent grain utilization*, Chemistry & Chemical Technology, Vol. 10, No. 4, 2016, ISSN 1996-4196.
4. Strankowski M., **Piszczczyk Ł.**, Kosmela P., Pacholska K., *Reduced graphene oxide as a novel nanofiller for flexible polyurethane foams*, Plastics Research Online, <http://DOI:10.2417/spepro.006266>.
5. Węsierska K., Kosmela P., Formela K., Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, *Morfologia, właściwości mechaniczne oraz palność spienionych materiałów poliuretanowo-policlicerynowych modyfikowanych grafitem ekspandowanym*, Materiały Kompozytowe, nr 1/2016, 50-52, ISSN: 2084-1994.
6. Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, Formela K., *Ocena właściwości przetwórczych, mechanicznych oraz morfologii spienianych kompozytów poliuretanowo-gumowych*, Materiały Kompozytowe 2015, 4, 38-39. ISSN: 2084-1994
7. Kosmela P., Gągol M., Formela K., Węsierska K., **Piszczczyk Ł.**, *Ekologiczne pianki poliuretanowe otrzymane z surowców odnawialnych*, [w:] *Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2015*, praca zbiorowa pod redakcją R. Stellera i D. Żuchowskiej, Wydawnictwo TEMPO s.c., Wrocław 2015, pp. 93-97, ISBN 978-83-86520-22-0.
8. Gągol M., Kosmela P., **Piszczczyk Ł.**, Haponiuk J., K. Formela, *Kontrola jakości materiałów polimerowych wytwarzanych metodą wytłaczania - stan obecny i perspektywy rozwoju*, [w:] *Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2015*, praca zbiorowa pod redakcją R. Stellera i D. Żuchowskiej, Wydawnictwo TEMPO s.c., Wrocław 2015, pp. 298-231, ISBN 978-83-86520-22-0.
9. Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, Kosmela P., Haponiuk J., *Incorporation of crude glycerol into polyurethane Technology*, Baltic Polymer Symposium 2015, 16-18 September, Sigulda, Latvia., p. 26, ISBN: 978-9934-542-12-1.
10. **Piszczczyk Ł.**, Hejna A., Kosmela P., Szmajda M., Strankowski M., *Production and characterization of biopolyols from bran and straw oat*, Baltic Polymer Symposium 2015, 16-18 September, Sigulda, Latvia., p. 61, ISBN: 978-9934-542-12-1.
11. Grzesiak E., Woźniak B., Strankowski M., **Piszczczyk Ł.**, Babral M., *Nanokompozyty poliuretanowe zawierające zredukowany tlenek grafenu*, Świat Butów 2014, ISSN: 1428-3905.
12. Haponiuk J., Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, *Wykorzystanie surowców odnawialnych i odpadowych w syntezie poliuretanów*, Elastomery, 2014, 100, 3, 21, ISSN: 1427-3519.
13. **Piszczczyk Ł.**, Danowska M., Cysewska M., Formela K., *Elastyczne nanokompozytowe pianki poliuretanowe*, Materiały Kompozytowe, 2014, 3/2014, 46-47, ISSN: 2084-1994.
14. Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, Haponiuk J., *The effects of halogen-free flame retardants on the synthesis and properties of rigid polyurethane foams synthesized from polyglycerol*, Proceeding of the VII International Scientific-Technical Conference, 19-25.05.2014, Lwów, ISBN: 978-617-607-554-7.
15. Hejna A., **Piszczczyk Ł.**, Haponiuk J., *Basic properties of polyurethane foams depending on the storage time of resin blends*, Proceeding of the VII International Scientific-Technical Conference, 19-25.05.2014, Lwów, ISBN: 978-617-607-554-7.
16. **Piszczczyk Ł.**, *Elastyczne nanokompozytowe pianki poliuretanowe*, Modyfikacja Polimerów: Stan i perspektywy w roku 2013, praca zbiorowa po redakcją Stellera R. i Żuchowskiej D., Wrocław, wyd. TEMPO s.c., 2013, s. 414-417, ISBN 978-83-86520-19-02013
17. Formela K., Cysewska M., Danowska M., **Piszczczyk Ł.**, *Wpływ termoplastycznych kompozycji napelnianych miazem gumowym na wybrane właściwości asfaltu drogowego*, Modyfikacja Polimerów: Stan i perspektywy w roku 2013, praca zbiorowa po redakcją Stellera R. i Żuchowskiej D., Wrocław, wyd. TEMPO s.c., 2013, s. 268-271, ISBN 978-83-86520-19-0
18. Strankowska J., Strankowski M., **Piszczczyk Ł.**, Haponiuk J., Kwela J., *Mechanical, structural and diffusion studies of hydrogel polyurethane nanocomposites containing modified montmorillonite*, Materials Science Forum Vol. 714 (2012) 123-129, ISSN:1662-9752

19. Falborski T., Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Jankowski R., Kwiecień A., *Experimental examination of an elastomeric polymer*, Technologijos ir Menas = Technology and Art. 2012, nr 3, s. 98-101, ISSN 2029-400X

20. Falborski T., Kwiecień A., Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Jankowski R., *The influence of temperature on properties of the polymer flexible joint used for strengthening historical masonries*, Structural Analysis of Historical Constructions – Jerzy Jasieńko (ed), 2012 Wrocław, ISSN 0860-2395, ISBN 978-83-7125-216-7.

D) Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych

1. Haponiuk J., Formela K., **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Stelmasik A., *Przeprowadzenie badań właściwości mechanicznych i termicznych kompozytów bazaltowo-polimerowych*, zleceniodawca: Aquila Yachts Sp. z o.o., Rotmanka, 2015 (135102).

2. Haponiuk J., **Piszczyk Ł.**, Hejna A., Stelmasik A., Formela K., Włoch M., *Opracowanie przemysłowej technologii otrzymywania pianek poliuretanowych o wymaganych wartościach parametrów właściwości mechanicznych oraz przeprowadzenie badań nad poprawą właściwości palnych pianek poliuretanowych*, zleceniodawca: Ster Sp. z o.o., Poznań, 2013 (130738).

3. **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Kosmela P., Zych A., *Technologia otrzymywania ekologicznych spienionych materiałów poliuretanowych z biomasy lignino-celulozowej*, forma publikacji: know – how, Instytucja klasyfikująca: Zespół Rzeczników Patentowych PG, 2014 (129563).

4. Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Zych A., Kosmela P., *Samonaprawialne układy poliuretanowe zawierające tlenek grafenu lub jego zredukowaną formę*, forma publikacji: know – how Instytucja klasyfikująca: Zespół Rzeczników Patentowych PG 2014 (129562).

5. Haponiuk J., Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Ocena próbek trawy syntetycznej, zleceniodawca: Kaszub Sp. z o.o., 2010 (86591).

6. Strankowski M., **Piszczyk Ł.**, Datta J., Haponiuk J., Badania elastomerów uretanowo-izocyjanurowych, zleceniodawca: Centrum Techniki Okrętowej SA, 2009 (83188).

E) Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:

$\sum IF = 31,394$ - czasopisma, w których opublikowano artykuły będące podstawą osiągnięcia naukowego (zgodnie z rokiem ukazania się artykułu)

$\sum IF = 66,216$ - czasopisma, w których opublikowano wszystkie publikacje (zgodnie z rokiem ukazania się artykułu)

F) Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) według bazy Web of Science (WoS): **186**

G) Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): **9**

H) Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach (po uzyskaniu stopnia doktora):

1. Projekt badawczo-wdrożeniowy nr 1/2017, pt. Poprawienie parametrów palności płyt warstwowych PUR i PIR, projekt zamawiany i finansowany przez Balex Metal Sp. z o.o., czas realizacji: lipiec 2016 – grudzień 2017. Funkcja: **Lider i Koordynator Projektu**.

2. Projekt badawczo-wdrożeniowy nr II-2/Chem/2014/5, pt. Ekologiczne spienione materiały poliuretanowe z biomasy ligninowo-celulozowej o zmniejszonej palności i podwyższonej stabilności termicznej, finansowany w ramach Konkursu „Inkubator Innowacyjności”, czas realizacji: styczeń – grudzień 2015. Funkcja: **Kierownik Projektu**.

3. Projekt badawczo-rozwojowy PUR-GRAF (GRAF-TECH/NCBR/11/08/2013), pt. Nanokompozyty poliuretanowe zawierające zredukowany tlenek grafenu, projekt dofinansowany przez NCBiR w ramach programu GRAFTECH, Politechnika Gdańska, (czas realizacji: 2013 – 2016). Funkcja: **Główny wykonawca**.

4. Projekt badawczo-wdrożeniowy (nr umowy 030543) na zlecenie firmy Ster Sp. z o.o. z Poznania, dotyczącej opracowania przemysłowej technologii otrzymywania pianek poliuretanowych o wymaganych wartościach parametrów właściwości mechanicznych oraz przeprowadzenie badań nad poprawą właściwości palnych pianek

poliuretanowych, Politechnika Gdańska, czas realizacji: 2013 – 2015. Funkcja: **Koordynator i główny wykonawca.**

I) Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową lub artystyczną

1. Stypendium naukowe przyznane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców. Okres finansowania: lata 2018-2020.
2. W latach 2015 – 2017 uzyskałem trzy nagrody Rektora Politechniki Gdańskiej za osiągnięcia naukowe:
 - a) Nagroda Rektora Politechniki Gdańskiej naukowa dla młodego pracownika za osiągnięcia naukowe w 2016 roku.
 - b) Nagroda Rektora Politechniki Gdańskiej naukowa dla młodego pracownika za osiągnięcia naukowe w 2015 roku.
 - c) Indywidualna Nagroda Rektora Politechniki Gdańskiej III stopnia za szczególne osiągnięcia naukowe w 2014 roku.
3. Zdobywca mini-grantu Dziekana Wydziału Chemicznego dla młodych wybitnych pracowników nauki, realizowanych w ramach Działalności Statutowej, w roku 2015.
4. Laureat stypendium za osiągnięcia naukowe, finansowane ze środków projektu „Centrum Studiów Zaawansowanych - rozwój interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na Politechnice Gdańskiej w obszarach kluczowych w kontekście celów Strategii Europa 2020” (Projekt „Advanced PhD”). Okres finansowania: październik 2014 – wrzesień 2015
5. Laureat programu stypendialnego "InnoDoktorant – stypendia dla doktorantów, II edycja", realizowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS), budżetu państwa oraz budżetu Samorządu Województwa Pomorskiego, w 2009 roku

J. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

1. **Piszczyk Ł.**, *Elastyczne nanokompozytowe pianki poliuretanowe*, Modyfikacja Polimerów: Stan i perspektywy w roku 2013, Kudowa Zdrój 2013 .
2. Haponiuk J, **Piszczyk Ł.**, Danowska M., *Struktura i właściwości sztywnych pianek poliuretanowo-policlicerynowych*, XX Konferencja Naukowa Modyfikacja Polimerów, Wrocław 2011.
3. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Skrzypczak D., Strankowski M., Haponiuk J., *Rigid polyurethane foams modified with selected flame retardants*, 14th International Symposium of Students and Young Mechanical Engineers „Advances in chemical and mechanical engineering”, Gdansk 2011.
4. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Strankowski M., Haponiuk J.T., *Sztywne pianki poliuretanowe modyfikowane wybranymi nanonapełniaczami*, „Materiały Polimerowe Pomerania-Plast 2010”, Kołobrzeg 2010.
5. **Piszczyk Ł.**, Mehamed M., Strankowski M., Haponiuk J.T., *The influence of different flame retardants on thermal stability, mechanical and physical properties of rigid polyurethane foams blown with n-pentane*, 13th International symposium of students and young mechanical engineers "Advances in chemical and mechanical engineering" Gdańsk 2010.
6. **Piszczyk Ł.**, Stępień S., Strankowski M., Haponiuk J.T.; *Wpływ uniepalniaczy na właściwości mechaniczne sztywnych pianek poliuretanowych*, Modyfikacja Polimerów: stan i perspektywy w roku 2009, Wrocław 2009.

6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej habilitanta

A) Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych

1. NovaPUR Sp. z o.o spółka typu spin-off założona w ramach Działania 3.1 „Kapitał dla Innowacji” Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007 – 2013.

B) Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

1. Gosz K., Kosmela P., Olszewski A., Połczyńska D., Haponiuk J., **Piszczyk Ł.**, Flame - retardant rigid polyurethane foam from bio-polyols, 5th International Conference on Polymer Processing and Characterization Gdańsk University of Technology, 27-29.09.2017, Gdańsk, Poland.
2. Kosmela P., Gosz K., Haponiuk J., **Piszczyk Ł.**, Rigid polyurethane foam from bio-polyols obtained in the process liquefaction of macroalgae Enteromorpha biomass, 5th International Conference on Polymer Processing and Characterization Gdańsk University of Technology, 27-29.09.2017, Gdańsk, Poland.
3. **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Kosmela P., Elastyczne pianki poliuretanowe zawierające zredukowany tlenek grafenu, I Krajowa Konferencja „Grafen i inne materiały 2D”, 27-29 września, Szczecin 23-25.09.2015.
4. Miotke M., Strankowska J., Kwela J., **Piszczyk Ł.**, Strankowski M., Determination of swelling and release phenomena of bupivacaine hydrochloride in polyurethane nanocomposite hydrogels system, The VIII Workshop on Atomic and Molecular Physics, 14-18 September 2015, Jurata.
5. **Piszczyk Ł.**, Kosmela P., Strankowska J., Strankowski M., Preparation and properties of biopolyols, The VIII Workshop on Atomic and Molecular Physics, 14-18 September 2015, Jurata.
6. **Piszczyk Ł.**, Danowska M., Mielarek-Kropidłowska A., Strankowski M., Glass transition and thermal degradation of flexible polyurethane nanocomposite foams, 2nd Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry, 27-30.08.2013, Vilnius.

C). Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych

1. Członek komitetu naukowego międzynarodowej konferencji naukowej *5th International Conference on Polymer Processing and Characterization*, 27-29.09.2017, Gdańsk, organizowanej przez Politechnikę Gdańską.

D). Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione w pkt 5 – I

1. W roku 2017 otrzymałem indywidualną nagrodę Rektora Politechniki Gdańskiej III stopnia za wyróżniającą działalność dydaktyczną w 2016 roku. Działalność ta została również doceniana przez studentów Wydziału Chemicznego, gdzie w roku 2017 uzyskałem nagrodę dydaktyczną „Sowa” dla najlepszego nauczyciela roku akademickiego 2016/2017.
2. W roku 2015 podczas I Krajowej Konferencji „Grafen i Inne Materiały 2D” zająłem I miejsce w konkursie za najlepszą prezentację posterową, pt. Elastyczne pianki poliuretanowe zawierające zredukowany tlenek grafenu.
3. W 2013 roku, wraz z Zespołem Badawczym realizującym projekt „PUR-GRAF”, uzyskałem Złoty Medal Targów Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji TECHNICON INNOWACJE 2013, w Gdańsku za prezentowane podczas targów nanokompozyty poliuretanowe modyfikowane zredukowanym tlenkiem grafenu.
4. Wyróżnienie w Ogólnopolskim Konkursie „Student – Wynalazca” 2012

E). Udział w konsorcjach i sieciach badawczych

Od 2015 roku jestem członkiem Ponadregionalnego Centrum Naukowo-Przemysłowego Polintegra, którego celem jest utworzenie współpracy pomiędzy firmami z sektorów przemysłu, wykorzystujących polimery i biopolimery a instytucjami naukowymi i badawczymi.

F). Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami, innymi niż wymienione w pkt 5 – H

Brak

G). Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Brak

H). Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

Brak

I). Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki

Od 2012 roku prowadzę zajęcia laboratoryjne w ramach przedmiotów: Polimery, Technologia Syntezy Polimerów, Degradacja polimerów, Wstęp do technologii polimerów, Materiały polimerowe specjalnego przeznaczenia, Mieszaniny i kompozyty polimerowe, Struktura i właściwości materiałów polimerowych,

Materiały a postęp cywilizacji, Przetwórstwo tworzyw sztucznych i gumy oraz Inżynieria Polimerów dla kierunków:

- Inżynieria Materiałowa stopień I i II;
- Technologia Chemiczna stopień I i II;
- Chemia budowlana stopień II
- Konserwacja i Degradacja Materiałów stopień I.

Od 2014 roku jestem odpowiedzialny za przedmiot Technologie Syntez Polimerów, gdzie opracowałem nowe tematy ćwiczeń laboratoryjnych (30 h) oraz serie wykładów (15 h) w ramach tego przedmiotu.

Od 2015 roku prowadzę zajęcia na nowym kierunku Konserwacja i Degradacja Materiałów w ramach przedmiotu Polimery 1 i Polimery 2 gdzie od podstaw opracowałem zakres wykładów (60 h) oraz ćwiczeń laboratoryjnych (60 h).

Od 2016 roku jestem odpowiedzialny za przedmiot Degradacja Polimerów. W ramach tego przedmiotu opracowałem 15 h wykładu.

J). Opieka naukowa nad studentami

Od 2012 roku byłem opiekunem 25 prac magisterskich, 18 prac inżynierskich oraz recenzentem 22 prac magisterskich i 22 prac inżynierskich.

K). Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

Obecnie pełnię funkcję promotora pomocniczego dwóch prac doktorskich: mgr inż. Pauliny Kosmeli (planowany termin obrony: wrzesień-październik 2018) oraz mgr inż. Kamili Gosz (planowany termin obrony wrzesień-październik 2019). Byłem również promotorem pomocniczym pracy doktorskiej dra inż. Aleksandra Hejny, która została obroniona 31.05.2017 r.

L). Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

1. Uniwersytet w Northampton, Szkoła Nauki i Technologii, Wydział Inżynierii i Technologii; Wielka Brytania, 18-22.01.2016. Staż naukowy w ramach programu Erasmus Plus, Mobilność pracowników na szkolenia.
2. Instytut Przemysłu Skórzanego, Łódź, Polska. 30-dniowy staż naukowy w ramach prac badawczych podczas realizacji projektu PUR-GRAF finansowanego z Programu GRAF-TECH.

Staże przemysłowe:

1. Balex Metal Sp. z o.o., Bolszewo, 01-31.08.2016. Staż w ramach projektu badawczo-wdrożeniowego, pt: Poprawienie parametrów palności płyt warstwowych PUR i PIR.

M). Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

Brak

N). Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

Od 2016 roku pełnię funkcję eksperta w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w programie Inteligentny Rozwój.

O). Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych

Recenzent wniosków w ramach konkursu 3/1.1.1/2016 poddziałania 1.1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 oraz poddziałania 4.1.2 „Regionalne agendy naukowo-badawcze” POIR w 2017 r.

P). Recenzowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych

W okresie po uzyskaniu tytułu doktora nauk technicznych (2011) byłem recenzentem dwunastu manuskryptów zgłoszonych do renomowanych czasopism, tj: Construction & Building Materials - 1, Journal of Cleaner Production – 1, Advance in Polymer Technology - 1, Bioresources and Bioprocessing - 1, Cellulose - 2, Journal of Applied Polymer Science - 1, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects -1, Polymer Testing – 1, International Journal of Smart and Nano Materials - 1, Wood Science and Technology – 1, Polymer Bulletin 1.

Q). Inne osiągnięcia, nie wymienione w pkt 6A - 6P

Q 1) Współpraca z instytucjami lub organizacjami

1. W 2013 – 2016 współpracowałem z Instytutem Przemysłu Skórzanego w Łodzi w ramach realizacji wspólnego projektu PUR-GRAF.
2. Od 2015 roku współpracuję z Łotewskim Instytutem Chemii Drewna. Celem tej współpracy jest opracowanie i charakterystyka sztywnych pianek poliuretanowych.

Q 2). Działalność organizacyjna:

Od września 2013 roku pełnię funkcję Prezesa Zarządu spółki NovaPUR Sp. z o.o. Spółka spin-off powołana w celu komercjalizacji wyników badań naukowych, gdzie udziałowcami są naukowcy, Politechnika Gdańska oraz zewnętrzny inwestor. W ramach działalności spółki prowadzę prace w następujących obszarach tematycznych: ekologiczne materiały polimerowe w szczególności poliuretanowe; zmniejszenie palności tworzyw sztucznych; kompozyty i nanokompozyty polimerowe; badania nad nowymi rozwiązaniami surowcowymi oraz zagospodarowywanie odpadów polimerowych.

Od 2015 roku jestem członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Chemicznego PG, a od 2017 pełnię funkcję Przewodniczącego Komisji.

Opiekun naukowy kierunku studiów Inżynieria Materiałowa (2015 -2020, oraz 2016-2021).

Członek Rady Wydziału Chemicznego PG (od 2016).

Q 3).Popularyzacja nauki:

Od 2012 roku współpracuję jako konsultant z kołami studenckimi Politechniki Gdańskiej (Koło Chemików Politechniki Gdańskiej; program SimLE – „Simply Learn Experience” – program zrzeszający studentów Politechniki Gdańskiej przy budowie mobilnego symulatora lotów oraz koło naukowe przy Katedrze Technologii Polimerów).

Współorganizowałem i prowadziłem trzydniowe szkolenie (16-18.07.2013) z zakresu analizy termicznej (DMA, DSC) dla pracowników firmy GATES POLSKA Sp. z o.o. jak również byłem współorganizatorem, wraz z firmą TA Instruments, seminarium *DMA i reometria: badanie właściwości lepkosprężystych*, które odbyło się na Politechnice Gdańskiej w dniu 25.03.2015.

Prowadziłem również wykłady na zaproszenie Pomorskiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej (NOT) w Gdańsku - *Nowe Trendy w Inżynierii Materiałowej* oraz Gdańskiego Parku Naukowo – Technologicznego w ramach konferencji *Czy biznes wierzy nauce* realizowanej z projektu pt. *Od pomysłu do innowacji w przedsiębiorstwach zrzeszonych w Pomorskim Kłastrze ICT*.

7. Podsumowanie dorobku naukowego habilitanta

Zestawienie dorobku naukowego przed i po doktoracie przedstawiłem w Tabeli 7.

Dorobek naukowy opublikowany przeze mnie to łącznie 34 publikacje z bazy JCR oraz 11 publikacji w czasopiśmie branżowych. Publikacje te były cytowane **186** razy bez autocytowań, a ich łączny *impact factor*, **IF = 67,216** oraz punkty z **MNiSW=990**. Indeks *Hirsha*, **h = 9**. Największą ilość cytowań osiągnęły publikacje powiązane z przedstawionym osiągnięciem habilitacyjnym. Wyniki prowadzonych badań były przedmiotem 19 artykułów opublikowanych w materiałach pokonferencyjnych oraz 18 posterów. Uczestniczyłem w 5 projektach badawczo-wdrożeniowych. Od 2016 roku pełnię funkcję eksperta Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w programie Inteligentny Rozwój. Moja działalność naukowa w roku 2017 została wyróżniona przez MNiSW, gdzie otrzymałem stypendium dla młodych i wybitnych naukowców. Byłem również recenzentem 12 manuskryptów publikacji z bazy JCR. Od 2012 roku byłem promotorem i opiekunem 25 prac magisterskich i 18 inżynierskich oraz promotorem pomocniczym jednego doktoratu. Obecnie pełnię funkcję promotora pomocniczego dwóch doktoratów.

Tabela 7: Całościowe podsumowanie dorobku przed i po uzyskaniu stopnia doktora.

Lp.	Dorobek naukowy	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
1	Liczba publikacji z bazy JCR	2	32	34
2	Liczba publikacji w czasopismach spoza bazy JCR	3	9	11
3	Monografie i rozdziały	0	1	1
4	Patenty (Zgłoszenia patentowe)	0 (3)	3 (13)	3 (13)
5	Publikacje w materiałach konferencyjnych (plakaty)	8 (12)	11 (6)	19 (18)
6	Udział w projektach badawczych (w tym jako kierownik)	1	4	5
7	Recenzje manuskryptów na zlecenie redakcji czasopism	0	12	12
8	Cytowania w bazie Web of Science bez autocytowań	-	186	186
9	Wskaźnik Hirscha	-	9	9
10	Sumaryczny Impact Factor	0,821	66,395	67,216
11	Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW	30	960	990

Zuhor Piszczyk