

AUTOREFERAT

Dr inż. Grażyna Zofia Bartkowiak

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, ul. Czerniakowska 16

Zakład Ochron Osobistych w Łodzi

Łódź, ul. Wierzbowa 48



Spis treści

1. Dane personalne	3
2. Stopnie i tytuły naukowe	3
3. Historia zatrudnienia i przebieg pracy zawodowej.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego.....	8
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	8
4.2. Wykaz prac naukowych	9
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	12
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych	30
6. Szczegółowy dorobek publikacyjny, wynalazczy i wdrożeniowy	37



1. Dane personalne

Grażyna, Zofia Bartkowiak

2. Stopnie i tytuły naukowe

Stopień doktora nauk technicznych – 2000 r. w dyscyplinie inżynieria środowiska;

nadany uchwałą Rady Naukowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy (od 2002 r. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy);

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Dynamika mikroklimatu w funkcji parametrów fizycznych pakietu odzieży pod barierą ochronną”

Promotor w przewodzie doktorskim: dr hab. inż. Edward Szucht, prof. CIOP-PB.

Recenzenci:

prof. dr hab. Maria Konarska,

prof. dr hab. inż. Krzysztof Kowalski.

Kopię dyplomu przedstawiam w załączniku nr 1 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Tytuł magistra inżyniera włókiennika – 1973 r.

Politechnika Łódzka, Wydział Włókienniczy;

Specjalizacja: Chemiczna Technologia Włókna;

Tytuł pracy magisterskiej: „Wpływ fizycznej mikrostruktury włókien poliestrowych na sorpcję barwnika”

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Włochowicz.

3. Historia zatrudnienia i przebieg pracy zawodowej

1974 – 1991	Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Wełnianego „Północ” (wcześniej Centralne Laboratorium Przemysłu Wełnianego „Północ”), Łódź, Zakład Chemicznej Obróbki Włókna, Pracownia Farbiarstwa Stanowisko: asystent
1991 – nadal	Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy Zakład Ochron Osobistych, Pracownia Odzieży Ochronnej
1991 – 2000	asystent
2001 – nadal	adiunkt
2001 – nadal	Kierownik Pracowni Odzieży Ochronnej
2003 – nadal	Z-ca Kierownika Zakładu Ochron Osobistych

Po ukończeniu w 1973 r. studiów na Wydziale Włókienniczym Politechniki Łódzkiej, w styczniu 1974 r. rozpoczęłam pracę w Centralnym Laboratorium Przemysłu Wełnianego w Łodzi (później: Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Wełnianego) w Zakładzie Chemicznej Obróbki Włókna w Pracowni Farbiarstwa. W tym czasie zajmowałam się badaniami związanymi z aplikacją nowych barwników i środków pomocniczych, a także technologią barwienia i procesami chemicznej obróbki tkanin, dzianin i przędzy. Podczas mojej pracy w Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Wełnianego w Łodzi, w latach 1974 - 1991, uruchamiane były nowe zakłady przemysłowe, m.in. Zakłady Przemysłu Wełnianego Opoczno, Zakłady WYROBÓW Obiciowych Vera, Zakłady Tekstylno-Konfekcyjne Teofilów. Zdobywałam wtedy duże doświadczenie zawodowe wprowadzając wraz z zespołem nowe technologie barwienia przędzy, tkanin i dzianin. Uczestniczyłam oraz kierowałam projektami badawczymi z zakresu chemicznej obróbki włókna i farbiarstwa, które miały charakter aplikacyjny.

W 1991 r. rozpoczęłam pracę w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy na stanowisku asystenta w Pracowni Odzieży Ochronnej w Zakładzie Ochron Osobistych w Łodzi. Wspólnie z zespołem pracowników uczestniczyłam w tworzeniu Pracowni Odzieży Ochronnej w Łodzi, w zakupie aparatury badawczej, opracowywaniu metod badań materiałów ochronnych i odzieży. Od początku mojej pracy w Instytucie byłam zaangażowana we wszystkie formy prowadzonej działalności: naukową, normalizacyjną, doradczą, edukacyjną. W początkowym okresie pracy prowadziłam działalność naukową, koordynując i uczestnicząc w charakterze wykonawcy w projektach badawczych dotyczących przede wszystkim właściwości ochronnych odzieży, które gwarantują bezpieczną pracę w warunkach zagrożenia. Realizowałam prace badawcze dotyczące opracowywania nowych metod badania i kryteriów oceny odzieży ochronnej oraz nowych materiałów odzieżowych i konstrukcji odzieży ochronnej. Swoją wiedzę i doświadczenie zdobywałam w trakcie staży zagranicznych w europejskich ośrodkach naukowych i instytutach badawczych, m.in. na stażu naukowym w 1992 r. w Wielkiej Brytanii w Leicester Polytechnic (od 2008 r. De Montfort University) Department of Textiles and Fashion, a także na praktykach: w 1994 r. i w 2003 r. w Hiszpanii w El Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP); w 1995 r. w USA w United States Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, w 1996 r. Niemczech w Hohenstein Institutes, w 2003 r. w Finlandii w Finnish Institute of Occupational Health.

Od początku mojej pracy naukowej w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy–Państwowym Instytucie Badawczym interesowało mnie zagadnienie dyskomfortu cieplnego pracownika generowanego przez odzież ochronną. Jest to zagadnienie ważne również ze względu na bezpieczeństwo pracowników, gdyż praca w odzieży ochronnej wykonywana jest często w bardzo niebezpiecznych warunkach środowiska pracy, a w takiej sytuacji

pogorszenie percepcji niesie ze sobą duże niebezpieczeństwo dla pracownika. Główną uwagę skupiłam na badaniach właściwości biofizycznych materiałów i odzieży ochronnej oraz ich wpływu na poziom dyskomfortu człowieka w środowisku pracy. Znaczące w tym zakresie prace dotyczyły budowy stanowiska pomiarowego („model skóry”) przeznaczonego do wyznaczania charakterystyk przenikania ciepła i pary wodnej przez materiały włókiennicze. Podstawowe badania dotyczące właściwości biofizycznych materiałów przeznaczonych do noszenia pod odzieżą ochronną, których wyniki skutkowały przygotowaniem dysertacji doktorskiej, prowadziłam w ramach koordynowanego przez mnie projektu badawczego 03.9.1 pt. „Kompozycje materiałowe poprawiające właściwości biofizyczne odzieży ochronnej” realizowanego w latach 1998-2000 w ramach Strategicznego Programu Rządowego SPR-1. Swoją działalność naukową przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych szczegółowo opisałam w załączniku nr 2 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

W 2001 r. decyzją Rady Naukowej Instytutu zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta. Jednocześnie Dyrektor Instytutu powierzył mi funkcję Kierownika Pracowni Odzieży Ochronnej, a od 2003 - Zastępcy Kierownika Zakładu Ochron Osobistych. Od 2001 r., wspólnie z kierowanym przez mnie zespołem pracowników, wytyczam w Instytucie kierunki badań naukowych z zakresu odzieży ochronnej. Od tego czasu nadzoruję również prace badawcze oraz aplikacyjne prowadzone przez pracowników Pracowni Odzieży Ochronnej oraz inicjuję i przygotowuję wraz z zespołem pracowników wnioski o realizację projektów badawczych w ramach funduszy krajowych i międzynarodowych. Ponadto wdrażam nowych pracowników do prac badawczych oraz innej działalności prowadzonej w Pracowni Odzieży Ochronnej, przekazuję im swoje doświadczenie w planowaniu i realizacji prac badawczych. Od 2001 roku kierowałam pracami badawczymi w ramach 11 projektów badawczych. Byłam koordynatorem ze strony Instytutu projektu międzynarodowego w ramach VI Programu Ramowego.

Od początku mojej pracy w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w sposób aktywny uczestniczyłam we wdrażaniu w laboratoriach badawczych systemu zapewniania jakości, opracowywaniu procedur organizacyjnych i badawczych dotyczących odzieży ochronnej. Działania zespołu, którego byłam członkiem przyczyniły się do uzyskania w 1995 r. akredytacji laboratoriów Instytutu w ramach krajowego systemu oceny zgodności, w tym akredytacji metod badania odzieży ochronnej oraz materiałów przeznaczonych na tego typu odzież zgodnych z polskimi i europejskimi normami. Od początku działania systemu zapewnienia jakości w Instytucie jestem członkiem zespołu do spraw jakości i podejmuję działania w kierunku doskonalenia systemu, aby zapewnić wysoką jakość realizowanych badań oraz sprawną współpracę ze

zleceńodawcami badań. Jestem również auditorem Polskiego Centrum Akredytacji w zakresie oceny laboratoriów badawczych zgodnie z normą PN-EN ISO 17025.

Aktualną wiedzę dotyczącą metod badań i wymagań stawianych odzieży ochronnej zdobywałam podczas mojej czynnej działalności normalizacyjnej na forum krajowym i międzynarodowym. Od 1994 do 2008 r. byłam członkiem Normalizacyjnej Komisji Problemowej nr 21 ds. Środków Ochrony Indywidualnej działającej przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym i przewodniczyłam pracom grupy roboczej opracowującej normy dla odzieży ochronnej. Jestem ekspertem nominowanym przez Polski Komitet Normalizacyjny do współpracy z Komitetem Technicznym CEN/TC 162 „Protective clothing including hand and arm protection”. Opiniuję dokumenty normalizacyjne z zakresu metod badań i wymagań dla odzieży ochronnej opracowywane przez Komitet Techniczny CEN/TC 162 i Komitet Techniczny 21 ds. środków ochrony indywidualnej, działający przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

W roku 2013 uczestniczyłam, jako przedstawiciel PKN, w pracach grupy BTWG 8 powołanej przez Komisję Europejską w ramach mandatu M/509, której celem była identyfikacja potrzeb w zakresie normalizacji metod badań i wymagań dla rozwiązań, które powstają w ramach projektów badawczych, a których nie można adresować do konkretnych komitetów technicznych. Dotyczy to szczególnie „inteligentnych” tekstyliów i środków ochrony indywidualnej. W ramach prac grupy BTWG 8 został opracowany program prac normalizacyjnych związanych z innowacyjnymi rozwiązaniami w obszarze tekstyliów ochronnych w tym tekstyliów „inteligentnych”, odzieży ochronnej i innych środków ochrony indywidualnej. W ramach BTWG 8 brałam aktywny udział w pracach grupy TG 3: Ergonomia i komfort.

Ze względu na akcesję Polski do Unii Europejskiej i wdrażanie do prawa polskiego dyrektyw UE, od 2004 r. uczestniczę aktywnie w spotkaniach jednostek notyfikowanych Unii Europejskiej:

- Vertical Group 5 „Protective Clothing, Hand and Arm Protection”,
- Vertical Group 7 „Protective clothing against cutting by hand held chain saw”,

na których reprezentuję jednostkę notyfikowaną nr 1437 działającą w CIOP-PIB, zajmującą się oceną typu WE środków ochrony indywidualnej. Aktywne uczestniczenie w pracach tych grup pozwala na wypracowywanie wspólnego podejścia jednostek notyfikowanych do problematyki badań i oceny odzieży ochronnej, mającej na celu uzyskanie certyfikatów oceny typu WE.

W mojej pracy w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym jestem zaangażowana w prowadzoną przez Instytut działalność doradczą dla

pracodawców i służb zajmujących się bezpieczeństwem pracy oraz producentów i dystrybutorów odzieży ochronnej w zakresie m.in. doboru odzieży ochronnej na stanowiska pracy, wskazywania wymaganych właściwości ochronnych i metod badań odzieży ochronnej. Aktualną wiedzę dotyczącą wymagań dla odzieży ochronnej i zmian w normach europejskich będących podstawą oceny typu WE odzieży ochronnej prezentuję od 2010 r. na corocznych, współorganizowanych z firmą Coats seminariach dla producentów odzieży ochronnej, zawodowej i specjalistycznej. Popularyzuję również tę wiedzę w publikacjach popularno-naukowych, przeznaczonych do szerokiego odbioru przez producentów i użytkowników odzieży ochronnej.

Od 1994 r. aktywnie uczestniczę w działalności edukacyjnej w Centrum Edukacyjnym Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - PIB, w którym we współpracy z Politechniką Warszawską prowadzone są studia podyplomowe pt. „Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy”. Opracowałam autorski program wykładów i ćwiczeń z zakresu odzieży ochronnej, jak również materiały edukacyjne składające się z materiału źródłowego, poradnika dla wykładowcy i słuchacza oraz prezentacji multimedialnej. Prowadzę również wykłady i ćwiczenia z zakresu odzieży ochronnej na Politechnice Łódzkiej i Uniwersytecie Łódzkim. Moją działalność dydaktyczną opisałam szczegółowo w załączniku nr 6.

Od 2001 r. jestem członkiem Rady European Society of Protective Clothing – (ESPC) i aktywnie działam przy organizacji międzynarodowych konferencji z zakresu odzieży ochronnej oraz popularyzacji prac badawczych w tym zakresie.

Od 2005 r. jestem redaktorem tematycznym w kwartalniku International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, zajmuję się opiniowaniem i recenzowaniem artykułów z obszaru środków ochrony indywidualnej. Od 2009 r. jestem członkiem komitetu naukowego i redaktorem tematycznym czasopisma Bezpieczeństwo Pracy - Nauka i Praktyka, które jest wydawane przez Centralny Instytut Ochrony Pracy-PIB. Moim zadaniem jest opiniowanie artykułów dotyczących środków ochrony indywidualnej. Ponadto recenzuję również artykuły naukowe do czasopism: Textiles Research Journal, Fibres and Textiles in Eastern Europe, International Journal of Clothing Science and Technology.

W latach 2005 – 2015 byłam członkiem Rady Naukowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - Państwowego Instytutu Badawczego.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595; tekst ujednolicony – obwieszczenie Marszałka Sejmu z dnia 2 grudnia 2014 r., Dz. U. 2014, poz. 1852) stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego

Moje osiągnięcie naukowe wynika z prac badawczych i rozwojowych prowadzonych przeze mnie w okresie 16 lat po obronie pracy doktorskiej, których celem było opracowanie nowych wyrobów włókienniczych wpływających na ograniczenie dyskomfortu cieplnego związanego ze stosowaniem odzieży ochronnej. Prowadzone przeze mnie prace miały charakter badań interdyscyplinarnych, gdyż łączyły w sobie wiedzę z zakresu włókiennictwa, inżynierii materiałowej i inżynierii środowiska. Ich tematyka była konsekwencją mojej drogi zawodowej, która pozwoliła mi na połączenie wiedzy i doświadczenia naukowego z pierwszych lat pracy z obszaru włókiennictwa, z problematyką ochrony człowieka przed zagrożeniami, w aspekcie projektowania i prawidłowego doboru odzieży ochronnej oraz metod jej badań i oceny. Moje osiągnięcie naukowe przedstawiam na podstawie cyklu powiązanych tematycznie publikacji.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Tytuł osiągnięcia naukowego na podstawie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595; tekst ujednolicony – obwieszczenie Marszałka Sejmu z dnia 2 grudnia 2014 r., Dz. U. 2014, poz. 1852):

„Włókiennicze struktury materiałowe i odzieżowe wspomagające funkcje termoregulacyjne organizmu i ograniczające dyskomfort cieplny podczas pracy w odzieży ochronnej oraz metody ich badań”.

Moim znaczącym wkładem w rozwój dyscypliny naukowej włókiennictwo jest:

- opracowanie nowych włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych, specjalnie zaprojektowanych do stosowania z konkretnym rodzajem odzieży ochronnej, przy uwzględnieniu zagrożeń i obciążenia cieplnego organizmu,
- udowodnienie na podstawie kompleksowych badań, prowadzonych zgodnie z opracowaną specjalnie do tego celu metodyką, że zastosowanie opracowanych nowych włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych pozwala na zmniejszenie dyskomfortu cieplnego podczas pracy w odzieży ochronnej, poprzez ich

wpływ na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą ochronną, a także na parametry fizjologiczne użytkownika odzieży.

4.2. Wykaz prac naukowych

Cykl publikacji, które przedstawiam jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego, składa się z 15 publikacji, w tym 8 z bazy JCR, których sumaryczny Impact Factor (według roku publikacji) wynosi: 7,307 i 3 rozdziałów w monografiach. Łączna liczba punktów (MNiSW: 243 pkt.). Integralną częścią osiągnięcia naukowego jest również 1 zgłoszenie patentowe i 1 zgłoszenie wzoru użytkowego.

Cykl publikacji powiązanych tematycznie, które przedstawiam jako osiągnięcie naukowe obejmuje następujące pozycje:

H1 Bartkowiak G., Ruszkowski K., 2005, Doświadczalne wytwarzanie wysokosorpcyjnych materiałów włókninowych, Przegląd Włókienniczy - Włókno, Odzież, Skóra, 10, 42-45.
[MNiSW= 4]

Mój udział wynosił 50% w ramach koordynowanego przez mnie projektu III-7.01 i dotyczył koncepcji opracowania włóknin z superabsorbentami przeznaczonych do stosowania pod odzieżą ochronną, wyboru włókien superabsorpcyjnych, ustalenia składu surowcowego włóknin, opracowania metodyki badawczej i analizy wyników badań oraz uczestniczenia w przygotowaniu publikacji.

H2 Bartkowiak G., Frydrych I., 2011, Chapt. 23. Superabsorbent fibres and their medical applications, In: V. Bartels [ed.], Handbook of medical textiles. Woodhead Publishing Limited Sawston, 505-546.
[MNiSW = 5]

Mój udział wynosił 70% i dotyczył analizy zastosowań superabsorbentów do celów medycznych, opracowania i analizy wyników badań wpływu kamizelki wykonanej z włókniny z superabsorbentami na kształtowanie mikroklimatu pododzieżowego, prac związanych z wytworzeniem półmasek filtrującej z warstwą sorpcyjną i jej badań.

H3 Bartkowiak G., 2006, Liquid sorption by nonwovens containing superabsorbent fibers, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 1(55), 57-61.
[IF=0,425; MNiSW=15]

Mój udział wynosił 100 %, w ramach kierowanego przeze mnie projektu III-7.01.i polegał na opracowaniu koncepcji składu surowcowego włóknin z superabsorbentami i analizie wyników badań sorpcji cieczy oraz wyciągnięciu wniosków, które pozwoliły na wytypowanie włóknin do dalszych badań.

H4 Bartkowiak G., Marszałek A., 2007, Użytkowanie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej – komfort pracy, *Bezpieczeństwo Pracy - Nauka i Praktyka*, 3, 22-25.
[MNiSW=4]

Mój udział wynosił 70% w ramach koordynowanego przeze mnie projektu III.7.01 i dotyczył opracowania koncepcji zmniejszenia dyskomfortu pracy w szczelnej odzieży ochronnej za pomocą superabsorbentów, opracowania materiałów i wyrobów odzieżowych z udziałem włókien superabsorbencyjnych, współuczestniczenia w opracowaniu koncepcji badań i w analizie wyników badań.

H5 Marszałek A., Bartkowiak G., Łęzak K., 2009, Physiological Effects of a Modification of the Construction of Impermeable Protective Clothing, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 15(1), 61-73.
[IF: 0,407; MNiSW: 13]

Mój udział wynosił 30% i dotyczył opracowania koncepcji zaprojektowania wkładów z superabsorbentami do zastosowania w szczelnej odzieży ochronnej, sposobów ich rozmieszczenia w odzieży ochronnej i współuczestniczenia w analizie wyników badań dotyczących wpływu superabsorbentów na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą, a także na parametry fizjologiczne ochotników uczestniczących w badaniach.

H6 Bartkowiak G., Frydrych I., 2012, Chapt. III. Human comfort in clothing. Superabsorbent application in knitted fabrics for comfort improvement, In: G. Bartkowiak, I. Frydrych and M. Pawłowa (ed.), *Innovations in textile materials & protective clothing*, Warszawa, 213-228.
[MNiSW=5]

Mój udział wynosił 70%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu III-7.01 i dotyczył opracowania koncepcji dzianin z udziałem superabsorbentów, opracowania metodyki ich badania i współuczestniczenia w analizie wyników badań.

H7 Bartkowiak G., Dąbrowska A., 2012, Assessment of the thermoregulation properties of textiles with fibres containing phase change materials on the basis of laboratory experiments, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 1(90), 47-52.
[IF=0,801; MNiSW=25]

Mój udział wynosił 60% w ramach kierowanego przeze mnie projektu 3.R.03 i dotyczył udziału w opracowaniu materiałów z włóknami z materiałów przemiany fazowej, opracowaniu koncepcji metodyki ich badań i analizy wyników badań.

H8 Bartkowiak G., Bogdan A., Dąbrowska A., Frydrych I., 2011, Assessment of thermoregulation properties of the new garment with pcm macrocapsules, In: R. Korycki (ed.), *ITMEX 2011: XI International Conference: proceedings*. Lodz: Technical University of Lodz, 2011, 115-120.
[MNiSW=5]

Mój udział wynosił 40%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu 3.R.03 i dotyczył udziału w opracowaniu materiałów z materiałami przemiany fazowej, opracowaniu koncepcji metodyki ich badań oraz udziału w analizie wyników badań.

H9 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Marszałek A., 2013, Analysis of thermoregulation properties of PCM garments on the basis of ergonomic tests, Textile Research Journal, 83(2), 148-159.

[IF=1,332; MNiSW=40]

Mój udział wynosił 40%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu 3.R.03 i dotyczył wyboru PCM do zastosowania w odzieży, udziału w opracowaniu materiałów i odzieży z PCM, udziału w opracowaniu metodyki ich badania oraz analizie wyników badań.

H10 Bartkowiak G., Pabich A., 2010, Modelowanie numeryczne wymiany ciepła między człowiekiem w barierowej odzieży ochronnej a otoczeniem. Cz. I, Przegląd Włókienniczy - Włókno, Odzież, Skóra, 9, 30-33. Cz. II, Przegląd Włókienniczy - Włókno, Odzież, Skóra, 10, 27-28.

[MNiSW=6]

Mój udział wynosił 60%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu 3.R.03 i dotyczył opracowania koncepcji numerycznego modelu wymiany ciepła między człowiekiem w barierowej odzieży ochronnej a otoczeniem, analizy wyników symulacji wymiany ciepła między człowiekiem wykonującym pracę w barierowej odzieży ochronnej i otoczeniem, współuczestniczenia w opracowaniu publikacji.

H11 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Włodarczyk B., 2015, Construction of a garment for an integrated liquid cooling system, Textile Research Journal, 85(17), 1809-1816.

[IF=1,299; MNiSW=40]

Mój udział wynosił 40%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu i dotyczył opracowania koncepcji odzieży z systemem chłodzenia, doboru zastosowanych surowców włókienniczych, analizy wyników badań oraz przygotowania ostatecznej wersji publikacji uwzględniającej uwagi recenzentów.

H12 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Marszałek A., 2014, Assessment of the human responses to the influence of personal liquid cooling system in the hot environment, International Journal of Clothing Science and Technology, 26(2), 145-163.

[IF=0,350; MNiSW: 20]

Mój udział wynosił 40%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu V.B.06 i dotyczył opracowania koncepcji odzieży z systemem chłodzenia cieczą, udziału w opracowaniu odzieży i systemu chłodzenia cieczą, udziału w opracowaniu metodyki badań i analizie wyników badań.

H13 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Marszałek A., 2017, Assessment of an active liquid cooling garment intended for use in a hot environment, Applied Ergonomics, 58, 182-189.

[IF=1,866; MNiSW=35]

Mój udział wynosił 40%, w ramach kierowanego przeze mnie projektu i dotyczył udziału w opracowaniu odzieży z systemem chłodzenia, doboru zastosowanych materiałów, opracowania koncepcji badań oraz udziału w analizie wyników badań.

H14 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Okrasa M. Włoch G., 2017, Preliminary study on the thermomechanical treatment of shape memory alloys for applications in clothing protecting against heat, *Advances in Mechanical Engineering*, 9(6), 1-9.
[IF=0,827; MNiSW: 20]

Mój udział wynosi 33 % w ramach kierowanego przez mnie projektu i dotyczył koordynacji prac związanych z badaniami stopów z pamięcią kształtu, opracowaniu założeń do obróbki termomechanicznej SMA i analizy wyników badań w aspekcie wykorzystania SMA w odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi.

H15 Bartkowiak G., Dąbrowska A., 2017, Textile materials with SMA elements for active protection against heat and flame, *Advances in Science and Technology*, 100, 11-16,
<https://www.scientific.net/AST.100.11>

Mój udział wynosił 60% w ramach kierowanego przez mnie projektu i dotyczył koordynacji prac związanych z opracowaniem oraz badaniami materiałów z SMA, opracowania programu badań i analizy wyników badań, a także w przygotowaniu publikacji.

P1 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Kowalski K., 2011, Zgłoszenie patentowe nr P 396551 pt. „Dwuwarstwowa dzianina rządkowa wypełniona makrokapsułkami o właściwościach termoregulujących oraz wyrób odzieżowy zawierający makrokapsułki o właściwościach termoregulujących”.

Mój udział wynosił 34% w ramach kierowanego przez mnie projektu i dotyczył wyboru materiałów przemiany fazowej na podstawie analizy wyników badań, opracowania koncepcji umieszczenia makrokapsułek w dzianinie i wyrobie odzieżowym oraz doboru surowców włókienniczych na dzianinę.

W1 Bartkowiak G., Dąbrowska A., Łęzak K., Greszta A., 2016, Zgłoszenie wzoru użytkowego nr W.125740 pt. „Aktywna odzież ze stopami z pamięcią kształtu (SMA) chroniąca przed czynnikami gorącymi i płomieniem”.

Mój udział wynosił: 40% w ramach kierowanego przez mnie projektu i dotyczył koordynacji prac związanych z opracowaniem modelu odzieży ochronnej i jej badaniami, opracowaniu koncepcji odzieży ochronnej, analizy wyników badań, udziału w przygotowaniu zgłoszenia do Urzędu Patentowego.

Kopie ww. publikacji, opisu patentowego i opisu wzoru użytkowego stanowiących moje osiągnięcie naukowe przedstawiłam w załączniku nr 7, a oświadczenia wszystkich współautorów, dotyczące udziału w ww. publikacjach - w załączniku nr 8.

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

Moje zainteresowanie rozwojem nowych materiałów i konstrukcji odzieży, wpływających na zmniejszenie dyskomfortu podczas stosowania odzieży ochronnej wynikało



z analizy zjawisk wpływających na kształtowanie się mikroklimatu pod odzieżą. Dla mnie jako włókiennika badającego właściwości różnych surowców włókienniczych, struktur włókninowych, dzianych i tkanych, interesujące były zagadnienia związane z ich wpływem na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą ochronną oraz dążenie do opracowania takich materiałów i wyrobów, które mogą odbierać nadmiar potu i wilgoci oraz ciepła zgromadzonego pod odzieżą ochronną i wpływać na ograniczenie dyskomfortu cieplnego podczas pracy. W latach 90-tych ubiegłego wieku, kiedy zainteresowałam się tym zagadnieniem, większość badań koncentrowała się na modyfikacji materiałów zastosowanych w samej odzieży ochronnej, natomiast moje badania dotyczyły kształtowania korzystnego dla człowieka mikroklimatu pod barierową odzieżą ochronną podczas intensywnego wysiłku fizycznego, poprzez opracowanie odpowiednich materiałów i wyrobów noszonych pod nią.

Dyskomfort cieplny podczas pracy fizycznej w odzieży ochronnej spowodowany jest wydzielaniem znacznych ilości ciepła i potu, gdyż energia produkowana przez organizm jest tylko w niewielkim stopniu zamieniana na pracę mechaniczną (5-25%), natomiast w większości przekształcana jest na ciepło (75-95%), które stanowi endogenne obciążenie organizmu. Utrzymywanie stałej temperatury ciała wymaga ciągłej wymiany ciepła z otoczeniem, co jest trudne do osiągnięcia przy stosowaniu odzieży ochronnej, która często stanowiąc barierę przed czynnikami niebezpiecznymi ogranicza lub uniemożliwia tę wymianę. Mechanizmy termoregulacyjne w organizmie człowieka powodują, że w sytuacji gdy wytwarzanie ciepła przekracza jego oddawanie przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie, rozpoczyna się intensywne wydzielanie potu. Podczas pracy w odzieży ochronnej, ze względu na zastosowane materiały, lub wysoką wilgotność i temperaturę w środowisku pracy pot nie może spełnić swej fizjologicznej roli związanej z odparowaniem, gromadzi się na skórze, następuje wzrost temperatury ciała człowieka i wzrost wilgotności mikroklimatu pododzieżowego. Udowodniono, że temperatura i wilgotność względna mikroklimatu pod odzieżą mają wpływ na odczucia użytkownika odzieży, a wilgotność względna mikroklimatu pod odzieżą powyżej 80% powoduje już odczucie parności i duszności. Wraz z jej wzrostem pod odzieżą następuje wzrost wartości parametrów fizjologicznych (temperatura wewnętrzna, temperatura skóry, częstość skurczów serca), które świadczą o obciążeniu cieplnym badanej osoby.

Moje zainteresowanie badaniami naukowymi ukierunkowanymi na zmniejszenie dyskomfortu cieplnego podczas pracy w odzieży ochronnej poprzez struktury materiałowe i odzieżowe noszone pod odzieżą, jak również wykorzystane w jej konstrukcji, wynikało z wniosków otrzymanych przeze mnie w ramach prac badawczych realizowanych w pracy doktorskiej. Głównym wynikiem pracy doktorskiej było udowodnienie tezy, że poprzez

właściwie zaprojektowane składu surowcowego i struktury dzianiny na odzież spodnią noszoną pod odzieżą ochronną można wpływać na kształtowanie parametrów mikroklimatu pod nią, a tym samym na odczucia użytkownika odzieży związane z komfortem cieplnym. Możliwość poprawy parametrów mikroklimatu pod szczelną odzieżą ochronną dzięki zastosowaniu odzieży podbarierowej wykonanej z tradycyjnych surowców włókienniczych jest jednak ograniczona. Jednocześnie rozwój inżynierii materiałowej doprowadził do pojawienia się nowych, aktywnych materiałów i wysoko sprawnych włókien, których potencjał można wykorzystać do wspomagania zjawisk związanych z termoregulacją organizmu, szczególnie w aspekcie odbierania nadmiaru ciepła i potu generowanego podczas pracy w odzieży ochronnej.

Moje zainteresowanie rozwojem nowych materiałów i konstrukcji odzieżowych wpływających na modyfikację mikroklimatu pod odzieżą ochronną dotyczyło szczególnie wykorzystania ich do zmniejszenia dyskomfortu podczas pracy fizycznej w odzieży ochronnej, która stosowana jest w szczególnie trudnych warunkach środowiskowych i powoduje największe obciążenie cieplne użytkownika. W pierwszej kolejności moje prace skupiły się na odzieży chroniącej przed czynnikami chemicznymi, która wykonana jest z materiałów powlekanych polimerami syntetycznymi i dodatkowo posiada konstrukcję zapobiegającą przedostawaniu się szkodliwych substancji do organizmu człowieka, jednocześnie skrajnie ogranicza procesy termoregulacji. Drugim rodzajem odzieży ochronnej generującej znaczny dyskomfort jest odzież chroniąca przed czynnikami gorącymi w postaci płomienia, promieniowania cieplnego od rozgrzanych metalowych elementów. Stosowana najczęściej w mikroklimacie gorącym aluminizowana odzież ochronna jest ciężka, nie przepuszcza pary wodnej i ogranicza możliwość termoregulacji organizmu. Wyniki swoich badań wykorzystałam również do opracowania konstrukcji innych rodzajów odzieży ochronnej, użytkowanej w szczególnie trudnych warunkach środowiska pracy, m.in. w odzieży ochronnej dla ratowników górniczych.

Moje wieloletnie badania naukowe zmierzające do ograniczenia dyskomfortu podczas pracy w odzieży ochronnej, miały zarówno cel naukowy (określenie wpływu struktury i składu surowcowego materiałów zastosowanych pod odzieżą ochronną, jak i w strukturze odzieży na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą ochronną) oraz cel użytkowy związany z poprawą warunków pracy w odzieży ochronnej.

Uważam, że na podkreślenie przy omawianiu moich kolejnych osiągnięć naukowo-badawczych zasługuje fakt, iż prace badawcze były realizowane konsekwentnie, według określonej sekwencji działań, polegających na:



- identyfikacji problemu związanego ze stosowaniem konkretnego rodzaju odzieży ochronnej,
- opracowaniu nowych innowacyjnych włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych przeznaczonych do stosowania z wytypowaną odzieżą ochronną lub w jej strukturach,
- przeprowadzeniu badań laboratoryjnych właściwości biofizycznych opracowanych materiałów i wytypowaniu na tej podstawie wariantów optymalnych do założonego celu,
- wytworzeniu struktur odzieżowych i ich ocenie na podstawie badań z udziałem ochotników, w warunkach symulujących ich przewidywane stosowanie.

Do każdego rodzaju nowych włókienniczych struktur materiałowych i wyrobów odzieżowych opracowywałam odpowiednią do ich roli i przeznaczenia metodykę badań. Wyniki badań analizowałam w porównaniu do wariantu referencyjnego, którym był wariant odzieży stosowany dotychczas. W swoich pracach badawczych nie prowadziłam badań materiałów lub wyrobów, które zostały wprowadzone na rynek. Moje badania zawsze dotyczyły materiałów i wyrobów nowych, opracowywanych w ramach realizowanych i koordynowanych przeze mnie prac badawczych.

Swoje osiągnięcie naukowo-badawcze, dotyczące opracowania włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych mających wpływ na ograniczenie dyskomfortu cieplnego podczas pracy w odzieży ochronnej oraz metod ich badań przedstawiam w 4 częściach:

1. Opracowanie i badania włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych z udziałem superabsorbentów

Publikacje: H1, H2, H3, H4, H5, H6.

2. Opracowanie i badania włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych z udziałem materiałów przemiany fazowej

Publikacje: H7, H8, H9, H10 Zgłoszenie patentowe: P1.

3. Opracowanie i badania aktywnej odzieży z systemem chłodzącym

Publikacje: H11, H12, H13.

4. Opracowanie i badania aktywnej odzieży z elementami ze stopów z pamięcią kształtu do ochrony przed czynnikami gorącymi

Publikacje: H14, H15, Zgłoszenie wzoru użytkowego W 1.

1. Opracowanie i badania włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych z udziałem superabsorbentów

W ramach kierowanego przez mnie w latach 2002 - 2004, projektu badawczego pt. „Badania konstrukcji materiałowych z udziałem superabsorbentów pod szczelnymi ubiorami ochronnymi dla poprawy komfortu ich użytkowania” (nr projektu III-7.01, Program wieloletni „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”) podjęłam badania mające na celu opracowanie materiałów z udziałem superabsorbentów, charakteryzujących się znaczną pojemnością i dynamiką sorpcji, które znajdą zastosowanie w strukturach szczelnej odzieży ochronnej do pochłaniania potu. Wraz z zespołem badawczym, którym kierowałam opracowałam nowe materiały i wyroby odzieżowe z udziałem włókien wysokosorpcyjnych. Wyroby te zostały zaprojektowane zarówno pod względem struktury, jak i składu surowcowego, specjalnie do stosowania pod szczelną odzieżą ochronną po analizie zjawisk wpływających na tworzenie się pod nią niekorzystnego dla użytkownika odzieży mikroklimatu. Analizując wybór surowców do wytwarzania włókien brałam pod uwagę fakt, że ich zadaniem pod szczelną barierą ochronną, jest pochłanianie potu i pary wodnej oraz zatrzymywanie ich w swojej strukturze, gdyż ze względu na szczelną strukturę barierowej odzieży ochronnej nie ma możliwości odprowadzenia potu na zewnątrz odzieży.

Do zastosowania w materiałach charakteryzujących się wysoką sorpcją pary i cieczy wybrałam włókna, gdyż przewidywałam wytworzenie dzianin przeznaczonych na bieliznę noszoną pod odzieżą ochronną oraz wymiennych, włókninowych wkładów pochłaniających pot pod szczelnymi ubiorami ochronnymi, które będą stosowane przede wszystkim w pozycji pionowej. Uznałam, że włókna wysokosorpcyjne, powinny zapewnić ich stabilną strukturę. Na podstawie przeglądu literatury i własnych wstępnych badań wybrałam włókna Oasis 102 (Technical Absorbents), ze względu na ich długość i związane z tym właściwości prędkie, wysoki poziom i prędkość sorpcji wody zarówno bez obciążenia jak i pod naciskiem, co jest istotne z punktu widzenia nacisku odzieży ochronnej na wkłady pochłaniające pot. Na podstawie własnych badań wykazałam, że włókna Oasis 102 charakteryzują się również bardzo dobrą sorpcją pary wodnej w szerokim przedziale wilgotności względnej powietrza. Ta właściwość ma szczególne znaczenie z punktu widzenia przeznaczenia ich na wkłady pochłaniające pot pod szczelnymi ubiorami ochronnymi, gdzie wilgotność względna rośnie stopniowo i najczęściej osiąga wartość bliską 100%.

W ramach prac doświadczalnych prowadzonych przy współpracy z Instytutem Włókiennictwa i Instytutem Technologii Eksploatacji – Państwowym Instytutem Badawczym (Oddział Eksploatacji Maszyn Włókienniczych) opracowane zostały włókniny igłowane o różnym składzie surowcowym, które następnie zostały poddane kompleksowym badaniom,

przede wszystkim w zakresie właściwości biofizycznych: sorpcji cieczy (potu), absorpcji pary wodnej, oporu cieplnego, oporu pary wodnej. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacjach H1, H2.

Przeanalizowałam wyniki badań sorpcji roztworu potu opracowanych włókien, które pozwoliły na wybór optymalnego wariantu. Istotnym wnioskiem z przeprowadzanych badań, z którym nie spotkałam się w dotychczas opublikowanych pracach było stwierdzenie, że wielkość sorpcji cieczy przez włókniyny zależy przede wszystkim od ich składu surowcowego i nie jest wprost proporcjonalna do ilości włókien superabsorpcyjnych. Stwierdziłam również, że włókna supererabsorpcyjne Oasis 102 nie przekazują wilgoci między sobą, dopiero połączenie ich z włóknami o charakterze hydrofilowym, pozwala na wypełnienie ich wilgocią. Najlepsze właściwości pod względem sorpcji cieczy wykazały włókniyny igłowane z udziałem włókien Oasis 102 oraz bawełny lub poliestru. Właściwości sorpcyjne włókien o składzie włókno superabsorpcyjne/polipropylen polepszono poprzez gorące prasowanie, w wyniku którego, nastąpiło spłaszczenie ich struktury i uzyskały one formę odpowiednią na wkłady absorbujące pot pod szczelną odzież ochronną. Sorpcja cieczy wytworzonych włókien kształtowała się na poziomie (150 – 350) mg/cm². Do dalszych badań wytypowałam włókninę o składzie surowcowym 30% Oasis 102, 30% PES, 30% PP i 10% Amicor (włókna bakteriostatyczne) oraz 50% Oasis 102% i 50 % PP po prasowaniu, które spowodowało, że włókna Oasis mogły mieć kontakt z cieczą oraz nadało włókninie płaską strukturę. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacji H3.

Opracowane włókniyny z udziałem superabsorbentów zostały wykorzystane do zaprojektowania i wytworzenia odpasowanych elementów oraz wyrobów odzieżowych, m.in. kamizelek, a także pojedynczych wkładów pochłaniających pot, mocowanych do wewnętrznej powierzchni odzieży lub umieszczanych w specjalnie zaprojektowanych w odzieży wewnętrznych kieszeniach, w miejscach wydzielania przez ciało człowieka znacznych ilości potu (plecy, klatka piersiowa).

Przeprowadzono badania szczelnej odzieży ochronnej z wkładami pochłaniającymi pot, w komorze klimatycznej z udziałem ochotników wykonujących zadany wysiłek fizyczny w klimacie umiarkowanym i gorącym oraz tej samej szczelnej odzieży niezawierającej wkładów. Badania te miały na celu określenie wpływu opracowanych wyrobów na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą ochronną oraz na parametry fizjologiczne człowieka podczas wysiłku fizycznego. Podczas badań mierzono temperaturę i wilgotność względną w kilku miejscach w mikroklimacie pod odzieżą blisko skóry, temperaturę wewnętrzną, częstość skurczów serca oraz analizowano odczucia subiektywne ochotników. Wilgotność względna w mikroklimacie, blisko skóry na plecach w szczelnej odzieży już po 20 min osiągnęła wartość bliską 100%, podczas gdy w odzieży z wkładami wysokosorpcyjnymi ta

sama wartość została osiągnięta w 60 minucie eksperymentu. Wyniki pracy badawczej pozwoliły na stwierdzenie, że wkłady absorbujące pot mogą znaleźć zastosowanie podczas pracy w szczelnej odzieży ochronnej, wytworzonej z nieprzepuszczalnych materiałów, do pochłaniania nadmiaru wydzielanego potu i zmniejszenia dyskomfortu cieplnego. Na podstawie wyników badań stwierdziłam, że bezpieczny czas pracy w szczelnej odzieży ochronnej, dzięki zastosowaniu włóknin z superabsorbentami, można wydłużyć o około 50%, ze względu na późniejsze osiągnięcie granicznych wartości parametrów fizjologicznych. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacjach H 4 i H5.

Moje dalsze prace związane z zastosowaniem włókien wysokosorpcyjnych dotyczyły opracowania dzianin z ich udziałem, przeznaczonych na wyroby do stosowania pod szczelną odzieżą ochronną. Prace w tym kierunku prowadziłam z zespołem Wydziału Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów Politechniki Łódzkiej. Pierwszym etapem było wykonanie przędz z udziałem włókien Oasis 102, a następnie kilku wariantów dzianin dwu- i trójwarstwowych o składzie surowcowym: włókna Oasis 102/PES. Dodatkowo wykonano 2 warianty dzianin z udziałem bawełny, gdyż założono, że będzie ona wspomagać przekazywanie wilgoci do włókien Oasis. Przeprowadzone badania sorpcji dzianin wytworzonych z przędz z włókien wysokosorpcyjnych Oasis 102 nie wykazały jednak dużo bardziej korzystnego efektu sorpcji cieczy i pary wodnej w porównaniu do wcześniej opracowanych dwuwarstwowych dzianin z udziałem poliestru i wiskozy. Nie prowadziłam zatem dalszych badań w kierunku ich zastosowania w bieliźnie przeznaczonej do stosowania pod szczelną odzieżą ochronną. Wyniki badań wskazujące, że dzianiny z włóknami wysokosorpcyjnymi nie wykazują zdecydowanie lepszych właściwości pod względem pochłaniania pary wodnej i cieczy od odpowiednio zaprojektowanych dzianin z udziałem włókien wiskozowych uważam również za znaczące w obszarze opracowywania włókienniczych materiałów przeznaczonych do użytkowania pod szczelną odzieżą ochronną. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacji H6.

2. Opracowanie i badania włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych z udziałem materiałów przemiany fazowej

W latach 2008-2011 kontynuowałam prace naukowo-badawcze związane z opracowywaniem materiałów włókienniczych i wyrobów odzieżowych, które wpływają na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą ochronną i zmniejszenie dyskomfortu podczas pracy w tego typu odzieży. Skupiłam się na opracowaniu włókienniczych materiałów i wyrobów odzieżowych, o składzie surowcowym i strukturze, pozwalającej na obniżenie temperatury mikroklimatu pododzieżowego i wspomagającej jednocześnie odbieranie i pochłanianie potu. W konstrukcji tych materiałów wykorzystałam materiały przemiany fazowej (z ang. Phase



Change Materials - PCM), które podczas zmiany stanu skupienia w temperaturze przemiany fazowej mogą absorbować i magazynować nadmiar generowanego przez organizm ciepła. Pracę badawczą w tym zakresie podjęłam ze względu na potencjał tych materiałów, a także na fakt, że pomimo zastosowania materiałów przemiany fazowej w wyrobach włókienniczych, nie wykorzystano ich do wyrobów odzieżowych przeznaczonych do użytkowania pod szczelną odzieżą ochronną, w sytuacji generowania znacznych ilości ciepła, powodującego obciążenie cieplne użytkownika i dyskomfort. Znane są prace, w których materiały przemiany fazowej wykorzystywano w samej odzieży ochronnej, jednak ich możliwości, polegające na odbieraniu nadmiaru ciepła generowanego przez organizm nie mogły być w pełni wykorzystane z uwagi na zbyt dużą odległość od powierzchni ciała użytkownika. Moim osiągnięciem badawczym, było opracowanie włókienniczych struktur materiałowych, a następnie odzieżowych z udziałem materiałów przemiany fazowej, przeznaczonych do stosowania blisko ciała człowieka pod szczelną odzieżą ochronną, które charakteryzują się stosunkowo wysoką entalpią oraz wykazanie na podstawie przeprowadzonych badań, że są one zdolne do odbierania nadmiaru ciepła generowanego podczas intensywnej pracy w odzieży ochronnej.

Pracę badawczą w zakresie wykorzystania materiałów przemiany fazowej pod szczelną odzieżą ochronną w celu zmniejszenia dyskomfortu cieplnego podczas pracy w tego typu odzieży prowadziłam w ramach kierowanego przeze mnie projektu naukowo-badawczego badawczego 3.R.03. pt. „Modelowanie lokalnego transferu ciepła w pakietach tekstylnych z wykorzystaniem materiałów przemiany fazowej” (Program Wieloletni pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” etap I).

Podobnie, jak w innych realizowanych przeze mnie projektach, moja praca badawcza polegała na opracowaniu nowych materiałów włókienniczych z udziałem PCM oraz wytypowanych włókien, przeprowadzeniu ich badań instrumentalnych wg opracowanej do tego celu metodyki, a następnie zaprojektowaniu i wykonaniu wyrobów odzieżowych z PCM do zastosowania pod szczelną odzieżą ochronną. Ocena wpływu opracowanych wyrobów odzieżowych na zmniejszenie obciążenia cieplnego i zmniejszenie dyskomfortu cieplnego podczas pracy w szczelnej odzieży została dokonana na podstawie wyników badań z udziałem ochotników. Przy opracowywaniu nowych materiałów współpracowałam z Katedrą Technologii i Budowy Przędz oraz Katedrą Dziewiarstwa na Wydziale Inżynierii i Marketingu Tekstyliów, Politechniki Łódzkiej.

Z uwagi na fakt, że skuteczność działania PCM zależy od ich prawidłowego doboru do warunków użytkowania, co nie zawsze jest realizowane w praktyce, istotą moich prac badawczych był wybór materiałów przemiany fazowej odpowiednich do ich przeznaczenia, a także pod kątem możliwości implementacji do materiałów włókienniczych. Podstawowymi

kryteriami wyboru PCM była możliwość ich zastosowania w wyrobie odzieżowym, wartość entalpii oraz zakres temperatury przemiany fazowej, pozwalający na możliwie jak najdłuższe utrzymanie warunków w mikroklimacie pododzieżowym, uznawanych za komfortowe.

Dostępne na rynku wyroby odzieżowe z PCM najczęściej zawierają materiały przemiany fazowej w postaci mikrokapsułek wprowadzonych w strukturę włókien. Jednak, nawet w przypadku zastosowania włókien o największej wartości entalpii, spośród dostępnych na rynku, wyrób odzieżowy z nich wykonany nie posiada wystarczającej zdolności do odbierania nadmiaru ciepła z ciała człowieka podczas dużego wysiłku fizycznego, aby spowodować znaczące ograniczenie wzrostu temperatury w mikroklimacie pod odzieżą i dyskomfortu cieplnego związanego z pracą w szczelnej odzieży ochronnej. Znane są wyroby odzieżowe, najczęściej kamizelki, w których materiały przemiany fazowej znajdują się w pakunkach z folii polimerowej. Wyroby takie charakteryzują się lepszymi właściwościami termoregulacyjnymi niż wyroby wykonane z włókien z mikrokapsułkami PCM. Ich wadą jest jednak duża masa, sztywność oraz ograniczona zdolność odprowadzania potu i pary wodnej z ciała użytkownika, ze względu na to, że zastosowane w niej wkłady z PCM pokrywają znaczną powierzchnię ciała, uniemożliwiając odparowanie potu. Stąd opracowana przeze mnie koncepcja wykorzystania PCM opierała się na opracowaniu włókienniczych wyrobów, które będą charakteryzowały się znaczną entalpią, poprzez wybór możliwie najbardziej skutecznych materiałów przemiany fazowej i zastosowanie ich w optymalnej ilości w strukturach dziewiarskich, a następnie wyrobach odzieżowych. Zaplanowałam wykonanie bielizny i kamizelek, gdyż pokrywają one te części ciała, które wydzielają największe ilości ciepła i szybko ulegają przegrzaniu, a zatem uznałam za zasadne umieszczenie w tych miejscach większej ilości materiałów przemiany fazowej. Do badań wytypowałam materiały przemiany fazowej w postaci włókien i makrokapsułek.

Włókna Smartcell™ clima (SmartfiberAG) wybrałam do badań ze względu na stosunkowo dużą zawartość materiałów przemiany fazowej, charakteryzujących się wysoką entalpią oraz udział włókien Lyocell, o wysokiej sorpcji cieczy, dzięki czemu mogą one wpływać na obniżenie wilgotności względnej w mikroklimacie pod odzieżą ochronną. Entalpia włókien Smartcell™ clima kształtuje się na poziomie 33-35 J/g, a przemiana fazowa następuje w temperaturze około 29°C (wyniki na podstawie własnych badań, metodą kalorymetrii różnicowej). Zaplanowałam zaprojektowanie i wytworzenie bielizny z dzianiny dwuwarstwowej oraz kamizelki z dzianin trójwarstwowych, przeznaczonej do noszenia na bieliznę.

Z wytypowanych włókien wytworzona została przędza, z której wykonano dzianinę (PES 30%, Smartcel™clima 62%, PA 8%) o budowie dwuwarstwowej, z teksturowanego poliestru od strony wewnętrznej, który zapewnia transport wilgoci do warstwy zewnętrznej

wykonanej z przędzy z włókien Smartcell™ clima z udziałem materiałów przemiany fazowej i włókien Lyocell.

Aby zwiększyć udział włókien z materiałami przemiany fazowej w kamizelce, od których zależy wielkość pochłanianego ciepła, zdecydowałam o wytworzeniu niedoprzędu, który został wprowadzony w kanały dzianiny trójwarstwowej, przeznaczonej na kamizelki do stosowania pod szczelną odzież ochronną. Zgodnie z wypracowanymi przeze mnie zasadami wynikającymi z wniosków z poprzednich prac badawczych, warstwa blisko ciała była wykonana z włókien hydrofobowych. Wyniki badań laboratoryjnych materiałów z udziałem włókien Smartcell™clima metodą kalorymetrii różnicowej wykazały, że opracowane dzianiny dwuwarstwowe przeznaczone na bieliznę, w przeliczeniu na powierzchnię ciała, którą okrywają, mogą odebrać z ciała człowieka 2,8 kJ, natomiast trójwarstwowe dzianiny przeznaczone na kamizelki - do 4,3 kJ ciepła. Na podstawie badań własnych stwierdziłam, że opracowana struktura nowych materiałów charakteryzuje się zadawalającymi właściwościami biofizycznymi, istotnymi z punktu widzenia termoregulacji mikroklimatu pod szczelną odzież ochronną. Higroskopijność ze względu na obecność włókien Lyocell, kształtuje się na poziomie od 21% dla dzianin trójwarstwowych, do 15,2% dla dzianin dwuwarstwowych, a sorpcja cieczy na poziomie od 170 mg/cm² w przypadku dzianin trójwarstwowych do 115 mg/cm² w przypadku dzianiny dwuwarstwowej. Dodatkowo niski opór pary wodnej i przepuszczalność powietrza sprzyjają tworzeniu korzystnego mikroklimatu pod odzież. Wyniki tych badań przedstawiłam w publikacji H7.

Kolejnym sposobem na zwiększenie pojemności cieplnej włókienniczego wyrobu odzieżowego było zastosowanie w nim makrokapsulek PCM o temperaturze topnienia 28 °C i entalpii na poziomie 154 J/g. W ramach koordynowanego przeze mnie projektu 3.R.03. opracowana została dwuwarstwowa dzianina, która została wypełniona makrokapsułkami z PCM i przeznaczona na kamizelki.

Za swoje osiągnięcie uważam zaprojektowanie wraz z zespołem realizującym projekt pod moim kierunkiem, unikatowego wyrobu odzieżowego w postaci kamizelki z dwuwarstwowej dzianiny wypełnionej makrokapsułkami z udziałem materiałów przemiany fazowej, który łączy w sobie znaczącą zdolność do odbierania nadmiaru ciepła wynikającą z zastosowania makrokapsulek PCM (entalpia wyrobu 164 kJ/m²) oraz elastyczną, dopasowującą się do ciała i ergonomiczną konstrukcję, wynikającą z zastosowania dzianiny jako nośnika makrokapsulek. Struktura dzianiny sprawia, iż przepływ ciepła między użytkownikiem a otoczeniem nie jest utrudniony, co wpływa na poprawę skuteczności efektu termoregulacji organizmu przez zaprojektowany wyrób. Dzianina z makrokapsułkami i kamizelka są przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P 396551 [P1].



Badania omówionych wyżej nowych wyrobów odzieżowych z udziałem PCM przeprowadzone na manekinie termicznym w komorze klimatycznej wg metodyki opracowanej w ramach kierowanego przez mnie projektu wykazały, iż charakteryzują się one zdolnością do odbierania ciepła z powierzchni manekina termicznego, a więc aktywnością w temperaturze otoczenia niższej niż temperatura ich przemiany fazowej. Wyniki tych badań przedstawiłam w publikacji H8. Zdolność wyrobów odzieżowych z PCM do termoregulacji organizmu użytkownika szczelnej odzieży ochronnej oceniłam na podstawie ich badań z udziałem pięciu ochotników ubranych w szczelną odzież ochronną, w komorze klimatycznej w mikroklimacie umiarkowanym (temperatura 20°C). Wyniki badań wykazały pozytywny wpływ zestawu bielizny i kamizelki wykonanej z trójwarstwowej dzianiny z makrokapsułkami PCM na kształtowanie mikroklimatu pod barierową, szczelną odzieżą ochronną. Stwierdzono zmniejszenie temperatury mikroklimatu pod odzieżą ochronną w zależności od lokalizacji od 2 do 4°C oraz wilgotności względnej do 15%, w porównaniu do wariantu ze szczelną odzieżą ochronną i z bielizną bawełnianą. Zmniejszenie obciążenia cieplnego użytkownika barierowej odzieży ochronnej podczas stosowania kamizelki wykonanej z trójwarstwowej dzianiny z makrokapsułkami PCM potwierdza również kształtowanie się parametrów fizjologicznych w postaci temperatury wewnętrznej, temperatury skóry oraz częstości skurczów serca na poziomie niższym niż dla wariantu z odzieżą bawełnianą.

Badania z udziałem ochotników wykazały, że wyroby odzieżowe wykonane z trójwarstwowej dzianiny wypełnionej niedoprzędem charakteryzują się niewystarczającą zdolnością do odbierania nadmiaru ciepła z mikroklimatu pod szczelną odzieżą ochronną w klimacie umiarkowanym. Jednakże na podstawie analizy cech materiałowych oraz wyników otrzymanych z badań na manekinie termicznym i symulacji numerycznej, można przyjąć, że mogą się one sprawdzić w klimacie chłodnym (np. 12°C). Wyniki tych badań przedstawiłam w publikacji H9.

Kamizelka o właściwościach termoregulacyjnych z materiałami przemiany fazowej zdobyła następujące nagrody:

- złoty medal z wyróżnieniem na Międzynarodowych Targach Wynalazczości Badań Naukowych i Nowych Technologii BRUSSELS INNOVA w Brukseli w 2014 r.,
- wyróżnienie w Ogólnopolskim Konkursie „Laur Innowacyjności o nagrodę imienia Stanisława Staszica - „Staszice” - Warszawa, 2011 r.

Za swoje ważne osiągnięcie badawcze uważam opracowanie wraz z zespołem badawczym, którym kierowałam, koncepcji wykorzystania symulacji numerycznych do prognozowania wpływu wyrobów odzieżowych z PCM na parametry fizjologiczne użytkownika odzieży ochronnej. Do opracowania modelu wykorzystano ogólne dane literaturowe dotyczące zagadnienia komfortu człowieka wykonującego pracę oraz równanie

bilansu cieplnego wg normy PN-EN 7933:2005. Opracowany model symulacji wymiany ciepła stwarza szerokie możliwości analizowania wpływu stosowanej odzieży ochronnej, jak i noszonych pod nią wyrobów odzieżowych, a więc: rodzaju odzieży barierowej z możliwością odprowadzania potu lub nie, rodzaju PCM w wyrobach odzieżowych oraz poziomów metabolizmu i wydatku energetycznego, warunków mikroklimatu na zewnątrz odzieży - na temperaturę wewnętrzną, temperaturę skóry, utratę wody przez organizm użytkownika szczelnej odzieży ochronnej. Model ma charakter otwarty i daje możliwości weryfikowania wprowadzonych danych, bądź rozszerzania jego aplikacji. Symulacje modelowe zjawiska wymiany ciepła przeprowadzono dla dwóch wariantów odzieży barierowej, 4 rodzajów materiałów przemiany fazowej, rozpatrywano wariant usuwania, bądź nieusuwania potu spod barierowej odzieży ochronnej. Przyjęto również różne warianty warunków klimatycznych na zewnątrz odzieży barierowej (temperatura powietrza: T_a = od 20 do 30°C co 2°C; wilgotność względna powietrza: RH = 50% lub RH = 70%, prędkość przepływu powietrza: V_a = 0; 0,2; 0,4; 0,6 m/s) oraz różne warianty poziomu metabolizmu i wydatku energetycznego. Na podstawie symulacji zjawiska wymiany ciepła między człowiekiem wykonującym pracę fizyczną w barierowej odzieży ochronnej a otoczeniem, potwierdzono skuteczność opracowanych wyrobów odzieżowych z materiałami przemiany fazowej. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacji H10.

3. Opracowanie i badania aktywnej odzieży z systemem chłodzącym

W latach 2011-2013 w ramach projektu badawczego nr V.B.06 pt. „Aktywny układ chłodzący do stosowania pod odzieżą ochronną w gorącym środowisku pracy” (Program wieloletni „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy, etap II), którego byłam kierownikiem, prowadziłam prace badawcze dotyczące odzieży z systemem chłodzącym, przeznaczonej do użytkowania blisko ciała pod odzieżą ochronną, m.in. aluminizowaną, do pracy w mikroklimacie gorącym. W ramach tego projektu wraz z zespołem badawczym, którym kierowałam przeprowadziłam szereg badań laboratoryjnych materiałów, które pozwoliły mi na wytypowanie odpowiedniego materiału na odzież z systemem chłodzącym. Aby ocenić opracowaną odzież poddałam ją badaniom fizjologicznym z udziałem ochotników w komorze klimatycznej. Za swoje osiągnięcie uważam opracowanie zarówno pod względem surowcowym jak i konstrukcyjnym struktury materiałowej oraz wyrobu odzieżowego, z umieszczonym w nim specjalnie do tego celu zaprojektowanym układem chłodzącym. Przy opracowaniu wyrobów wykorzystałam wnioski wynikające z moich wcześniejszych prac badawczych.

Uznałam, że problem obciążenia cieplnego pracowników w gorącym środowisku pracy jest poważny i nierozwiązany. Podkreślić należy, że obecnie w kraju nie produkuje się



wyrobów odzieżowych z funkcją aktywnego chłodzenia organizmu. Jednocześnie obecnie w Polsce, około 18 tysięcy osób pracuje w warunkach gorącego środowiska (temperatura powietrza 25-60°C, przy względnej wilgotności względnej od 10% do 80%), m.in. w przemyśle metalurgicznym, szklarskim, w górnictwie. Pracownicy na wielu stanowiskach dodatkowo narażeni są na czynniki niebezpieczne w postaci promieniowania podczerwonego, rozprysków płynnego metalu i odprysków gorącego metalu, gorących przedmiotów, co wiąże się z koniecznością stosowania środków ochrony indywidualnej, a w szczególności – odzieży ochronnej. Długotrwała, intensywna praca w warunkach środowiska gorącego powoduje nie tylko odczuwalny stres cieplny i zmęczenie, ale również zaburzenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego, rośnie także liczba niebezpiecznych zachowań oraz wypadków na stanowiskach pracy. Zagrożenie wynikające z obciążenia cieplnego podczas pracy w gorącym środowisku sprawia, iż niezbędne jest eliminowanie lub ograniczanie akumulacji ciepła w organizmie tak, aby mikroklimat gorący nie stanowił zagrożenia dla zdrowia osób pracujących na określonych stanowiskach.

Ogólnym celem realizowanych przeze mnie badań naukowych było zaprojektowanie oraz wykonanie aktywnego wyrobu z układem chłodzącym cieczą do stosowania pod odzieżą ochronną w celu zmniejszenia obciążenia cieplnego pracowników wykonujących pracę w odzieży ochronnej w gorącym środowisku pracy.

W ramach zrealizowanych badań przeprowadziłam wnikliwą analizę warunków pracy w środowisku gorącym, co stanowiło później podstawę do opracowania numerycznego modelu wymiany ciepła między człowiekiem wykonującym pracę w gorącym środowisku, a otoczeniem z możliwością symulacji procesu chłodzenia cieczą. Model ten posłużył do przeprowadzenia komputerowych symulacji obciążenia cieplnego organizmu pracownika na wybranych stanowiskach pracy oraz wpływu procesu chłodzenia organizmu za pomocą układu chłodzącego cieczą na reakcje fizjologiczne pracownika. Wyniki z przeprowadzonych symulacji pozwoliły na opracowanie założeń do konstrukcji modelu indywidualnego aktywnego układu chłodzącego o parametrach dostosowanych do przewidywanych warunków użytkowania.

W ramach prac badawczych opracowałam aktywny układ chłodzący, a następnie przeprowadziłam jego kompleksowe badania i ocenę. Aktywny układ chłodzący składa się z:

- wyrobu odzieżowego wykonanego z dzianiny z modulem dystansowym z wbudowanym układem rozprowadzającym medium chłodzące oraz czujnikiem temperatury mikroklimatu pododzieżowego,
- mobilnego agregatu chłodzącego z modulem sterującym temperaturą cieczy chłodzącej na podstawie temperatury mikroklimatu pododzieżowego,

- systemu połączenia układu rozprowadzającego medium chłodzące z agregatem chłodzącym.

Głównym elementem wyróżniającym opracowany aktywny układ chłodzący w stosunku do produkowanych na świecie wyrobów jest fakt, iż do wykonania tego układu została specjalnie zaprojektowana modułowa dzianina, wykonana w jednym procesie technologicznym, z której następnie odszyto koszulkę, będącą nośnikiem dla układu rozprowadzającego medium chłodzące - ciecz. Dzianina ta zbudowana jest z następujących modułów:

- moduł dzianiny dwuwarstwowej o warstwach połączonych,
- moduł dystansowy z dzianiny dwuwarstwowej o warstwach tworzących pionowe kanały, przeznaczone na układ rurek rozprowadzających ciecz chłodzącą,
- moduł dzianiny dwuwarstwowej o warstwach rozdzielonych za pomocą rządka separacyjnego.

Jeden z wyżej wymienionych modułów umożliwia wprowadzenie układu rurek rozprowadzających ciecz chłodzącą pomiędzy elastyczne warstwy dzianiny, co wraz z dopasowaną konstrukcją wyrobu odzieżowego zapewnia wysoki poziom przylegania układu rozprowadzającego medium chłodzące do ciała i w konsekwencji - wzrost przewodnictwa cieplnego i efektywności układu chłodzącego. Jednocześnie, wprowadzenie układu rurek pomiędzy warstwy dzianiny pozwoliło na wyeliminowanie efektu lokalnego wychłodzenia, gdyż układ nie jest zakładany bezpośrednio na ciało. Przy opracowaniu dzianiny współpracowałam z Katedrą Dziewiarstwa Wydziału Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów Politechniki Łódzkiej, natomiast przy opracowaniu konstrukcji odzieży z Przedsiębiorstwem Sprzętu Ochronnego Maskpol S.A.

Osiągnięciem, wykorzystującym wyniki moich wcześniejszych prac badawczych, był dobór składu surowcowego dzianiny na poszczególne warstwy wyrobu odzieżowego tak, aby wilgoć z powierzchni skóry była transportowana do zewnętrznej warstwy wyrobu odzieżowego. Warstwa od strony ciała stanowi warstwę konduktywno-dyfuzyjną i wykonana została z przędzy Coolmax, natomiast warstwa zewnętrzna wykonana z przędzy bawełnianej stanowi warstwę sorpcyjną. Ponadto, przy projektowaniu dzianiny założono, iż w celu zwiększenia ilości ciepła odbieranego od ciała człowieka, warstwa dzianiny od strony ciała powinna charakteryzować się mniejszą izolacyjnością cieplną niż warstwa zewnętrzna wyrobu. Założenie to zrealizowano poprzez zastosowanie pojedynczej przędzy Coolmax w warstwie od strony ciała oraz dwóch rodzajów przędzy bawełnianych w warstwie zewnętrznej. Taka konstrukcja, zgodnie z moimi wcześniejszymi ustaleniami na podstawie prowadzonych badań, pozwala na odprowadzenie potu ze skóry użytkownika i przeniesienie go do warstwy

sorpcyjnej znajdującej się w pewnej odległości od powierzchni skóry. Wyniki tych prac przedstawiono w publikacji H11.

W opracowanym wyrobie odzieżowym zastosowano dwa oddzielne bloki chłodzące: na przodzie i tyle bluzki, dzięki czemu ograniczono różnicę w temperaturze cieczy chłodzącej pomiędzy początkiem i końcem przewodu rozprowadzającego ciecz chłodzącą w wyrobie. Istotą opracowanego rozwiązania jest również fakt, iż do konstrukcji koszulki wprowadzono czujnik typu NTC (z ang. Negative Temperature Coefficient) do pomiaru temperatury mikroklimatu pododzieżowego jako element układu sterowania temperaturą cieczy chłodzącej, regulowanej przez agregat chłodzący. Dzięki temu sterowanie temperaturą cieczy chłodzącej odbywa się automatycznie, zapewniając utrzymanie temperatury w mikroklimacie pododzieżowym na komfortowym poziomie, który może być dopasowany indywidualnie dla każdego użytkownika.

Opracowany aktywny układ chłodzący cieczą pozwala na ograniczenie dyskomfortu cieplnego podczas stosowania odzieży ochronnej w warunkach środowiska gorącego. Badania laboratoryjne zgodnie ze specjalnie opracowaną metodyką przeprowadzono na grupie 6 ochotników ubranych w aluminizowaną odzież ochronną w komorze klimatycznej w temperaturze otoczenia 30°C w dwóch wariantach: z załączonym i wyłączonym układem chłodzącym. Wyniki badań potwierdziły korzystny wpływ chłodzenia na kształtowanie się średniej ważonej temperatury skóry, obniżenie poziomu temperatury i wilgotności względnej mikroklimatu pod odzieżą ochronną a także na subiektywną ocenę badanych osób. Podczas badań potwierdzono też skuteczność i sprawność elektronicznego układu sterującego temperaturą mikroklimatu pod odzieżą przy zmiennym poziomie aktywności fizycznej. Wyniki tych badań zostały przedstawione w publikacjach H12 i H13.

Rozwiązanie opracowane w ramach projektu pt. „Aktywny układ chłodzący cieczą do stosowania pod odzieżą ochronną” uzyskało nagrodę II stopnia w kategorii prace naukowo-badawcze w 42 edycji Ogólnopolskiego Konkursu Poprawy Warunków Pracy w 2014 r.

4. Opracowanie i badania aktywnej odzieży z elementami ze stopów z pamięcią kształtu do ochrony przed czynnikami gorącymi

Kolejna część mojego osiągnięcia badawczego związanego z ograniczeniem dyskomfortu cieplnego podczas pracy w odzieży ochronnej dotyczy wyników badań związanych z zastosowaniem materiałów z elementami z pamięcią kształtu w strukturach aktywnej odzieży ochronnej. Badania w tym zakresie prowadziłam w latach 2014 – 2016 w ramach kierowanego przeze mnie projektu III.P.07 pt. „Aktywna odzież z materiałami z pamięcią kształtu (SMM) do ochrony pracowników przed czynnikami gorącymi” (Program



wieloletni „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, etap III). Kierunek tych badań wynikał z dużego zainteresowania w ostatnich latach funkcjonalizacją odzieży i aplikacją do niej materiałów inteligentnych, nazywanych również aktywnymi, interaktywnymi i adaptacyjnymi, odbierających bodźce bezpośrednio z ciała człowieka i z otoczenia, a następnie reagujących na nie znacznymi zmianami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi, często odwracalnymi.

Moim osiągnięciem naukowym jest zaprojektowanie aktywnej odzieży, w której na określonej powierzchni występują układy materiałów tekstylnych ze sprężynkami wykonanymi ze stopów z pamięcią kształtu (z ang. Shape Memory Alloys - SMA), które pod wpływem bodźca temperaturowego są zdolne do samoistnej i odwracalnej zmiany swojego kształtu. Aplikacja SMA w określone miejsca odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi, a więc płomieniem, promieniowaniem cieplnym, ciepłem konwekcyjnym, rozpryskami stopionych metali pozwoliła na rezygnację w tych miejscach z ciężkich układów materiałów dających przez cały czas użytkowania bardzo wysoki poziom ochrony i zastąpienie ich materiałami ze stopami z pamięcią kształtu, aktywnie dostosowującymi poziom ochrony do istniejącego zagrożenia.

Odzież obecnie stosowana przez pracowników do ochrony przed czynnikami gorącymi (płomieniem, promieniowaniem cieplnym, rozpryskami stopionych metali) charakteryzuje się jednakowymi właściwościami ochronnymi na całej powierzchni, które są dostosowane do maksymalnego poziomu działania czynników gorących. Jednakże praca w warunkach zagrożenia tymi czynnikami zazwyczaj wiąże się z okresową ekspozycją na ich oddziaływanie w postaci impulsów cieplnych, np. podczas prac kontrolnych. Czynniki gorące nie działają też na pracownika jednakowo na całe ciało, lecz tylko na jego określone części (np. przedramiona, przód tułowia). Dotyczy to w szczególności przemysłu metalurgicznego i osób zatrudnionych w hutach, gdzie mechanizacja procesu produkcyjnego w ostatnich latach bardzo się rozwinęła i zdecydowanie ograniczyła bezpośredni dostęp człowieka do strefy wysokiego zagrożenia. W ramach realizowanej przeze mnie pracy badawczej postawiłam i udowodniłam hipotezę, że aplikacja odpowiednich materiałów z pamięcią kształtu w określone miejsca odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi pozwala na rezygnację z układów materiałów dających przez cały czas użytkowania bardzo wysoki poziom ochrony. Założyłam, że po działaniu bodźca w postaci wysokiej temperatury, spowodowanej działaniem czynnika gorącego zastosowane w odzieży stopy z pamięcią kształtu będą zmieniać odporność odzieży na przenikanie ciepła, w sposób zapewniający odpowiedni poziom ochrony.

Na podstawie analizy stanu wiedzy dotyczącej stopów z pamięcią kształtu, do zastosowania w aktywnej odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi wytypowałam stop

niku i tytanu (NiTi) w formie drutu, charakteryzujący się temperaturą początku przemiany w austenit wynoszącą $(55 \pm 10)^{\circ}\text{C}$. Wraz z zespołem badawczym opracowałam program nadawania kształtu wybranego stopu NiTi, uwzględniający formowanie, dwustopniowe wygrzewanie w 550°C oraz obróbkę termomechaniczną (trening), który pozwolił na uzyskanie elementów aktywnych, w postaci sprężynek ze stopu NiTi o kształcie stożkowym. Wyniki badań charakterystycznych temperatur przemiany martenzytycznej dla opracowanych elementów z SMA wykazały, że zmiana kształtu ze sprężyny w stanie ściśniętym do sprężyny w stanie rozprężonym następuje zgodnie z założeniami w temperaturze 60°C . Odształcenia podczas zmiany kształtu utrzymuje się na zadowalającym poziomie od ok. 90% do 65% w zależności od liczby wykonanych cykli pracy. Wyniki tych badań przedstawiłam w publikacji H14.

Aktywne elementy wykonane ze stopów SMA zostały zaimplementowane pomiędzy wytypowane tkaniny, przeznaczone do stosowania w odzieży ochronnej. Wraz z moim zespołem badawczym opracowałam, materiały aktywne z elementami z SMA, różniące się tkaniną zewnętrzną. Zastosowałam wariantowo tkaninę z włókien aramidowych, tkaninę bawełnianą z impregnacją trudnopalną i szklaną laminowaną z folią aluminiową. Materiały aktywne poddane zostały badaniom laboratoryjnym w zakresie odporności na zapalenie, a także odporności na rozpryski stopionych metali zgodnie z normami europejskimi. Aby ocenić odporność na promieniowanie cieplne opracowałam nową metodykę badania, która umożliwia ocenę właściwości ochronnych włókienniczych materiałów aktywnych zmieniających swoje właściwości podczas działania promieniowania cieplnego oraz ocenę efektu zmiany ich kształtu. Metodyka badania zgodna jest koncepcją badania przedstawioną w normie PN-EN 6942:2015-11. Zasada badania polega na utrzymywaniu czoła próbki, pomimo zmian jej grubości na skutek działania promieniowania cieplnego na linii kurtyny optycznej w miejscu gdzie gęstość padającego strumienia ciepła Q_0 jest ściśle określona (zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 11612:2015-11 wartość ta wynosi 20 kW/m^2). Opracowany moduł automatycznego przesuwu kalorymetru sprawia, że w przypadku zmiany wymiarów próbki kalorymetr automatycznie dostosowuje swoje położenie do zmieniającej się grubości próbki ruchem prostoliniowym. Na podstawie zmiany położenia kalorymetru, układ pomiaru wielkości odształcenia próbki określa grubość próbki aktywnego materiału po działaniu promieniowania cieplnego z dokładnością 0,1 mm. Wyniki badań laboratoryjnych opracowanych materiałów aktywnych z elementami z SMA potwierdziły ich zadowalające właściwości ochronne oraz możliwość zastosowania w odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi, która spełnia wymagania normy PN-EN ISO 11612:2015-11. Elementy z SMA powodują poprawę właściwości ochronnych poprzez zwiększenie grubości materiałów i powstanie dodatkowej warstwy powietrza, powodującej izolację cieplną. Uzyskane wyniki

badań wskazują, że poziom skuteczności odzieży (odporność na działanie promieniowania cieplnego oraz na działanie rozprysków stopionego metalu) w miejscach zastosowania aktywnych materiałów z elementami z SMA wzrósł o 1 lub 2 poziomy w zależności od rodzaju zastosowanej tkaniny wierzchniej.

Opracowanie nowej metody badania aktywnych materiałów włókienniczych, zmieniających swoją grubość po zadziałaniu impulsu promieniowania cieplnego, uważam za swoje osiągnięcie badawcze, które jest zgodne z kierunkiem badań wytyczonym przez Komisję Europejską. W ramach prac grupy BTWG 8, w których brałam udział, został opracowany program prac normalizacyjnych związanych z innowacyjnymi rozwiązaniami w obszarze tekstyliów ochronnych, w tym tekstyliów „inteligentnych”. Jednym z ważnych kierunków badań i prac normalizacyjnych powinno być opracowywanie nowych metod badań materiałów aktywnych zastosowanych w środkach ochrony indywidualnej, tak aby mogły być one oceniane zgodnie z ich przeznaczeniem. Rezultaty prac, związanych z nowymi materiałami z elementami z SMA, w tym wyniki ich badań zgodnie z nowo opracowaną metodą badawczą przedstawiłam w publikacji H15.

W ramach kierowanego przez mnie projektu wraz z moim zespołem opracowałam model aktywnej odzieży, która ma postać bluzy. Bluza składa się z trzech, oddzielnych, zachodzących na siebie paneli wykonanych z opracowanych w ramach projektu aktywnych materiałów włókienniczych z elementami z SMA. Panele te ulokowano w miejscach najbardziej narażonych na działanie czynników gorących, w taki sposób, aby zapewnić jak najlepszą ochronę i komfort potencjalnemu użytkownikowi. Panele z elementami aktywnymi z SMA w postaci sprężyn wykończone zostały od dołu tkaniną podszewkową, zabezpieczającą sprężyny przed uszkodzeniami mechanicznymi. Taka konstrukcja odzieży zapewnia jej dobrą układność, niską sztywność, wysoką efektywność działania elementów z SMA oraz swobodę ruchów podczas pracy w aktywnej odzieży, która będzie zmieniać kształt po zadziałaniu impulsu cieplnego.

Opracowany model aktywnej odzieży ochronnej z elementami z pamięcią kształtu (SMA) został oceniony pozytywnie podczas badań ergonomicznych. Wyniki badań ergonomicznych modelu aktywnej odzieży ochronnej wg opracowanej metodyki wykazały, że elementy z SMA zastosowane w odzieży nie przeszkadzają w wykonywaniu określonych czynności i normalnym użytkowaniu odzieży, nie powodują one również żadnych negatywnych skutków dla użytkownika. Widoczny jest natomiast efekt ich reakcji po zadziałaniu impulsu w postaci promieniowania cieplnego, co świadczy o tym, że opracowana aktywna odzież spełnia swoje funkcje w zakresie dostosowywania właściwości ochronnych do zmiennych warunków środowiska pracy. Model aktywnej odzieży ochronnej z elementami z SMA, spełnia wymagania normy PN-EN ISO 11612:2015-11, dotyczącej trudnopalnej

odzieży chroniącej przed czynnikami gorącymi. Na opracowaną aktywną bluzę ochronną z elementami SMA, chroniącą przed czynnikami gorącymi i płomieniem, został zgłoszony do Urzędu Patentowego RP wniosek o udzielenie prawa ochronnego na wzór użytkowy (W1).

Podsumowanie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego

Do najważniejszych moich osiągnięć związanych z rozwojem inżynierii materiałów włókienniczych zaliczam:

- opracowanie włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych, których zastosowanie pod odzieżą ochronną wpływa na kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą i na organicznie dyskomfortu podczas pracy,
- opracowanie włókienniczych struktur materiałowych i odzieżowych z materiałami aktywnymi, które reagują na zmiany poziomu zagrożeń w środowisku pracy, dostosowując odpowiednio poziom ochrony, dzięki czemu zmniejsza się dyskomfort podczas pracy w odzieży ochronnej,
- opracowanie metod badań, pozwalających na ocenę opracowanych struktur materiałowych i odzieżowych w aspekcie ich funkcjonalności.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych

Moja pozostała działalność naukowa po osiągnięciu stopnia doktora związana była z zakresem działań Pracowni Odzieży Ochronnej, której pracami kieruję od 16 lat i dotyczyła zagadnień związanych z:

- opracowywaniem nowych konstrukcji środków ochrony indywidualnej przy wykorzystywaniu nowych materiałów, ukierunkowanych na zapewnienie właściwości ochronnych i komfortu użytkowego,
- opracowaniem nowych metod badań właściwości ochronnych oraz ergonomicznych odzieży ochronnej.

Prace badawcze związane z opracowywaniem nowych konstrukcji środków ochrony indywidualnej przy wykorzystywaniu nowych materiałów, ukierunkowanych na zapewnienie właściwości ochronnych i komfortu użytkowego

Prace badawcze związane z kształtowaniem mikroklimatu pod barierą ochronną kontynuowałam w ramach kierowanego przez mnie w latach 2006-2007 projekt celowego ROW-II-87/2006. Za osiągnięcie badawcze uważam opracowanie wraz z zespołem którym kierowałam **modelu półmaski filtrującej klasy FFP3 D z warstwą pochłaniającą wilgoć.**

Prace związane z opracowaniem półmaski zostały podjęte ze względu na pozytywne wyniki badań związanych z wkładami z włóknami superabsorpcyjnymi do pochłaniania potu pod barierową odzieżą ochronną. W ramach projektu celowego opracowano wspólnie z firmą POLFILTER Zakład Pracy Chronionej, Ryszard Jaszczyński, Włodzimierz Wałęsiński, z Łodzi, model półmaski filtrującej klasy FFP3 D z warstwą pochłaniającą wilgoć. Warstwa sorpcyjna zapewnia bezpośrednie wchłanianie wilgoci w postaci pary wodnej w obrębie czaszy półmaski i potu z powierzchni skóry twarzy użytkownika. Badania wykazały, że uzyskano poprawę komfortu użytkowania przy zachowaniu parametrów najwyższej klasy ochronnej dla półmasek filtrujących FFP3, dzięki czemu zapewniono wydłużenie bezpiecznego czasu użytkowania półmaski filtrującej. Wynalazek został wdrożony do produkcji przez polskiego producenta i ma zastosowanie w przemyśle wydobywczym – kopalnie węgla kamiennego, rudy miedzi oraz w budownictwie i przemyśle farmaceutycznym. Wyniki prac w tym zakresie przedstawiłam w załączniku nr 5 pozycja I.B.2.

Półmaska filtrująca z warstwą pochłaniającą wilgoć została nagrodzona złotym medalem na Światowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik BRUSSELS EUREKA 2007, a praca badawcza w ramach której ją opracowano zdobyła nagrodę II stopnia w Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy w kategorii prace naukowo-badawcze z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii służące poprawie warunków pracy mające zastosowanie w praktyce.

Doświadczenie wynikające z prowadzonych przeze mnie prac badawczych związanych z kształtowaniem mikroklimatu pod odzieżą ochronną wykorzystałam przy opracowaniu **indywidualnie modyfikowanego ubioru do prac w zimnym środowisku**. Prace w tym zakresie były prowadzone w latach 2011-2013 w ramach projektu 03.A.11, kierowanego przez dr Annę Marszałek. Podjęcie tej pracy badawczej wynikało z faktu, że obecnie produkowana odzież do ochrony przed zimnem o jednakowej izolacyjności na całej powierzchni nie zapewnia komfortu cieplnego pracownikom wykonującym pracę o zmiennym wydatku energetycznym oraz w zmieniających się warunkach środowiska termicznego. Opracowany w ramach projektu nowy ubiór do pracy w zimnym środowisku zawiera w swojej konstrukcji nowoczesne dzianiny i tkaniny, które zapewnią odprowadzanie wilgoci z powierzchni skóry. Konstrukcja odzieży uwzględnia dwa modele sylwetek - damską i męską, ze względu na istotny wpływ stopnia dopasowania odzieży na jej ciepłochronność. W celu zapewnienia właściwej ochrony przed zimnem dla różnych osób, w różnych warunkach środowiska zimnego i przy zmieniającej się intensywności i pracy, odzież ciepłochronna ma budowę modułową, co umożliwi indywidualne dostosowywanie ubioru do potrzeb wynikających ze zmiany warunków termicznych otoczenia lub intensywności wykonywanej

pracy. Charakteryzuje się zróżnicowaną izolacyjnością cieplną dostosowaną do stref cieplnych człowieka w obszarze wybranych modułów, aby nie powodować dodatkowego obciążenia cieplnego oraz nie ograniczać transportu wilgoci z obszarów ciała o największej potliwości. Budowa poszczególnych modułów uwzględnia funkcje, jakie dany moduł ma spełniać, jak również współdziałanie z organizmem użytkownika odzieży w zakresie wymiany ciepła i odprowadzania potu w formie cieczy i pary wodnej. Wyniki tej pracy przedstawiono w publikacji w załączniku nr 5 poz. II.E (Publikacje w czasopismach międzynarodowych lub krajowych spoza bazy JCR poz.6). Opracowana odzież ochronna jest przedmiotem zgłoszenia wzoru użytkowego wymienionego w załączniku nr 5 poz. II.C.

Za jedno z moich najważniejszych osiągnięć naukowych z ostatnich lat, związanych z dyscypliną naukową włókiennictwo uważam opracowanie wraz z zespołem badawczym, **zestawów bielizny i odzieży ochronnej dla ratowników górniczych**. Prace w tym zakresie prowadziłam w ramach kierowanego przez mnie w latach 2013-2016 projektu pt. „Opracowanie odzieży ochronnej dla ratowników górniczych” w strategicznym projekcie badawczym pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”. Projekt realizowany był przez konsorcjum: CIOP-PIB – lider oraz Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A. i ZOSP RP Wytwórnia Umundurowania Strażackiego.

Przesłanką do podjęcia prac badawczych były warunki jakie występują podczas akcji ratowniczych prowadzonych w kopalniach węgla kamiennego, występowanie zagrożeń wybuchowych i klimatycznych oraz bardzo duży wydatek energetyczny ratowników spowodowany dodatkowym obciążeniem. Jako główne przyczyny zgonów wśród ratowników górniczych wskazuje się oparzenia znacznej powierzchni ciała i dróg oddechowych oraz przegrzanie organizmu (śmierć na skutek udaru cieplnego). Ponadto, dotychczas stosowana odzież nie spełniała potrzeb ratowników górniczych w zakresie komfortu użytkowania.

W ramach kierowanego przez mnie projektu opracowana została:

- odzież ochronna dla ratowników górniczych o właściwościach trudnopalnych i antyelektrostatycznych wspomagająca funkcje termoregulacyjne głównie dzięki zastosowanym w stójce elementom chłodzącym z materiałami przemiany fazowej (PCM) w formie makrokapsulek oraz otworom wentylacyjnym w rękawach i nogawkach,
- bielizna z elementami chłodzącymi, w której do odprowadzania nadmiaru ciepła z ciała ratowników górniczych wykorzystano PCM w formie makrokapsulek,
- bielizna z systemem wentylacji, w której schłodzone powietrze dostarczane jest ze zmodyfikowanego aparatu powietrznego-butlowego i rozprowadzane na plecach użytkownika w celu odbierania nadmiaru ciepła.

Główną cechą wyróżniającą opracowany zestaw odzieży ochronnej dla ratowników górniczych jest fakt, iż odzież ta została tak zaprojektowana, aby była kompatybilna z bielizną z elementami chłodzącymi lub z bielizną z systemem wentylacji, jak również z wyposażeniem dodatkowym ratownika górniczego. Sposób rozmieszczenia elementów chłodzących w bieliznie i odzieży umożliwia odprowadzanie ciepła z części ciała, które ulegają największemu nagrzewaniu podczas wysiłku. Jako elementy chłodzące zaimplementowane w odzieży ochronnej i bieliznie dla ratowników górniczych zastosowano dwa rodzaje materiałów przemiany fazowej w formie makrokapsulek o temperaturze przemiany fazowej $25 \div 33$ (entalpia 84 J/g) i $33 \div 44$ (entalpia 175 J/g), co umożliwia uzyskanie stopniowego efektu endotermicznego z uwagi na szeroki zakres temperatur działania elementów chłodzących. Makrokapsułki PCM umieszczono w elementach chłodzących, wykonanych z trudnopalnej siatki dzianinowej. Kanały w elementach chłodzących wypełniono naprzemiennie dwoma rodzajami makrokapsulek.

Do współpracy z bielizną z funkcją wentylacji zaprojektowano i wykonano system doprowadzenia powietrza zamontowany w zmodyfikowanych nadciśnieniowych aparatach powietrznych-butlowych.

Właściwości ergonomiczne oraz termoregulacyjne opracowanych zestawów bielizny i odzieży ochronnej zostały potwierdzone podczas badań laboratoryjnych z wykorzystaniem manekina termicznego, jak również podczas badań z udziałem ratowników górniczych. Stwierdzono pozytywny wpływ bielizny z elementami chłodzącymi i systemem wentylacji na odbieranie ciepła z ciała ratowników górniczych. W zależności od badanego wariantu zastosowane rozwiązania termoregulacyjne umożliwiają odprowadzanie ciepła z ciała ratownika na poziomie nawet ok. 30 W/m^2 , dzięki czemu bezpieczny czas przebywania ratownika górniczego w miejscu prowadzenia akcji będzie mógł być odpowiednio wydłużony. Przewiduje się wdrożenie odzieży ochronnej i bielizny z materiałami przemiany fazowej do produkcji przez konsorcjanta projektu, ZOSP RP Wytwórnia Umundurowania Strażackiego, na podstawie podpisanej umowy wdrożeniowej nr 4/TU/2016/P z dnia 15.07.2016 r.

Wyniki badań odzieży ochronnej i bielizny z systemem wentylacji w komorze klimatycznej przedstawiłam w publikacjach w załączniku nr 5 poz. II.A.1., II.E. (Monografie o zasięgu międzynarodowym, poz. 5), II.E. (Monografie o zasięgu krajowym, poz. 3). Opracowana odzież i bielizna są przedmiotem zgłoszeń wzorów użytkowych przedstawionych w załączniku nr 5 poz. II.D.

Wyniki projektu przedstawiono na wielu konferencjach wyszczególnionych w załączniku nr 6 (konferencje międzynarodowe: poz. 1, 2, 4, 5 i konferencje krajowe: poz. 3, 5, 7).

Zestaw odzieży ochronnej i bielizny dla ratowników górniczych otrzymał złoty medal i nagrodę Prize of the National Authority for Scientific Research and Innovation Romania podczas wystawy Eureka! The World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies w Brukseli w 2016 r. Praca badawcza dotycząca opracowania i badań zestawu odzieży ochronnej i bielizny dla ratowników górniczych otrzymała nagrodę I stopnia w kategorii prace naukowo-badawcze w 44 edycji Ogólnopolskiego Konkursu Poprawy Warunków Pracy w 2016 r.

Prace badawcze związane z opracowaniem nowych metod badania właściwości ochronnych oraz ergonomicznych odzieży ochronnej

W latach 2007 - 2014 w ramach projektu kluczowego ENVIROTEX pt. „Barierowe materiały nowej generacji chroniące człowieka przed szkodliwym działaniem środowiska” (POIG.01.03.01-00-006/08), koordynowanego przez Instytut Włókiennictwa, kierowałam pracami badawczymi prowadzonymi przez CIOP-PIB w temacie nr II pt. „Materiały barierowe chroniące przed promieniowaniem ultrafioletowym (UV)”. Realizacja tego projektu wynikała z faktu, że w Polsce na promieniowanie UV narażonych jest wiele tysięcy pracowników wykonujących pracę w przestrzeni otwartej jak również poddanych oddziaływaniu promieniowania emitowanego przez sztuczne źródła promieniowania, a z analizy zagrożeń wynika, że nie zawsze są oni odpowiednio chronieni. Ponadto, dotychczas stosowany współczynnik barierowości materiałów włókienniczych chroniących przed naturalnym promieniowaniem nadfioletowym (UPF) nie może być wykorzystywany do oceny materiałów stosowanych na środki ochrony indywidualnej przed sztucznym nielaserowym promieniowaniem nadfioletowym. Wynika to zarówno z zakresu widmowego (290 - 400 nm), jak i rozkładu widmowego źródła promieniowania (zbliżonego do rozkładu widmowego promieniowania słonecznego) przyjmowanych do wyznaczania współczynnika UPF. W związku z tym zespół badawczy, którym kierowałam opracował nowe współczynniki barierowości materiałów włókienniczych chroniących przed nielaserowym sztucznym promieniowaniem nadfioletowym, które uwzględniają różne krzywe skuteczności biologicznej oddziaływania nadfioletu na organizm człowieka, takie jak: erytemalną (w odniesieniu do zakresu UV z przedziału 200 - 400 nm), kancerogenną, uszkodzenia DNA, aktywną i witaminową (synteza witaminy D3). Sposób oceny barierowości ze względu na wymienione skuteczności biologiczne może być zastosowany do każdego źródła UV po wyznaczeniu widmowego współczynnika przepuszczania dla reprezentatywnej liczby próbek. Metoda wyznaczania nowych współczynników barierowości i kryteria oceny mogą być wykorzystane w praktyce przy doborze materiałów włókienniczych na środki ochrony indywidualnej. Jako kryterium klasyfikujące materiały włókiennicze, z których może być wykonywana odzież

chroniąca przed promieniowaniem nadfioletowym przyjęto cztery klasy ochrony, dla których zapewniona jest całkowita ochrona przed promieniowaniem UV w zależności od mocy promieniowania oraz czasu narażenia. Opracowana została procedura badawcza wyznaczania wskaźników barierowości materiałów odzieżowych. Opracowane w CIOP-PIB kryteria doboru odzieży i rękawic ochronnych do poziomu zagrożeń od sztucznych źródeł promieniowania UV na stanowiskach pracy zostały wdrożone w Instytucie Przemysłu Skórzanego w Łodzi (kryteria techniczne KT-12/2013). Wyniki prac badawczych w tym projekcie przedstawiłam w publikacjach przedstawionych w załączniku 5 poz. II.E: 14, 15 19, (publikacje w czasopismach międzynarodowych lub krajowych spoza bazy JCR). Wyniki prac zostały również zaprezentowane na konferencjach międzynarodowych - załącznik nr 6 poz. L (konferencje międzynarodowe – postery poz. 1).

W ramach działalności związanej z opracowywaniem i doskonaleniem metod badań odzieży ochronnej, za swoje osiągnięcie badawcze, związane z dyscypliną naukową włókiennictwo uważam **opracowanie wzorców odniesienia do badań materiałów chroniących przed czynnikami gorącymi**. W wyniku prac badawczych prowadzonych w ramach kierowanego przez mnie w latach 2005-2008 projektu 03.8 (program wieloletni pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”, etap II). W ramach prac badawczych opracowane zostały wzorce dla podstawowych metod badania odporności materiałów na działanie promieniowania cieplnego. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacji załącznik nr 5 poz. II.E (Publikacje w czasopismach międzynarodowych lub krajowych spoza bazy JCR poz.11).

Za ważne osiągnięcie badawcze związane z dyscypliną naukową włókiennictwo uważam opracowanie nowych **metod badań właściwości ergonomicznych odzieży ochronnej** w ramach koordynowanego przez ze mnie w latach 2014 – 2016 zadania badawczego 3.Z.12 pt. „Opracowanie metodyki badań i oceny ergonomicznej nowych konstrukcji odzieży ochronnej, uwzględniającej jej funkcje i przewidywane warunki użytkowania”. Zgodnie z Dyrektywą 89/686/EWG, środki ochrony indywidualnej powinny być tak zaprojektowane, aby wykluczały zagrożenia i inne niedogodności w przewidywanych warunkach użytkowania. Wszelkie utrudnienia związane z poruszaniem się, zmianą pozycji ciała i postrzeganiem zmysłami w wyniku ich użytkowania powinny być zminimalizowane. Dotyczy to w dużej mierze odzieży ochronnej, która nieodpowiednio zaprojektowana może znacznie utrudniać wykonywanie czynności zawodowych wymagających różnych pozycji ciała. Można tego uniknąć dzięki uwzględnieniu zasad ergonomii na etapie projektowania odzieży ochronnej i ocenę właściwości ergonomicznych na podstawie adekwatnej metodyki badawczej.



Podczas realizacji ww. pracy badawczej zaproponowałam nowe podejście do oceny ergonomicznej odzieży ochronnej, która prowadzona jest podczas badań eksploatacyjnych dwutorowo, tj. przez uczestnika badań oraz przez osobę prowadzącą badania, na podstawie pytań zawartych w specjalnie przygotowanych do tego celu kwestionariuszach ankietowych oraz opracowanie nowych skwantyfikowanych wskaźników oceny ergonomicznej odzieży. Nowością w opracowanej metodyce jest porównywanie badanej odzieży z odzieżą referencyjną, opracowaną specjalnie do badań ergonomicznych. Ze względu na dużą różnorodność konstrukcji odzieży ochronnej, założyłam modułowe podejście do metodyki badań ergonomicznych odzieży ochronnej. Poszczególne moduły przedstawiają metody badań i oceny odzieży ochronnej o różnym przeznaczeniu i stanie zaawansowania technologicznego. Mogą być one wykorzystywane pojedynczo lub w kombinacjach, w zależności od rodzaju odzieży ochronnej podlegającej ocenie, jej przeznaczenia oraz celu, w jakim ocena jest przeprowadzana. Moduł podstawowy, obowiązkowy do wstępnej oceny każdego rodzaju odzieży ochronnej, niezależnie od złożoności jej konstrukcji; moduł ten może być jedynym modułem stosowanym do oceny prostych konstrukcji odzieży ochronnej, nieprzeznaczonych do stosowania w warunkach ekstremalnych zagrożeń. Procedura badawcza moduł rozszerzony, wykorzystywana jest w badaniach i ocenie odzieży ochronnej przeznaczonej do stosowania przy wyższych poziomach zagrożeń niż w przypadku odzieży ochronnej ocenianej zgodnie z modułem podstawowym, a także dla odzieży ochronnej stosowanej przy zagrożeniach ekstremalnych i będzie modyfikowana w zależności od rodzaju zagrożeń, przed którymi odzież ma chronić. Procedura - moduł oceny komfortu cieplnego pozwala ocenić komfort cieplny użytkownika ubranego w odzież ochronną na podstawie pomiarów parametrów fizjologicznych, tj. częstości skurczów serca, temperatury skóry, intensywności pocenia, parametrów fizycznych mikroklimatu pododzieżowego, a także na podstawie subiektywnej oceny odczuć cieplnych użytkownika. Procedura - moduł specjalistyczny jest stosowana do oceny zaawansowanej technologicznie odzieży ochronnej, która oprócz funkcji ochronnych pełni również dodatkowe funkcje związane m.in. z monitorowaniem parametrów środowiska pracy lub parametrów fizjologicznych użytkownika, a także odzieży aktywnej, reagującej w sposób zamierzony na zmiany w środowisku pracy lub zachodzące w organizmie jej użytkownika. W każdym z modułów założono ocenę odzieży w aspekcie psychologicznym, na podstawie odpowiednio dobranych testów

Moim osiągnięciem naukowym jest opracowanie skwantyfikowanych wskaźników oceny ergonomicznej: klasy komfortu, wskaźnika zmiany ruchomości w stawach, które wynikają z badań porównawczych badanej odzieży z odzieżą referencyjną. Dodatkowo dla odzieży inteligentnej zaproponowano wskaźnik akceptowalności, na podstawie którego można ocenić czy odzież może zostać przeznaczona do wprowadzenia na rynek i

stosowania. Wyniki moich prac zostały przedstawione w publikacjach (załącznik nr 5 poz. II.A: 3, 4 oraz E (Publikacje w czasopismach międzynarodowych lub krajowych spoza bazy JCR poz. 1) a także na konferencji Technicznych i Specjalnych Wyrobów Włókienniczych InnovaTex 2016 w Łodzi w referacie „Ocena właściwości ergonomicznych odzieży ochronnej na podstawie badań laboratoryjnych”.

6. Szczegółowy dorobek publikacyjny, wynalazczy i wdrożeniowy

Szczegółowe wykazy moich osiągnięć naukowych i aplikacyjnych, po uzyskaniu stopnia doktora przedstawiłam w załącznikach 5 i 6, a sumaryczny dorobek prezentuję w tabeli poniżej.

L.p.	KRYTERIUM WEDŁUG §3 P.4, §4 i §5	TAK (liczba)/ BRAK
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	14 (310 pkt. MNiSW)
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	8
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe	a) Brak b) 2 zgłoszenia patentowe, 5 zgłoszeń wzorów użytkowych
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowe lub krajowych wystawach lub targach	3
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	58 (291 pkt. MNiSW)
6.	Autorstwo lub współautorstwo poradników, broszur i artykułów popularnonaukowych	10
7.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	6
8.	Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	10,563
9.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	40 (29 bez autocytowań)
10.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	3
11.A.	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi	a) - b) 9
11.B.	Udział w projektach badawczych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 2 b) 16
12.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	10

L.p.	KRYTERIUM WEDŁUG §3 P.4, §4 i §5	TAK (liczba)/ BRAK
13.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 11 referatów, b) 15 referatów
14.	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	5
15.	Aktywny udział w konferencjach naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 19 referatów, 5 plakatów, b) 17 referatów
16.	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych: a) międzynarodowych, b) krajowych	a) 11 b) -
17.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	1
18.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	4
19.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: a) naukowcami z innych ośrodków polskich b) naukowcami z innych ośrodków zagranicznych c) przedsiębiorstwami, innymi niż wymienione wyżej	a) 1 b) 1 c) 2
20.	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	2
21.A.	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	4
21.B.	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	1
22.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	7
23.	Opieka naukowa nad studentami	11
24.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze: a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego	a) - b) 1
25.	Stáže w ośrodkach naukowych lub akademickich: a) zagraniczne b) krajowe	a) 5 b) -
26.	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	3
27.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	3
28.	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych	a) - b) 8
29.	Recenzowanie publikacji w czasopismach: a) międzynarodowych b) krajowych	a) 24 b) 33
30.	Inne osiągnięcia	2