

dr inż. Eulalia Magdalena Gliścińska

AUTOREFERAT

**Politechnika Łódzka
Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów
Katedra Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej**

Ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

1. Imię i nazwisko

Eulalia Gliścińska, do 2006 r. Klata

2. Posiadane dyplomy, stopnie i tytuły naukowe

Dyplom Kurs Pedagogiczny, Politechnika Łódzka – 1994 r.

Politechnika Łódzka

Tytuł magistra inżyniera włókiennika – 1994 r.

Politechnika Łódzka, Wydział Włókienniczy, Chemiczna Technologia Włókna, w zakresie Chemiczna Obróbka Włókna

Stopień doktora nauk technicznych – 2004 r.

Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii i Marketingu Tekstyliów

Tytuł rozprawy: „Projektowanie przędz hybrydowych w układzie włókna szklane/włókna poliamidowe 6 przeznaczonych do wytwarzania kompozytów”

Wyróżnienie za pracę doktorską – 2004 r.

przyznane przez Radę Wydziału Inżynierii i Marketingu Tekstyliów Politechniki Łódzkiej

3. Dotychczasowe zatrudnienie

Okres zatrudnienia	miejsce	stanowisko
1994-1997	Zakłady Przemysłu Bawełnianego „Poltex” w Łodzi	Mistrz zmianowy obowiązki: nadzór nad procesem technologicznym na Oddziale Farbiarni
		Kolorysta funkcje kierownika zmianowego na Wydziale Wykończalni; nadzór nad procesem drukowania filmowego i wałowego na Oddziale Drukarni; kreowanie i opracowywanie nowych pozycji kolorystycznych
1997 - obecnie	Politechnika Łódzka w Łodzi Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów (wcześniejsze nazwy to: Wydział Włókienniczy, Wydział Inżynierii i Marketingu Tekstyliów)	Asystent (1997-2004) Instytut Metrologii, Włóknin i Odzieżownictwa (późniejsza nazwa Katedra Metrologii Włókienniczej)
		Adiunkt (2004- obecnie) Katedra Metrologii Włókienniczej (obecnie Katedra Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej)
		Kierownik Laboratorium w Laboratorium LAB-TEX Politechniki Łódzkiej (23.01.2012r. – 09.07.2012r.)
		Kierownik ds. Jakości w Laboratorium LAB-TEX Politechniki Łódzkiej (09.07.2012r. – obecnie)

4. Wskazanie osiągnięcia

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego przedstawiam, zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2013 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.), cykl publikacji powiązanych tematycznie. Publikacje powstały na podstawie prac badawczych prowadzonych w obszarze nanotechnologii włókienniczej.

Tytuł osiągnięcia brzmi:

„Innowacyjne funkcjonalne submikro/nanowłókna i wyroby włókniste z ich udziałem”.

Osiągnięcie obejmujące 10 artykułów w czasopismach (w tym 9 z bazy JCR), 2 artykuły w materiałach konferencyjnych, 5 patentów i 1 zgłoszenie patentowe, dotyczy trzech niżej wymienionych zagadnień:

A. Badania procesu elektroprzędzenia włókien z roztworu polimeru metodą konwencjonalną z kapilary

B. Badania nad wytwarzaniem funkcjonalnych elektroprzędzonych submikro/nanowłókien i wyrobów włóknistych zawierających te włókna

C. Badania nad otrzymywaniem funkcjonalnych wyrobów włóknistych na bazie submikro/nanowłókien nie elektroprzędzonych.

Cykl publikacji powiązanych tematycznie i usystematyzowanych zgodnie z powyższymi zagadnieniami, obejmuje następujące pozycje:

- A-1.** Cengiz F., Krucińska I., **Gliścińska E.**, Chrzanowski M., Göktepe F. „Comparative analysis of various electrospinning methods of nanofibre formation”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 1(72)2009, 13-19. **[IF=0,581; MNiSW=20]**
Mój udział – 50 % - współudział w koncepcji tematu, prowadzeniu badań, opracowaniu wyników, przygotowaniu publikacji
- A-2.** Krucińska I., Komisarczyk A., Chrzanowski M., **Gliścińska E.**, Wrzosek H. „Electrostatic field in electrospinning with a multicapillary head – modelling and experiment”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 3(74)2009, 38-44. **[IF=0,581; MNiSW=20]**
Mój udział – 30 % - współudział w koncepcji tematu, wykonaniu badań, przygotowaniu publikacji
- A-3.** PL 217525 (2013) - „Układ do formowania włókien metodą elektroprzędzenia”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Chrzanowski M.
Mój udział - 30 %- współudział w koncepcji, opracowaniu założeń konstrukcyjnych i realizacji projektu
- A-4.** EP 2325355 (2012) - „System for electrospinning fibres”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Chrzanowski M.
Mój udział - 30 % - współudział w koncepcji, opracowaniu założeń konstrukcyjnych i realizacji projektu
- B-1.** Krucińska I., **Klata E.**, Chrzanowski M., „New textile materials for environmental protection”, *Intelligent textiles for personal protection and safety*, edited by Sundaresan

Jayaramen, Paul Kiekens, Ana Marija Grancaric, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Croatia, 7-8 September 2005, NATO Security through Science Series, D: Information and Communication Security – Vol. 3, ISBN 1-58603-599-1, IOS Press, 2006, 41-53.
Mój udział 50 % - współudział w wykonaniu części badań, przygotowaniu publikacji

B-2. Krucińska I., **Gliścińska E.**, Krzyżanowski J., Łysiak I., Gutarowska B., Brycki B. „Modifications of nonwoven filtering materials by bioactive nanofibres”, 11th World Filtration Congress & Exhibition, April 16-20, 2012, Graz, Austria. Abstract Book, 77. Nośnik elektroniczny, G23 Filter Media II, G23-01-034-Gliscinska-Uni-Lodz-Poland, 2012, 1-12.

Mój udział 50 % - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie artykułu i wystąpienia na konferencji

B-3. PL 215825 (2013) - „Sposób wytwarzania bioaktywnych nanowłókien metodą elektroprzędzenia”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Majchrzycka K., Brochocka A., Krzyżanowski J., Łysiak I., Brycki B., Gutarowska B.

Mój udział 12,5 % - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie patentu

B-4. **Gliścińska E.**, Gutarowska B., Brycki B., Krucińska I., „Electrospun polyacrylonitrile nanofibers modified by quaternary ammonium salts”, Journal of Applied Polymer Science, Article first published online: 17 JUL 2012 DOI: 10.1002/app.38210, Vol. 128, Issue 1, 2013, 767-775. [IF=1,640; MNiSW=25]

Mój udział 30 % - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji

B-5. PL 219078 (2014) - „Niecytotoksyczny materiał opatrunkowy na trudno gojące się rany oraz sposób wytwarzania tego materiału”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, **Babeł K.**

Mój udział 33,3 % - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie patentu

B-6. **Gliścińska E.**, **Babeł K.**, Krucińska I., Kowalczyk E. „Activated carbon/dibutyrylchitin (DBC) as fibrous antibacterial noncytotoxic wound dressing material” , Fibres and Textiles in Eastern Europe, Vol. 20, No. 2(91)2012, 84-90. [IF=0,801; MNiSW=25]

Mój udział 50 % - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji

B-7. **Klata E.**, **Babeł K.**, Krucińska I., „Preliminary investigation into carbon nanofibres for electrochemical capacitors”, Fibres and Textiles in Eastern Europe, Vol. 13, No. 1(49)2005, 32-34. [IF=0,397; MNiI=15]

Mój udział 50 % - współudział w koncepcji i przygotowaniu publikacji, wykonanie części badań

B-8. “Sposób wytwarzania aktywnych nanowłókien węglowych o zwiększonej powierzchni właściwej”, Twórcy: Krucińska I., **Babeł K.**, **Gliścińska E.** - Patent udzielony decyzją Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 17.06.2015r. (Zgłoszenie patentowe P. 391137 (2010)).

Mój udział 33,3 % - współudział w opracowaniu sposobu wytwarzania włókien, przeprowadzenie części badań, przygotowanie patentu

B-9. Gliścińska E., Babel K., "Preparation of activated carbon fibres from electrospun polyacrylonitrile fibre mat and characterisation of their chemical and structural properties", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 21, No. 3(99)2013, 42-47. [IF=0,541; MNiSW=30]

Mój udział 50% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji

B-10. Gliścińska E. "Solvent vapour-sensitive activated carbon submicrofibres based on electrospun polyacrylonitrile fibre mat", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, DOI: 10.5604/12303666.1152737, Vol. 23, No. 4(112)2015, 96-102. [IF=0,667; MNiSW=20]

Mój udział 100 % - koncepcja, wykonanie badań, przygotowanie publikacji

B-11. Gliścińska E., Olejnik D., Krucińska I., „Influence of the structure of nanofibre based composites on their strength properties”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 20, No. 3(92)2012, 26-29. [IF=0,801; MNiSW=25]

Mój udział 70 % - koncepcja, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji

C-1. Zgłoszenie patentowe P. 402976 (2013) - „Dźwiękochłonny kompozyt na osnowie termoplastycznej oraz sposób wytwarzania tego kompozytu”, Twórcy: Krucińska I., Gliścińska E., Michalak M., Ciechańska D., Bloda A., Kazimierczak J., Kopania E., Wietecha J.

Mój udział 23,3 % - współudział w opracowaniu kompozytu, opracowanie sposobu jego wytworzenia, wykonanie części badań, przygotowanie patentu

C-2. Gliścińska E., Michalak M., Krucińska I., Kazimierczak J., Bloda A., Ciechańska D., "Sound Absorbing Composites from Nonwoven and Cellulose Submicrofibres", *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7(2013) 942-948.

Mój udział 40% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań dotyczących kompozytów, przygotowanie publikacji

C-3. Krucińska I., Gliścińska E., Michalak M., Ciechańska D., Kazimierczak J., Bloda A., "Sound-absorbing green composites based on cellulose ultra-short/ultra-fine fibers", *Textile Research Journal*, DOI: 10.1177/0040517514553873, Vol. 85(6)2015, 646-657. [IF=1,332 za 2013/14; MNiSW=40 za 2014]

Mój udział 40 % - koncepcja publikacji, wykonanie części badań dotyczących kompozytów, przygotowanie publikacji

Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Od kiedy w 1986r. amerykański fizyk Kim Eric Drexler po raz pierwszy użył słowa nanotechnologia w swojej książce „Engines of Creation” czyli „Motory tworzenia”, znaczenie tego słowa, zarówno dla nauki, jak i dla przemysłu, staje się coraz większe. Twórcze działanie w zakresie nanotechnologii wymaga interdyscyplinarnego podejścia do zagadnienia, dlatego wskazana jest konsolidacja wiedzy i doświadczeń z zakresu wielu dziedzin. Zaobserwować można coraz więcej publikacji, prac naukowych, wynalazków powiązanych z nanotechnologią, ale również odnotowuje się coraz więcej dziedzin ludzkiej aktywności gdzie prym wiedzie właśnie nanotechnologia. Nie inaczej jest z włókiennictwem, dziedziną wykorzystującą również osiągnięcia nanonauki w celu opracowywania nowych produktów.

„Nano”, słowo pochodzenia greckiego oznaczające 10^{-9} , odnosi się do wymiarów mniejszych niż 100 nm, ale w przypadku nanowłókien często jest rozszerzane do wymiarów mniejszych niż 500 nm. Tak małe wymiary materii oznaczają uzyskanie zupełnie nowych właściwości, co jest niezmiernie ważne przy kreowaniu nowatorskich wyrobów. Zastosowanie skali nano czy nawet submikro daje możliwość kreowania wyrobów o funkcjach niespotykanych i wręcz niemożliwych do uzyskania w przypadku zastosowania skali makro.

W inżynierii włókienniczej nanotechnologia oznacza przede wszystkim opracowywanie włókien o tak małych wymiarach poprzecznych, ale również modyfikację włókien tak małymi cząstkami. Celem nadrzędnym jest osiągnięcie różnorodnej funkcjonalności wyrobów włókienniczych i innych wyrobów opartych na włóknach.

Przedstawiony przeze mnie cykl publikacji obrazuje mój wkład w rozwój nanotechnologii włókienniczej i potencjalne wykorzystanie jej zdobyczy w przemyśle.

W pracy, na podstawie której powstały publikacje, podjęłam się badań nad procesem elektroprzędzenia oraz opracowania sposobu wytwarzania innowacyjnych funkcjonalnych submikro/nanowłókien, a także wyrobów włóknistych zawierających innowacyjne funkcjonalne submikro/nanowłókna.

Submikro/nanowłókna, to włókna o odpowiednio mikro lub nanometrowych wymiarach przekroju poprzecznego, dużej powierzchni zewnętrznej i dużym stosunku powierzchni do masy w porównaniu do klasycznych włókien. Dzięki tak wyjątkowym cechom ich zastosowanie jest bardzo szerokie (filtry, membrany, opatrunki, materiały biomedyczne, odzież ochronna, katalizatory, kondensatory, kompozyty) i ciągle powstają nowe wyroby zawierające te unikatowe włókna.

Spośród różnych metod wytwarzania submikro/nanowłókien elektroprzędzenie wydaje się być najbardziej praktyczną metodą z punktu widzenia technologii włókienniczej i jest najczęściej stosowane. Jednak, submikro/nanowłókna otrzymać też można w wyniku obróbki chemicznej, mechanicznej, ultradźwiękowej, lub enzymatycznej surowców naturalnych, np. włókien naturalnych, słomy bądź łusek zbóż.

Elektroprzędzenie (ang. electrospinning) jest eksperymentalną metodą przedzenia włókien polimerowych za pomocą pola elektrostatycznego. Pole elektrostatyczne wytworzone pomiędzy kapilarą, z której wypływa polimer, a uziemionym elementem odbiorczym, powoduje naturalne przekształcanie się kropelek polimeru w długie, bardzo cienkie włókna.

Proces elektroprzędzenia z roztworu polimeru prowadzić można różnymi metodami, różniącymi się stosowaną aparaturą, możliwościami, ograniczeniami, przeznaczeniem, a przede wszystkim wydajnością. Najbardziej uniwersalną metodą elektroprzędzenia jest metoda konwencjonalna z kapilary. Jednak wydajność procesu w przypadku zastosowania tylko jednej kapilary jest niewielka i wynosi od 0,1 do 2 ml/h, podczas gdy dla metody z obracającego się wałka wydajność procesu wynosi 1800 mg/min (dla wałka o długości 1m i średnicy 50 mm), dla metody z porowatej tuby jest 250 razy większa i dla metody z

powierzchni roztworu 12 razy większa niż w przypadku metody konwencjonalnej z jednej kapilary. W podjętych przy moim współdziałaniu pracach badawczych przeprowadzona została analiza porównawcza różnych metod elektroprzędzenia. Dokonane i opublikowane po raz pierwszy porównanie wpływu parametrów technologicznych procesu elektroprzędzenia na przebieg procesu i na średnicę włókien dla trzech różnych metod elektroprzędzenia, tj. konwencjonalnej z kapilary, Jirsaka tzw. „z wałka” oraz Yarina & Zusmana tzw. „z otwartej powierzchni roztworu” jest bardzo użyteczne przy wyborze metody elektroprzędzenia i opracowywaniu warunków procesu wytwarzania włókien o określonej grubości.

A-1

Niewątpliwą zaletą zaś metody konwencjonalnej z kapilary w stosunku do innych metod, jest stabilność roztworu przędzalniczego i brak ograniczeń co do rodzaju stosowanego polimeru włóknotwórczego. Mając na względzie powyższe pozytywy, kolejne badania z zakresu elektroprzędzenia z roztworu polimeru miały na celu opracowanie warunków procesu, które umożliwiłyby przędzenie z szerokiej gamy polimerów z zadowalającą wydajnością i możliwością orientacji włókien w runie.

Prace badawcze, które prowadziłam w ramach projektu „Wytwarzanie nanowłóknistych biomateriałów z pochodnych chityny, przy zastosowaniu elektroprzędzenia” nr 3 T08E 082 27, ukierunkowane były na zamodelowanie pola elektrostatycznego w jednoosiowym układzie kapilar. Taka symulacja pola elektrostatycznego oddziałującego na przebieg procesu elektroprzędzenia z kapilar, była wytyczną przy zaprojektowaniu wielkolaboratoryjnego stanowiska do elektroprzędzenia z wielu kapilar umożliwiającego wytwarzanie szerokiego pokładu submikro/nanowłókien.

Spośród parametrów technologicznych wpływających na powstanie i charakter pola elektrostatycznego szczególne znaczenie mają:

- odległość pomiędzy końcówką kapilary a kolektorem,
- odległość pomiędzy kapilarami,
- wielkość napięcia doprowadzanego do układu.

Znane metody pomiaru pola elektrostatycznego wymagają wprowadzenia sondy w mierzone pole. Taka sonda zakłóca rozkład pola i może być stosowana w pomiarach pola, ale o znacznie większych rozmiarach. Dla tak małych rozmiarów pola, jak to powstające pomiędzy elektrodami znajdującymi się w odległości od kilku do kilkudziesięciu centymetrów, należało stosować metody obliczeniowe. Symulacja pola elektrostatycznego wykonana została za pomocą programu Maxwell SV firmy ANSOFT Corporation. Wynika z niej, że im bliżej końcówki kapilary tym większe jest natężenie pola i większy jego gradient. Jeśli zaś odległość pomiędzy końcem kapilary czyli elektrodą podającą a elektrodą odbierającą będzie zwiększana, może to powodować zmniejszenie natężenia pola, a nawet zanik pola przy elektrodzie odbierającej. W konsekwencji, wpływać to może na trudności w zainicjowaniu procesu elektroprzędzenia, jak również na zakłócenia podczas trwania procesu. Badania pokazały, że zbyt bliskie sąsiedztwo kapilar powoduje wzajemne ich ekranizowanie się. Większa odległość pomiędzy kapilarami, już rzędu 5cm, powoduje, że linie ekwigradientne pola układają się wokół wszystkich kapilar podobnie, zanika znaczne wychylenie linii przy kapilarach zewnętrznych. Wyniki tychże badań są użyteczne przy projektowaniu stanowiska do elektroprzędzenia z kapilar oraz przy doborze warunków technologicznych procesu elektroprzędzenia.

A-2

Wydajność procesu elektroprzędzenia metodą konwencjonalną z kapilary wiąże się ściśle z liczbą kapilar. Celem mojej dalszej pracy było opracowanie wytycznych technicznych co do budowy stanowiska, umożliwiającego zwiększenie wydajności procesu w stosunku do

dotychczas znanych. Określenie wytycznych pozwoliło na zaprojektowanie wielkolaboratoryjnego stanowiska. To nowe rozwiązanie konstrukcyjne wielopunktowej głowicy przędzącej z układem odbierającym powstający pokład włókien umożliwia prowadzenie procesu elektroprzędzenia z 32 kapilar o maksymalnej wydajności 64 ml/h (32 kapilary, z jednej kapilary od 0.1 do 2 ml/h).

Prace prowadziłam w ramach projektu „Materiały z aktywnych włókien i nanowłókien węglowych” nr R08 031 01.

Stanowisko będące na wyposażeniu Katedry Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej Politechniki Łódzkiej umożliwia:

- wytwarzanie submikro/nanowłókien w postaci pokładu o szerokości ok. 50 cm, o dużej orientacji włókien w runie (duży zakres regulacji prędkości przesuwu belki przędzącej i bębna odbierającego),

- odparowanie resztek rozpuszczalnika ze zestalających się włókien w tunelu suszącym,

- elektroprzędzenie z roztworu polimeru i stopu polimeru,

- stosowanie napięcia do 50 kV.

Opracowany układ do formowania włókien metodą elektroprzędzenia chroniony jest patentami polskim i europejskim, otrzymał uznanie zdobywając srebrny medal na Międzynarodowym Salonie Wynalazków i Technologii Innowacyjnych "Archimedes" w Moskwie w 2013r., dyplom na XXI Giełdzie Wynalazków w Warszawie w 2014r. oraz wyróżnienie zespołowe statuetką Łódzkie Eureka 2014 przyznane przez Radę ds. Szkolnictwa Wyższego i Nauki przy Prezydencie Miasta Łodzi za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nowoczesnego włókiennictwa.

A-3, A-4

Drugim nurtem mojej pracy były badania nad procesem wytwarzania techniką elektroprzędzenia innowacyjnych funkcjonalnych submikro/nanowłókien i wyrobów włóknistych zawierających te włókna.

Celem badań było opracowanie sposobu wytwarzania metodą elektroprzędzenia submikro/nanowłókien bioaktywnych, aktywnych węglowych oraz wzmacniających do kompozytów, a także opracowanie warunków ich aplikacji w funkcjonalnych wyrobach włóknistych.

Submikro/nanowłókna z racji swoich nanometrowych wymiarów poprzecznych mogą pełnić w materiale filtrującym funkcję np. sita mechanicznego, ale także dzięki nadanej im bioaktywności mogą dodatkowo działać statycznie lub biobójczo na zatrzymane w materiale mikroorganizmy chorobotwórcze. Taka funkcja włókien jest niezmiernie ważna dla człowieka z punktu widzenia jego bezpieczeństwa i komfortu użytkowania.

Celem podjętych prac było określenie możliwości wykorzystania submikro/nanowłókien w układzie filtracyjnym oraz opracowanie sposobu wytwarzania bioaktywnych submikro/nanowłókien. Prowadzone badania dotyczyły m.in. wyznaczenia zależności skuteczności filtracji materiału zawierającego warstwę submikro/nanowłókien od grubości tej warstwy i od średnicy submikro/nanowłókien. Jak wykazały badania, submikro/nanowłókna muszą być elektroprzędzone bezpośrednio na materiał, z którym mają tworzyć układ warstwowy. Warstwa submikro/nanowłókien musi być na tyle szczelna, żeby zatrzymać jak najmniejsze cząstki, z drugiej zaś strony na tyle cienka by nie powodowała przekroczenia dopuszczalnych wartości oporu przepływu dla układu. Określone zostały parametry technologiczne procesu elektroprzędzenia umożliwiające wytwarzanie bezpośrednio na określony substrat włókninowy submikro/nanowłókien poliakrylonitrylowych o określonej średnicy. Wyniki badań wskazały w jakim zakresie przy danej średnicy submikro/nanowłókien i danej grubości warstwy submikro/nanowłókien, można uzyskać zwiększenie skuteczności filtracji badanej dla substancji testowych. Na

podstawie dwóch polipropylenowych włóknin bazowych spunbond i meltblown, różniących się strukturą i masą powierzchniową, określony został wpływ rodzaju substratu na przebieg procesu elektroprzędzenia i grubość submikro/nanowłókien. Dla standardowej włókniny PP meltblown stosowanej jako jedna z warstw materiału filtracyjnego do ochrony dróg oddechowych człowieka i naniesionej na nią bezpośrednio warstwy submikro/nanowłókien, badany był wpływ średnicy submikro/nanowłókien i masy powierzchniowej warstwy submikro/nanowłókien na parametry filtracyjne całego układu. Wyznaczony został przedział optymalnej masy powierzchniowej warstwy submikro/nanowłókien o średnicy ok. 380 nm, przy której następuje największy wzrost skuteczności filtracji przy równoczesnym zachowaniu oporów przepływu na dopuszczalnym poziomie. Wyniki badań są pomocne przy doborze grubości warstwy submikro/nanowłókien w układzie filtracyjnym w zależności od ich średnicy. Ponadto, opracowane rozwiązania technologiczne przyczyniły się do rozwoju nowej generacji materiałów filtracyjnych do ochrony dróg oddechowych człowieka z udziałem submikro/nanowłókien i modyfikatorów, gdzie nanowłókna działają nie tylko na zasadzie „sita mechanicznego”, ale również biobójczo na zatrzymane mikroorganizmy.

Prace, które prowadziłam w Projekcie „Nowa generacja materiałów filtracyjnych z udziałem nanowłókien i modyfikatorów” (Bioochrony) nr WKP_1/1.4.4/1/2005/11/11/576/2006 dotyczyły m.in. opracowania sposobu wytwarzania nanowłókien z roztworu przedziałniczego zawierającego związki biologicznie aktywne. Takie rozwiązanie wiąże się z doбором odpowiedniej substancji i opracowaniem sposobu połączenia jej z roztworem polimerowym. Ważny jest również dobór optymalnego stężenia substancji w płynie przedziałniczym. Z jednej strony nie może ono zbytnio pogarszać przędlwości płynu, z drugiej zaś powinno zapewnić aktywność biologiczną formowanych włókien na zadowalającym poziomie. Problemem, jaki może pojawić się na etapie sporządzania roztworu, jest sedymentacja dodanej substancji, agregacja jej cząstek, a także w późniejszym etapie, niestabilność roztworu czasowa lub wynikająca z oddziaływania czynników zewnętrznych. Odrębną kwestią jest dobór warunków procesu elektroprzędzenia zależnie od wybranej metody, parametrów płynu przedziałniczego, oczekiwanych parametrów formowanych włókien.

Jako czynnik modyfikujący nanowłókna w kierunku nadania im właściwości antymikrobiologicznych najczęściej wymieniane są w literaturze przedmiotu nanocząstki metali szlachetnych jak np. miedź, cynk, tytan, magnez, złoto, a zwłaszcza nietoksyczne nanocząstki bądź jony srebra. Wynikiem podjętych prac było opracowanie sposobu wytwarzania bioaktywnych nanowłókien z roztworu polimeru. W badaniach stosowałam trzy różne środki antybakteryjne, tj. azotan srebra, preparat NPS 100 – (preparat bakteriobójczy i grzybobójczy w postaci roztworu wodnego, o stężeniu 2000 mg/l nanocząstek srebra, firmy NANOPAC z Korei i preparat Microbiocide N750 na bazie czwartorzędowych soli amoniowych. Badania wykazały, że dobre rezultaty uzyskać można w przypadku azotanu srebra, już 0,5 %-owa zawartość tego biocydu w warstwie nanowłókien wykazuje zadawalające właściwości biostatyczne w stosunku do bakterii Escherichia coli. Bardzo dobre rezultaty zaś można otrzymać stosując preparat Microbiocide N750. Preparat organiczny o nazwie Microbiocide N750, na bazie czwartorzędowych soli amoniowych (QAS), to jednorodna ciecz, firmy INTER-IODEX Sp. z o.o. Tarnowo Podgórze, o składzie:

- chlorek N, N, n, n, -didecylo-N, N-dimetyloamoniowy zawartość > 25%
- Bis-(3-aminopropyl)-dodecyloamina zawartość < 5%
- 2-propanol zawartość < 20%.

Środek ten o szerokim spektrum aktywności biobójczej i wysokiej skuteczności, charakteryzuje się bardzo niskim MBC, parametrem określającym minimalne stężenie bakteriobójcze, przy którym ginie 99,9% drobnoustrojów. Mikrobiocydy na bazie czwartorzędowych soli amoniowych są rekomendowane jako środki hamujące wzrost

mikroorganizmów w materiałach włókienniczych. W przeciwieństwie do procesu wytwarzania nanowłókiennych modyfikowanych srebrem, gdzie wymagane jest otrzymanie srebra w postaci nanocząstek lub jonowej, równomiernie rozproszonych w płynie przewodzącym, proces wytwarzania nanowłókiennych z QAS jest krótszy i mniej skomplikowany. Ponadto, czwartorzędowe sole amoniowe nie stwarzają zagrożenia dla człowieka ani środowiska, jak to jest w przypadku cytotoksycznego srebra, które może powodować niepożądane efekty w kontakcie ze skórą, jest trudne do usunięcia ze środowiska, nie jest biodegradowalne i jego użycie coraz częściej uważane jest za szkodliwe dla środowiska. Roztwór polimeru, zawierający Microbiocide N750, charakteryzuje się jednorodną konsystencją niezmienną w czasie. Zaproponowany roztwór PAN/DMSO nie stwarza niebezpieczeństwa dla zdrowia człowieka ani środowiska, a także nie pogarsza przebiegu procesu elektroprzędzenia. Z roztworu tego formuje się bezproblemowo nanowłókna metodą elektroprzędzenia. Bioaktywne nanowłókna poliakrylonitrylowe zastosowane jako jedna z warstw materiału filtracyjnego, mogą stanowić nie tylko sito mechaniczne czyli skuteczny filtr dla substancji toksycznych i patogennych drobnoustrojów w postaci aerozoli, ale równocześnie działać bakteriostatycznie i bakterioobójczo. Badania pokazały, że po 6 h inkubacji z bakteriami *Escherichia coli* (ATCC 10536) i *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) aktywność przeciwdrobnoustrojowa nanowłókiennych zawierających 5% wagowych preparatu Microbiocide N750 (tj. ok. 1.5 wt.% aktywnej substancji) wyrażana jako efekt biobójczy wobec *Escherichia coli* była na poziomie 99,84%, a wobec *Staphylococcus aureus* na poziomie 99,99%. Sposób wytwarzania nanowłókiennych bioaktywnych techniką elektroprzędzenia z roztworu zawierającego środek antybakteryjny jest chroniony polskim patentem. Opracowane rozwiązania technologiczne przyczyniły się do rozwoju nowej generacji materiałów filtracyjnych z udziałem nanowłókiennych i modyfikatorów, gdzie nanowłókna działają nie tylko na zasadzie „sita mechanicznego”, ale również biobójczo na zatrzymane mikroorganizmy. Bioaktywny filtrujący sprzęt układu oddechowego, w postaci półmasek filtracyjnych i filtrów kompletowanych z półmaskami, którego jedną z warstw stanowią bioaktywne submikro/nanowłókna może być przeznaczony do oczyszczania powietrza z mikroorganizmów chorobotwórczych oraz ochrony układu oddechowego przed czynnikami biologicznymi. Sprzęt taki może mieć zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, w rolnictwie, służbie zdrowia.

B-1, B-2, B-3, B-4

Submikro/nanowłókna dzięki nadanej bioaktywności mogą działać bakterio- i grzybobójczo i w połączeniu z warstwą aktywnej włókniny węglowej mogą stanowić materiał włóknisty przeznaczony na opatrunki na rany trudno gojące się, z wysiękiem. Celem badań, które prowadziłam w Projekcie „Materiały z aktywnych włókien i nanowłókiennych węglowych” nr R08 031 01 było opracowanie sposobu wytwarzania węglowego materiału opatrunkowego z warstwą bioaktywnych submikro/nanowłókiennych dibutyrylochitynowych elektroprzędzonych z roztworu przewodzącego DBC/etanol zawierającego związek biologicznie aktywny Microbiocide N750.

Opracowany materiał opatrunkowy charakteryzuje się:

- dobrym efektem działania bakterioobójczego wobec bakterii gram dodatnich *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 i gram ujemnych *Escherichia coli* ATCC 8739 oraz dobrym efektem działania grzybobójczego wobec drożdży *Candida albicans* ATCC 10231 i grzybów strzępkowych *Trichophyton mentagrophytes*,
- brakiem działania cytotoksycznego,
- brakiem działania drażniącego skórę i oczy,
- brakiem ostrej toksyczności dożołądkowej,

- brakiem wpływu na wartość immunoglobuliny E i stężenia fibrynogenu, co oznacza, że materiał nie wywołuje reakcji alergicznej,

- małym, w stosunku do komercyjnego materiału opatrunkowego „Actisorbu”, działaniem wywołującym zmiany histopatologiczne skóry.

Wysoko absorpcyjne aktywne włókna węglowe zapewniają właściwości chłonne substancji lotnych, przykrych zapachów, natomiast warstwa nanowłókien z biodegradowalnej dibutyrylochityny ma wykazywać działanie podobne do chityny, tj. zapewniać w ranie wilgotne środowisko i stymulację regeneracji uszkodzonych tkanek a także z racji dodatku substancji bioaktywnej, ma działać antybakteryjnie i antygrzybiczo.

Opracowany materiał opatrunkowy posiada pojemność sorpcyjną wody większą o 56% od materiału wzorcowego, którym jest element chłonny opatrunku komercyjnego z włóknistego węgla aktywnego o nazwie Actisorb. Stosunkowo wysoka wartość pojemności sorpcyjnej, sięgająca 6,63 g/g, w połączeniu z właściwościami biomedycznymi wskazuje, że materiał ten może być zastosowany w produkcji materiałów opatrunkowych.

Sposób wytwarzania tego materiału jest chroniony polskim patentem i zdobył uznanie na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków, Innowacyjności i Technologii ITEX 2013 w Kuala Lumpur w Malezji – złoty medal, oraz na XXI Gieldzie Wynalazków w Warszawie w 2014r.

B-5, B-6

Kolejne moje osiągnięcia naukowe dotyczą wytwarzania aktywnych submikro/nanowłókien węglowych i możliwości ich zastosowania. Celem podjętych badań było opracowanie procesu otrzymywania aktywnych submikro/nanowłókien węglowych z elektroprzędzonych submikro/nanowłókien poliakrylonitrylowych, które charakteryzowałyby się lepszymi parametrami sorpcyjnymi niż dotychczas cytowane w literaturze. Ponadto, celem badań było określenie możliwości ich potencjalnego zastosowania. Węgiel aktywny jest uniwersalnym sorbentem, pochłaniającym około 90% ogólnej ilości związków organicznych, a im jego struktura porowata jest bardziej rozwinięta, tym lepsze są jego właściwości sorpcyjne. Szczególną formą aktywnego materiału węglowego są włókna, a zwłaszcza te najcieńsze zapewniające niezwykle dużą powierzchnię właściwą i wysoką porowatość. Od właściwości prekursora i warunków technologicznych kolejnych etapów jego przetwarzania zależy ostateczna struktura aktywnego materiału węglowego. W celu uzyskania aktywnych submikro/nanowłókien węglowych koniecznym jest zastosowanie prekursora właśnie w postaci submikro/nanowłókien. W prowadzonych pracach zostały opracowane parametry technologiczne procesu elektroprzędzenia prekursorowych włókien poliakrylonitrylowe o określonych właściwościach oraz parametry technologiczne ich dalszej obróbki.

Badania w ramach prac własnych, statutowych i w Projekcie „Materiały z aktywnych włókien i nanowłókien węglowych” nr R08 031 01 obejmowały opracowanie sposobu wytwarzania prekursorowych submikro/nanowłókien poliakrylonitrylowych, procesu termicznej stabilizacji włókien prekursorowych, ich wstępnego utleniania w strumieniu powietrza w podwyższonej temperaturze oraz procesu właściwej pirolizy a następnie procesu chemicznej aktywacji. Stabilizacja prowadzona była poprzez ogrzewanie do temperatury 200°C z szybkością 5°C/min i termostatowanie w czasie 6h, a następnie prowadzono utlenianie w drodze podgrzania do temperatury 220°C i termostatowania przez kolejne 6h. Proces pirolizy przebiegał w reaktorze komorowym, następowało tam przepłukiwanie prekursora dwutlenkiem węgla przez 20 min z wydajnością 220 l/h, a następnie ogrzewanie z szybkością 3°C/min do temperatury 600°C i wygrzewanie w ciągu 1h. Proces aktywacji prowadzono metodą chemiczną przy użyciu 20 %-go roztworu wodnego wodorotlenku potasu. Opracowane aktywne submikro/nanowłókna węglowe charakteryzowały się:

- bardzo dużą adsorpcją azotu- ponad 900 cm³/g,

- powierzchnią właściwą porów równą $2627 \text{ m}^2/\text{g}$ (największa wartość cytowana w literaturze to $2200 \text{ m}^2/\text{g}$),
- całkowitą objętością porów większą o 499,6 %, i powierzchnią właściwą o 392,07 % od wartości wyznaczonych dla aktywnej włókniny węglowej wytworzonej z wiskozowej włókniny spunlace,
- czasem przebiecia wyznaczonym dla cykloheksanu jako gazu testowego niezmiernie krótkim, tj. około 8 s, co świadczy o dużej czułości sorpcyjnej materiału.

Aktywne włókna węglowe charakteryzują się dobrze rozwiniętą strukturą porowatą i bardzo dobrze rozwiniętą powierzchnią wewnętrzną. Węgiel włóknisty ponadto charakteryzuje się częściowo uporządkowaną strukturą pozwalającą na dobre przewodnictwo elektronów wzdłuż włókien, i częściowo stabilną strukturą przestrzenną zapewniającą dobry kontakt pomiędzy włóknami. Taki materiał, a zwłaszcza z aktywnych submikro/nanowłókien węglowych o powyższej charakterystyce, może być zatem użyty do wytwarzania kondensatorów elektrochemicznych. Wydajność takich kondensatorów zależy będzie od właściwości użytego prekursora oraz mikrostruktury i krystaliczności aktywnego materiału węglowego.

Aktywne submikrowłókna węglowe otrzymane z poliakrylonitrylowych submikrowłókien o średnicy około 900 nm, charakteryzujące się bardziej rozwiniętą strukturą porowatą niż standardowe włókna, badane były jako potencjalny materiał sensoryczny. Wykorzystując ich zdolność przewodzenia elektrycznego, monitorowane były zmiany oporu elektrycznego w funkcji zmian zachodzących pod wpływem działania oparów. Badania prowadzone dla oparów metanolu, acetonu, benzenu i toluenu o stężeniu 200 ppm potwierdziły zarówno dla samej warstwy submikrowłókien, jak i układu gdzie środkową warstwę stanowią submikrowłókna węglowe, zaś zewnętrzne warstwy polipropylenowa włóknina meltblown, wysoką czułość na opary. Zaobserwowano, że w stosunku do oparów polarnych rozpuszczalników czułość jest większa. Czas reakcji dla oparów wszystkich badanych rozpuszczalników jest bardzo krótki, mniejszy niż 20 s. Takie cechy włókien wskazują na możliwość ich zastosowania jako szybko reagujących czujników oparów niebezpiecznych substancji chemicznych, np. w półmaskach. Dotychczas nie były znane podobne prace badawcze, które by potwierdzały takie właściwości aktywnych nanowłókien lub submikrowłókien węglowych. Wykorzystanie aktywnych submikrowłókien węglowych jako sensorów szybko reagujących na opary, a przy tym selektywnie na opary rozpuszczalników polarnych i niepolarnych, to znakomite rozwiązanie nowatorskie zarówno w indywidualnej ochronie człowieka, jak i wykrywaniu niektórych chorób objawiających się wydzielaniem przez chorego takich oparów.

Sposób wytwarzania aktywnych nanowłókien węglowych jest chroniony polskim patentem i został uznany na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków, Innowacyjności i Technologii ITEX 2013 w Kuala Lumpur w Malezji – złoty medal, oraz na XXI Giełdzie Wynalazków w Warszawie w 2014r.

B-7, B-8, B-9, B-10

Submikro/nanowłókna wytwarzane techniką elektroprzędzenia mogą również pełnić funkcję wzmacniającą w kompozycie. Takie wykorzystanie submikro/nanowłókien poddyktowane może być założonymi właściwościami kompozytu nie osiągalnymi w przypadku zastosowania włókien standardowych. Równocześnie konieczne jest opracowanie parametrów technologicznych procesu elektroprzędzenia by uzyskać włókna o określonej charakterystyce i opracowanie najkorzystniejszej struktury układu wzmocnienie/materiał osnowowy przed sprasowaniem, tj. pozwalającej w największym stopniu wykorzystać właściwości wzmacniające włókien. Celem podjętych prac w ramach badań własnych dotyczących aplikacji elektroprzędzonych submikro/nanowłókien w wyrobach włóknistych

było opracowanie warunków wytwarzania włókien poliamidowych PA6.6 z 10%-go roztworu PA6.6/kwas mrówkowy i ich wykorzystania jako wzmocnienia we włóknistych kompozytach na osnowie termoplastycznej.

Wyniki badań wykazały, że odbiór włókien musi odbywać się bezpośrednio na materiał przeznaczony na osnowę kompozytu i dla danego rodzaju materiału powinny być opracowane warunki technologiczne procesu elektroprzędzenia. Najkorzystniejszą strukturą układu warstw wzmocnienie/materiał osnowowy jest ta struktura, która zapewnia po sprasowaniu najbardziej równomierne rozłożenie submikro/nanowłókien w przestrzeni kompozytu, przy czym warstwy submikro/nanowłókien nie mogą być warstwami zewnętrznymi. Cieńsze warstwy oznaczają bardziej równomierne rozłożenie submikro/nanowłókien co sprzyja dokładniejszemu ich zwilżaniu przez osnowę. Już 2 %-wy udział nanowłókien PA 6.6 w układzie z włókniną igłowaną polipropylenową pozwala uzyskać około 59 %-wy wzrost maksymalnego naprężenia przy zerwaniu otrzymanego kompozytu. Wyniki średnich wartości naprężenia maksymalnego i modułu Younga wyraźnie wykazują znaczny wpływ struktury kompozytu termoplastycznego na jego właściwości wytrzymałościowe. Kompozyt otrzymany ze struktury zawierającej dwie cieńsze warstwy nanowłókien równomiernie rozmieszczone pomiędzy warstwami włókniny osnowowej, wykazuje większe naprężenie zrywające niż kompozyt na bazie jednej grubszej warstwy nanowłókien. Rezultat taki wskazuje, że użycie większej liczby warstw nanowłókien przedzielonych warstwami włókniny osnowowej, daje bardziej równomierny rozkład nanowłókien w objętości kompozytu, a więc sprzyja dokładniejszemu ich zwilżaniu przez osnowę. Wyniki badań określają sposób otrzymywania układu włóknistego zawierającego warstwy elektroprzędzonych submikro/nanowłókien i są pomocne przy opracowywaniu kompozytów na bazie takich włókien i sposobu ich wytwarzania.

B-11

Trzecim zagadnieniem, nad którym pracowałam, było otrzymywanie funkcjonalnych wyrobów włóknistych na bazie submikro/nanowłókien nie elektroprzędzonych, a dokładniej włókien nie tylko niezwykle cienkich, ale i niezwykle krótkich. Ultra krótkie submikro/nanowłókna mogą być otrzymywane w wyniku obróbki enzymatycznej surowca naturalnego celulozowego, co ma istotne znaczenie dla biomateriałów. Taka postać włókna zapewnia większą powierzchnię właściwą przy czym stwarza inne problemy aplikacyjne, niż w przypadku włókien ciągłych elektroprzędzonych. Postać pyłu wymaga bezpośredniego przesiewania włókien na wybrane podłoże. Zastosowanie ultra krótkich submikro/nanowłókien oznacza większą powierzchnię niż w przypadku dłuższych a zwłaszcza standardowych włókien. Taka postać włókien jest niezwykle korzystna z punktu widzenia absorpcji dźwięku. Absorpcja dźwięku zachodzi kiedy padający na materiał dźwięk nie jest odbijany. Energia fali dźwiękowej rozchodzącej się w materiale obniża się, zaś energia wewnętrzna materiału wzrasta. Fala dźwiękowa powoduje wibrację włókien w materiale i w wyniku zachodzącego tarcia powstała energia zamienia się w ciepło. Większa powierzchnia włókien sprzyja większej utracie energii fali dźwiękowej.

Celem badań prowadzonych w ramach Projektu "BIOMASA" „Zastosowanie biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku” nr POIG.01.01.02-10-123/09 było opracowanie termoplastycznych kompozytów dźwiękochłonnych i sposobu ich wytwarzania z udziałem ultra krótkich submikro/nanowłókien otrzymywanych w wyniku obróbki enzymatycznej włókien lnianych i różnego rodzaju słomy. Wykorzystanie materiałów pozyskiwanych z odnawialnych źródeł jakimi są rośliny do wytwarzania przyjaznych środowisku kompozytów jest niezwykle ważne z punktu widzenia gospodarki i ochrony środowiska.

Przetwarzanie biomasy na submikro/nanowłókna znakomicie wpisuje się w obecne trendy otrzymywania nanostruktur celulozy metodą *top-down*. W zależności od wymiarów otrzymywanych struktur celuloza jest odpowiednio nazywana, np. celuloza mikrokrystaliczna, nanokrystaliczna, o postaci z ang. nanowhiskers, i może mieć różne zastosowanie. Niewątpliwym sukcesem prowadzonych badań, na tle doniesień literaturowych, jest wprowadzenie otrzymanych z różnego rodzaju biomasy submikro/nanowłókien celulozowych do struktury kompozytów funkcjonalnych w celu zwiększenia ich dźwiękochłonności.

Badania dotyczyły nie tylko opracowania sposobu wytwarzania kompozytów, ale również określenia wymagań odnośnie właściwości submikro/nanowłókien, optymalnych z punktu widzenia absorpcji dźwięku. Dokonane zostało porównanie co do surowca, stosowanej obróbki enzymatycznej, ewentualnej modyfikacji silanowej w odniesieniu do absorpcji dźwięku przez kompozyt, jak również jego wytrzymałości.

Obróbka silanowa nie wpływa znacząco na zmianę wymiarów włókien, sposób jej wykonania i pochodzenie włókien nie wykazują wpływu na absorpcję dźwięku kompozytów. Zastosowanie włókien pokrytych preparacją silanową jest korzystne z punktu widzenia właściwości mechanicznych. Wytrzymałość na rozciąganie kompozytów zawierających włókna pokryte preparacją silanową jest około dwukrotnie większa niż kompozytów z włóknami nie poddanymi obróbce.

Opracowane w pracy kompozyty otrzymywano z układu warstw włókniny igłowanej wytworzonej z mieszanki włókien na osnowę i włókien wzmacniających standardowych oraz warstw ultra krótkich/ultra cienkich włókien naprzemiennie ułożonych. Badania wykazały, że struktura kompozytu wytwarzanego poprzez sprasowanie włóknistego układu warstwowego, jest najkorzystniejsza z punktu widzenia jego dźwiękochłonności, kiedy jako wzmocnienie są stosowane włókna standardowe i ultra krótkie/ultra cienkie włókna.

Dodatek ultra krótkich/ultra cienkich włókien w ilości stanowiącej 10-20% wagowych układu daje największy efekt zwiększenia dźwiękochłonności kompozytu w całym badanym zakresie częstotliwości dźwięku, tj. do 6400 Hz. Zależność współczynnika absorpcji dźwięku od częstotliwości dźwięku dla kompozytów otrzymanych na bazie włókien standardowych w ilości 10-50% wagowych i submikrowłókien ma podobny charakter. Szybki wzrost współczynnika absorpcji do wartości ok. 0,8 obserwuje się w zakresie od 500-4000 Hz, po czym następuje dalszy ale wolniejszy wzrost. Jeśli jednak jako ultra krótkie/ultra cienkie włókna użyte zostaną submikro/nanowłókna, otrzymane w wyniku dodatkowej obróbki mechanicznej włókien mającej na celu ich dalsze rozdrobnienie, wtedy zależność ta może przyjąć inny charakter. Dla kompozytu zawierającego ok. 50% włókien standardowych i 20% submikro/nanowłókien współczynnik absorpcji dźwięku osiąga wysoką wartość 0,75-0,80 już przy niższych częstotliwościach, tj. od 2500 Hz i utrzymuje się na tak wysokim poziomie przy wyższych częstotliwościach.

Badania wykazały, że najlepszy efekt dźwiękochłonności kompozytu, tj. wysoki współczynnik absorpcji dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości, można uzyskać stosując obok standardowych włókien wzmacniających włókna ultra krótkie/ultra cienkie o jak najmniejszych wymiarach, gdyż im większa powierzchnia włókien, tym większe oddziaływanie fali dźwiękowej z włóknami, a więc większe jej tłumienie.

Opracowane kompozyty na bazie włókniny zawierającej włókna wzmacniające i włókna na osnowę oraz submikro/nanowłókien celulozowych wykazują wzrost absorpcji dźwięku w stosunku do kompozytu z włókniny bez dodatku submikro/nanowłókien, szczególnie dla średnich i dużych częstotliwości. Kompozyty są:

- cienkie (grubość kilka mm),
- lekkie (gęstość $\sim 150 \div \sim 340 \text{ kg/m}^3$),
- sztywne,
- zmywalne,

- o wysokiej tłumienności dźwięków średniej i wysokiej częstotliwości,
- mogą być wytwarzane z włókien odpadowych co powoduje zmniejszenie kosztów,
- mogą być przeznaczone do eliminowania dźwięków pochodzących z różnych źródeł, np. znajdujących się w urządzeniach, samochodach i innych środkach transportu, a także do tłumienia dźwięków w pomieszczeniach.

Wyniki badań poszerzają wiedzę z zakresu włókienniczych materiałów dźwiękochłonnych oraz kompozytów dźwiękochłonnych wytwarzanych na bazie materiałów włókienniczych i ultra krótkich submikro/nanowłókien.

Opracowany sposób wytwarzania kompozytów dźwiękochłonnych z udziałem ultra krótkich submikro/nanowłókien chroniony jest zgłoszeniem patentowym polskim, otrzymał uznanie zdobywając złoty medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków, Innowacyjności i Technologii ITEX 2013 w Kuala Lumpur w Malezji oraz dyplom na XXI Giełdzie Wynalazków w Warszawie w 2014r., oraz wyróżnienie zespołowe statuetką Łódzkie Eureka 2014 przyznane przez Radę ds. Szkolnictwa Wyższego i Nauki przy Prezydencie Miasta Łodzi za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nowoczesnego włókiennictwa.

C-1, C-2, C-3

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze dotyczą przede wszystkim trzech niżej wymienionych tematów:

- 1 - Zlokalizowane badania termiczne osnowy w projektowaniu kompozytów
 - 2 - Węglowe materiały opatrunkowe,
 - 3 - Włókniste materiały dźwiękochłonne
- oraz
- 4 – innych

i są przedstawione w następujących publikacjach:

- 1-1. **Klata E.**, Krucińska I., Więcek B., „Investigation of thermal conduction in GF/PA6 composites with a thermovision camera” *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 13, No. 2(50)2005, 56-60. [IF=0,397; MNiI=15]
Mój udział 70% - koncepcja, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji
- 1-2. Krucińska I., **Gliścińska E.**, Mäder E., Häßler R., „Evaluation of the influence of glass fibre distribution in polyamide matrix during the consolidation process on the mechanical properties of GF/PA6 composites”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 1(72)2009, 81-86. [IF=0,581; MNiSW=20]
Mój udział – 50% - współudział w koncepcji tematu, wykonaniu badań, przygotowaniu publikacji
- 2-1. PL 219083 (2014) - „Węglowy materiał opatrunkowy na trudno gojące się rany oraz sposób wytwarzania tego materiału”, Twórcy: Krucińska I., Babeł K., **Gliścińska E.**
Mój udział 33,3% - współudział w koncepcji, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie patentu
- 3-1. **Gliścińska E.**, Michalak M., Krucińska I., “Sound absorption property of nonwoven based composites”, *AUTEX Research Journal*, DOI: 10.2478/v10304-012-0036-2©AUTEX, Vol. 13, No 4, 2013, 150-155. [IF=0,618; MNiSW=20]
Mój udział – 60 % - współudział w koncepcji tematu, prowadzeniu badań, opracowaniu wyników, przygotowaniu publikacji
- 3-2. **Gliścińska E.**, Michalak M., Krucińska I. “Wpływ asymetrii powierzchniowej na dźwiękochłonność kompozytów termoplastycznych”, „The influence of surface asymmetry of thermoplastic composites on their sound absorption”, *Composites Theory and Practice*, Rocznik 14, Nr 3, 2014, 150-154. [MNiSW=8]
Mój udział 70 % - koncepcja, kierowanie merytoryczne, wykonanie części badań, przygotowanie publikacji
- 3-3. Zgłoszenie patentowe P. 402974 (2013) - „Dźwiękochłonny kompozyt na osnowie termoplastycznej oraz sposób wytwarzania tego kompozytu”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Michalak M.
Mój udział 35% - współudział w opracowaniu kompozytu, opracowanie sposobu jego wytworzenia, wykonanie części badań, przygotowanie patentu

- 3-4. Zgłoszenie patentowe P. 402975 (2013) - „Dźwiękochłonny kompozyt na osnowie termoplastycznej oraz sposób wytwarzania tego kompozytu”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Michalak M.
Mój udział 35% - współudział w opracowaniu kompozytu, opracowanie sposobu jego wytworzenia, wykonanie części badań, przygotowanie patentu
- 3-5. Zgłoszenie patentowe P. 409183 (2014) - „Dźwiękochłonny kompozyt na osnowie termoplastycznej oraz sposób wytwarzania tego kompozytu”, Twórcy: Krucińska I., **Gliścińska E.**, Michalak M.
Mój udział 35% - współudział w opracowaniu kompozytu, opracowanie sposobu jego wytworzenia, wykonanie części badań, przygotowanie patentu
- 3-6. Grancarić A.M., Krucińska I., **Gliścińska E.**, Tarbuk A., Michalak M., Ramkumar S.S., “Nonwoven composite for sound absorption” - Autex 2014, 26-28 May 2014 Bursa Turcja, abstrakt str. 94, Book of Abstracts 14th AUTEX World Textile Conference 2014, ISBN 978-605-63112-4-6, artykuł nośnik elektroniczny 14th AUTEX World Textile Conference, May 26nd to 28th 2014, BursaTurkey.
Mój udział – 30% - współudział w wykonaniu badań dotyczących dźwiękochłonności i przygotowaniu publikacji
- 3-7. Tarbuk A., Grancarić A.M., **Gliścińska E.**, Krucińska I., Ramkumar S.S., „Nonwoven composite in PPE”, 5th International Professional and Scientific Conference “Occupational Safety and Health” Zadar, Croatia, 17-20.09.2014, BOOK OF PROCEEDINGS/ Kirin, Snježana (ur.). – Karlovac: Veleučilište u Karlovcu / Karlovac University of Applied Sciences, 2014, 613-618.
Mój udział – 30% - współudział w wykonaniu badań dotyczących dźwiękochłonności i przygotowaniu publikacji
- 3-8. Rwawiire S., Tomkova B., **Gliścińska E.**, Krucińska I., Michalak M., Militky J., Jabbar A., „Investigation of sound absorption properties of bark cloth nonwoven fabric and composites”, ” Autex Research Journal, DOI: 10.1515/aut-2015-0010, Vol. 15, 2015. [IF=0,618 za 2013; MNiSW=20 za 2013]
Mój udział – 30% - współudział w wykonaniu badań dotyczących dźwiękochłonności i przygotowaniu publikacji
- 4-1. Gutarowska B., Rembisz D., Zduniak K., Skóra J., Szykowska M., **Gliścińska E.**, Koziróg A., “Optimization and application of the misting method with silver nanoparticles for disinfection of the historical objects”, International Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 75, November 2012, 167-175. [IF=2,059; MNiSW=25]
Mój udział – 13.3% - współudział w wykonaniu badań dotyczących właściwości mechanicznych i przygotowaniu publikacji.

Moje osiągnięcia w zakresie pierwszego tematu, tj. „Zlokalizowane badania termiczne osnowy w projektowaniu kompozytów” polegają na określeniu za pomocą nowoczesnych metod, takich jak termowizyjna i zlokalizowanej termicznej mikroskopii skaningowej, lokalnych różnic jakie mogą powstać w budowie polimerowej osnowy włóknistego kompozytu, wyjaśnieniu przyczyn powstania tychże różnic, a także ich znaczenia w aspekcie wytrzymałości mechanicznej kompozytu. Wyniki badań przedstawione w dwóch publikacjach

są przydatne przy projektowaniu struktury kompozytu, gdyż właściwości mechaniczne kompozytu zależą między innymi również od wytrzymałości osnowy, zależnej od budowy nadcząsteczkowej polimeru, która z kolei zależy od rozmieszczenia włókien w strukturze kompozytu. Większy stopień krystaliczności, większa zawartość stabilnej odmiany krystalicznej α oznacza większą wytrzymałość osnowy. Obiektem badań były kompozyty na osnowie poliamidowej, tj. z poliamidu 6 (PA6), których wzmocnienie tworzyły włókna szklane. Badania prowadzone były dwiema metodami, tj. za pomocą kamery termowizyjnej oraz mikrotermoanalizatora termicznego połączonego z mikroskopem sił atomowych. Obie te metody pozwalają określić różnice w budowie nadcząsteczkowej polimeru w sposób pośredni, wykorzystując zależność zjawiska przewodzenia ciepła przez polimer od jego budowy. Wiadomo z literatury, że przewodnictwo cieplne polimeru rośnie ze wzrostem jego krystaliczności. Dokonana analiza obrazów termicznych wykonanych kamerą termowizyjną podczas grzania i chłodzenia dla płytki kompozytu z równolegle ułożonymi włóknami wzmacniającymi pozwoliła hipotetycznie wnioskować, że przewodnictwo cieplne a zatem i stopień krystaliczności poliamidowej osnowy pomiędzy włóknami szklanymi zależy od odległości między nimi i im ta odległość jest większa tym przewodnictwo jest większe, oraz, że jest zróżnicowane na odległości między włóknami tj. im dalej od powierzchni włókna tym przewodnictwo jest większe. Mikrotermoanaliza termiczna wykonana dla przekroju kompozytu umożliwiła zobrazowanie różnic budowy nadcząsteczkowej poliamidowej osnowy w zlokalizowanych miejscach w zależności od rozmieszczenia włókien. Wyniki badań obrazujące zależności sygnału fazowego od temperatury materiału wskazały największą zawartość stabilnej odmiany krystalicznej α poliamidu w obszarze najdalszego sąsiedztwa włókien szklanych, obecność odmiany γ i α w obszarze bliższego sąsiedztwa i prawdopodobnie bardzo małą ich zawartość w obszarze bliskiego sąsiedztwa włókien, o czym świadczy brak sygnału fazowego. Zmiany w budowie nadcząsteczkowej poliamidu 6 w obszarach między włóknami wiąże się z warunkami cieplnymi układu podczas wytwarzania kompozytu, a szczególnie podczas chłodzenia. W układzie gdzie włókno charakteryzuje się mniejszym przewodnictwem cieplnym niż osnowa, podczas chłodzenia ma ono dużo wyższą temperaturę niż osnowa. Przy włóknie pojawia się gradient temperatury osnowy, który maleje w miarę oddalania się od włókna, aż do zaniku. Narastanie obszarów krystalicznych postępuje kolejno, zgodnie z kierunkiem obniżania się temperatury, w stronę powierzchni włókna. Taki kierunek obowiązuje przy sukcesywnym pojawianiu się zarodków krystalizacji w kolejnych miejscach. Zgodnie z teorią krystalizacji Ziabickiego, tam gdzie podczas krystalizacji jest duża różnica temperatury polimeru i ośrodka otaczającego, tam stopień krystaliczności polimeru jest mały. Zatem najbliżej włókna szklanego, stopień krystaliczności poliamidowej osnowy jest najmniejszy, gdyż podczas chłodzenia różnica temperatury włókna i najbliższej mu warstwy polimeru jest największa. Dla coraz dalej oddalonych od włókna miejsc stopień krystaliczności polimeru zwiększa się, gdyż każde następne miejsca osnowy różnią się między sobą pod względem temperatury w coraz mniejszym stopniu. Największy stopień krystaliczności poliamidu 6 jest pośrodku odległości między włóknami. Jeśli sąsiednie włókna są bardziej oddalone od siebie, wówczas istniejąca pomiędzy nimi większa zawartość osnowy jest wolniej schładzana i dlatego występujące w układzie gradienty temperatury są mniejsze. To powoduje, że stopień krystaliczności osnowy jest relatywnie większy. Wykorzystując stosowane w pracy metody pomiarowe służące do termicznej charakterystyki polimeru w wybranych miejscach i znając opisane zależności można projektować strukturę kompozytów o założonych właściwościach osnowy.

1-1, 1-2

Osiągnięcia przy moim współudziale w zakresie węglowych materiałów opatrunkowych są rezultatem prac prowadzonych w ramach projektu „Materiały z aktywnych

włókien i nanowłókien węglowych” nr R08 031 01. Opracowany węglowy materiał opatrunkowy zawierający srebro i sposób jego wytwarzania został opatentowany i zdobył uznanie złotym medalem na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków, Innowacyjności i Technologii ITEX 2013 w Kuala Lumpur w Malezji oraz dyplom na XXI Giełdzie Wynalazków w Warszawie w 2014r.

W przypadku otrzymywania węglowego materiału opatrunkowego modyfikowanego srebrem, niezmiernie ważne są trzy główne cele do osiągnięcia. Po pierwsze, konieczne jest uzyskanie optymalnej struktury porowatej, która zapewniałaby chłonność materiału na wysokim poziomie. Po drugie, aktywny węgiel i srebro powinny wykazywać zamierzone działanie antymikrobowe, a ponadto zawartość srebra powinna skutkować minimalnym działaniem cytotoksycznym. Spełnienie tych założeń wymagało opracowania metody otrzymywania aktywnego materiału węglowego i metody jego modyfikacji srebrem.

Materiał otrzymano z prekursora wiskozowego, wykonanego z włókien standardowych, w wyniku przeprowadzenia trzech procesów: pirolizy włókniny prekursorowej, aktywacji włókniny węglowej i modyfikacji aktywnej włókniny węglowej srebrem.

Modyfikacja wysokosorpcyjnej aktywnej włókniny węglowej srebrem w celu nadania jej dodatkowych właściwości bakteriobójczych, polegała na naniesieniu soli srebra na powierzchnię wewnętrzną włókien, a następnie ich redukcji do postaci metalicznej. W tym celu włókninę nasycano zakwaszonym wodnym roztworem azotanu srebra stosując metodę próżniową, a następnie suszono i wygrzewano w atmosferze gazu inertnego. Metoda zapewnia otrzymanie silnie przywierających i maksymalnie zdyspergowanych cząstek metalicznego srebra na powierzchni włókien i w ich mikroporach. Dzięki takiej modyfikacji uzyskuje się skuteczność bakteriobójczą nawet przy minimalnej zawartości metalu.

W skład opracowanego materiału wchodzi aktywna włóknina węglowa wytworzona z wiskozowej włókniny spunlace, z naniesionym powierzchniowo srebrem. Materiał jest koloru czarnego z lekkim odcieniem szarości. Produkt nie rozpuszcza się w wodzie. Od strony rany powinna znajdować się część materiału zawierająca srebro.

Wysoko absorpcyjne aktywne włókna węglowe zapewniają właściwości chłonne substancji lotnych, przykrych zapachów, natomiast warstwa srebra ma dodatkowo spełniać rolę warstwy antybakteryjnej i antygrzybiczej uniemożliwiającej rozwój bakterii i grzybów w obrębie opatrywanej rany.

Stosunkowo wysoka wartość pojemności sorpcyjnej, sięgająca 7,35 g/g, w połączeniu z właściwościami biomedycznymi wskazuje, że materiał ten może być zastosowany w produkcji materiałów opatrunkowych.

2-1

Osiągnięcia w zakresie włóknistych materiałów dźwiękochłonnych w dużej mierze dotyczą kompozytów włóknistych na osnowie termoplastycznej, jak również włókien. Opublikowane prace poszerzają wiedzę na temat technologii kompozytów i struktury ich powierzchni w aspekcie dźwiękochłonności. Badania, które prowadziłam w ramach Projektu „BIOMASA” „Zastosowanie biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku” nr POIG.01.01.02-10-123/09 i prac statutowych dotyczyły opracowania sposobu wytwarzania kompozytów, w tym z udziałem odpadowych materiałów, również naturalnych, oraz warunków technologicznych procesu prasowania i wpływu struktury kompozytu i jego powierzchni na dźwiękochłonność.

Materiały dźwiękochłonne stosowane do stworzenia optymalnych warunków akustycznych w pomieszczeniach użyte mogą być m.in. w postaci wyrobów włókienniczych o specjalnej strukturze, np. włókniny igłowane lub kompozytów zawierających włókna standardowe. Włókniny, jako materiały hybrydowe zawierające włókna wzmacniające/wypełniające i włókna termoplastyczne, z powodzeniem można stosować jako preformę do wytwarzania

kompozytu termoplastycznego w drodze termicznego prasowania. Z włókien o różnym udziale procentowym włókien wypełniających i włókien na osnowę otrzymuje się kompozyty o różnej gęstości, a więc o różnych możliwościach pochłaniania dźwięku. Badania wykazały, że pochłanianie dźwięku przez kompozyty o grubości rzędu kilku mm, o odpowiedniej strukturze zależnej od ilości wzmocnienia/wypełnienia i warunków sprasowania, jest porównywalne do pochłaniania przez stosowane do ich wytworzenia warstwowe pakiety włókien. To pokazuje nowe możliwości stojące przed inżynierią materiałową, na przykład możliwość zamiany włókien na kompozyty. Materiały o dużej tj. kilkucentymetrowej grubości, miękkie, podatne na zmiany pod wpływem czynników zewnętrznych, mogłyby być zastępowane sztywnymi, zmywalnymi i bardzo cienkimi kompozytami, o grubości rzędu paru milimetrów. W wyniku prowadzonych prac opracowane zostały technologie kompozytów na bazie włókien hybrydowych, chronione zgłoszeniami patentowymi krajowymi, gdzie można zastosować włókna odpadowe, szarpankę, a nawet pociętą słomę. Wykorzystanie takich materiałów jako tani i dostępny surowiec jest ekonomicznym rozwiązaniem dla przemysłu. Opracowane warunki technologiczne procesu prasowania układów zawierających wzmocnienie/wypełnienie i materiał na osnowę kompozytu dla różnych składów jakościowych i ilościowych umożliwiają wytwarzanie kompozytów o różnej charakterystyce akustycznej i mechanicznej. Jak wynika z badań, gęstość i grubość kompozytu, zależne od ciśnienia, czasu i temperatury prasowania, wpływają na jego właściwości akustyczne. Ponadto, z wyników badań wynika jakie modyfikacje kompozytów wpływają na polepszenie ich dźwiękochłonności. Już nadanie profilowanej powierzchni, tj. wypustek o określonej geometrii, co jest niezwykle prostym zabiegiem podczas prasowania, może korzystnie wpłynąć na dźwiękochłonność kompozytu. Takie rozwiązanie zostało zgłoszone do ochrony patentowej krajowej. Zagadnienie struktury kompozytu i jego powierzchni w aspekcie dźwiękochłonności jest tematem, którym nadal się zajmuję. Ciekawe wyniki badań współczynnika absorpcji dźwięku w funkcji struktury i asymetrii powierzchniowej kompozytu wskazują, że nie tylko stopień sprasowania wpływający na strukturę materiału ma znaczenie. Ważne są także obie powierzchnie kompozytu, asymetria ich struktury i topografii, a także ukierunkowanie kompozytu w stosunku do padającej fali dźwiękowej. Badania wykazały, że zarówno asymetria struktury jak i topografii powierzchni kompozytu wpływa na zachowanie się tłumionej fali dźwiękowej, a w konsekwencji na wzrost absorpcji dźwięku przez kompozyt. Dotychczasowe badania wnoszą istotny wkład w rozwój wiedzy odnoszącej się do wytwarzania dźwiękochłonnych kompozytów na osnowie termoplastycznej. Rozwiązania dotyczące trzech sposobów wytwarzania kompozytów dźwiękochłonnych, tj. na bazie włókniny igłowanej, na bazie włókniny igłowanej z profilowaną powierzchnią, i na bazie włókniny igłowanej z dodatkiem słomy chronione są zgłoszeniami patentowymi polskimi. Dwa pierwsze otrzymały uznanie zdobywając złoty medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków, Innowacyjności i Technologii ITEX 2013 w Kuala Lumpur w Malezji oraz dyplom na XXI Giełdzie Wynalazków w Warszawie w 2014r., oraz wyróżnienie zespołowe statuetką Łódzkie Eureka 2014 przyznane przez Radę ds. Szkolnictwa Wyższego i Nauki przy Prezydencie Miasta Łodzi za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nowoczesnego włókiennictwa.

Dalsze prace chciałabym rozwijać w kierunku opracowywania struktury wewnętrznej kompozytów sprzyjającej pochłanianiu dźwięku.

W swojej pracy w zakresie materiałów dźwiękochłonnych zajmowałam się również układami włókninowymi przeznaczonymi do indywidualnej ochrony człowieka. Układy włókninowe trójwarstwowe, których środkową warstwę stanowi włóknina węglowa, zaś zewnętrznymi warstwami jest włóknina przyjazna dla skóry człowieka z włókien wiskozowych Rayon, mogą być stosowane nie tylko w wyrobach filtracyjnych i o

ograniczonej palności. Badania potwierdziły, że nadają się one również do wyrobów chroniących słuch przed dźwiękami wysokich częstotliwości ponad 4000 Hz.

Wynikiem innych prac dotyczących materiałów dźwiękochłonnych było wskazanie nowego materiału włóknistego pochodzenia naturalnego, który można by stosować do pochłaniania dźwięku. Materiał ten pozyskać można z wewnętrznej kory drzew mutuba, które rosną naturalnie w centralnej części Ugandy i nie wymagają zasilania nawozami. Badania akustyczne wykazały, że materiał będący w postaci wyrobu nietkanego, a zwłaszcza wielowarstwowego, pochłania dźwięk. Współczynnik pochłaniania dźwięku dla wyrobów z odmiany *A. toxicaria* jest wysoki dla wyższych częstotliwości dźwięku, zaś dla wyrobów z odmiany *Antiaris* jest wysoki również dla średnich częstotliwości.

3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8

Poza osiągnięciami w zakresie powyższych trzech tematów, wymienić mogę również współudział w opracowaniu nowej metody dezynfekcji przeznaczonej do materiałów historycznych. Wykonana przeze mnie analiza dotyczyła wpływu procesu dezynfekcji mgłą o różnym stężeniu nanocząstek srebra na wytrzymałość na rozciąganie materiału poddanego dezynfekcji. Ocenie poddane zostały dziewiętnastowieczne tkaniny jedwabne z Muzeum Tradycji Niepodległościowych w Łodzi oraz porównawczo tkaniny bawełniane bielone niebarwione.

4-1.

6. Najważniejsze informacje dotyczące mojego dorobku naukowego

Moje osiągnięcia naukowe i aktywność naukowa zostały szczegółowo przedstawione w Załączniku nr 4 do Wniosku. Poniżej prezentuję zestawienie liczbowe poszczególnych osiągnięć i aktywności naukowej.

Osiągnięcie/aktywność	Liczba pozycji
1. Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR), tj. z listy filadelfijskiej	20
2. Autorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego	2
3. Udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe	1 międzynarodowy patent 6 krajowych patentów 5 krajowych zgłoszeń patentowych
4. Wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	4 patenty 4 zgłoszenia patentowe
5. Autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych spoza bazy Journal Citation Reports (JCR)	2 w czasopismach recenzowanych o zasięgu międzynarodowym 4 w czasopismach recenzowanych o zasięgu krajowym 15 w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym 5 w materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym
6. Autorstwo lub współautorstwo opracowań zbiorowych, dokumentacji prac badawczych i ekspertyz	5
7. Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania	IF = 14,001 - sumaryczny IF = 2,387 - przed doktoratem IF = 11,614 - po doktoracie Punkty z listy Komitetu Badań Naukowych (KBN), Ministerstwa Nauki i Informatyzacji (MNiI), Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW): 364 - sumarycznie 44 - przed doktoratem 320 - po doktoracie
8. Indeks Hirsha i lista cytowań opublikowanych publikacji według bazy Web of Science	Indeks Hirsha = 5 Liczba cytowań = 63 (bez autocytowań 44)
9. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich	10

projektach	
10. Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową	7
11. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych konferencjach naukowych	15 referatów 7 posterów
12. Wygłoszenie referatów na krajowych konferencjach naukowych	10 referatów 1 poster
13. Wygłoszenie referatów na targach branżowych	1

7. Najważniejsze informacje dotyczące działalności dydaktycznej i organizatorskiej

Moja działalność dydaktyczna i organizatorska została szczegółowo przedstawiona w Załączniku nr 5 do Wniosku.

Głiszcinka