

dr inż. Izabela Jasińska

Autoreferat

*Instrumentalna metoda oceny odporności na ścieranie jako narzędzie w ocenie trwałości
użytkowej wyrobów włókienniczych*

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny
Łódź, 2026*

Spis treści

1. Dane osobowe
2. Stopień naukowy
3. Wykształcenie podyplomowe
4. Przebieg kariery zawodowej
5. Osiągnięcia, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20.07.2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r poz. 742 z póź. zm):
 - a. monografia naukowa wydana przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a.
6. Wprowadzenie
7. Cele badawcze i uzasadnienie podjęcia badań
8. Opis osiągnięć
9. Aktywność naukowa zrealizowana w uczelniach, w szczególności zagranicznych
10. Zestawienie ilościowe dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

1. Dane osobowe

Izabela Jasińska

2. Stopień naukowy

26.07.2005 mgr inż. w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa (dawnej włókiennictwo), Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii i Marketingu Tekstyliów, kierunek włókiennictwo, specjalność odzieżownictwo

Tytuł pracy magisterskiej:

26.05.2012 dr inż. w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa (dawnej włókiennictwo), Politechnika Łódzka, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów

Tytuł rozprawy doktorskiej: Instrumentalna metoda oceny pillingu wyrobów włókienniczych
promotor: dr hab. Krzysztof Gniotek, prof. PŁ, dr hab. Zbigniew Stempień prof. PŁ.

3. Wykształcenie podyplomowe

2008-2009 – roczne studia podyplomowe „Analiza obrazów i sygnałów w zastosowaniach biomedycznych” Politechnika Łódzka, Wydział Informatyki, Elektrotechniki i Elektroniki,

2009-2010 – roczne studia podyplomowe „Systemy zarządzania jakością wg norm serii 9000”, Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania

Dyplom audytora wewnętrznego – norma 9000, 14000

Certyfikat TELC poziom B2 – język niemiecki

Certyfikat IELTS poziom 6.5 – język angielski

4. Przebieg kariery zawodowej

2005-2006 – roczny staż w PPHU GAPPOL w Łodzi na stanowisku projektant- konstruktor odzieży.

2006 – 2008 – specjalista w Laboratorium Metrologii Włókienniczej ITTD Tricotextil w Łodzi,

2008-2012- specjalista w Laboratorium Badań Surowców i Wyrobów Włókienniczych Instytutu Włókiennictwa w Łodzi (po konsolidacji ITTD Tricotextil, IAT, IIMW i Instytutu Włókiennictwa w 2007r),

2012-2019 – adiunkt w Laboratorium Badań Surowców i Wyrobów Włókienniczych Instytutu Włókiennictwa w Łodzi, następnie Łukasiewicz-Institut Włókiennictwa, Łukasiewicz- Łódzki Instytut Technologiczny

2019-2021 – adiunkt w Zakładzie Badawczym Mechanicznych Technologii Włókienniczych, Łukasiewicz- Łódzki Instytut Technologiczny

2021-2024 - starszy specjalista ds. naukowo-badawczych w Centrum Włókiennictwa, Łukasiewicz- Łódzki Instytut Technologiczny

2024-aktualnie – starszy specjalista w Centrum Włókiennictwa, Obuwia i Bioprocessów Łukasiewicz- Łódzki Instytut Technologiczny

5. Osiągnięcia, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20.07.2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r poz. 742 z póź. zm):

a. *monografia naukowa wydana przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a,*

Izabela Jasińska *Instrumentalna metoda oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych* ISBN 978-83-7789-750-8. Wydawnictwo Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Eksploatacji, Łódź 2024.

Recenzenci redakcyjni monografii:

dr hab. inż. Zbigniew Stempień, prof. PŁ,

dr hab., inż. Halina Szafrńska, prof. URad.

Monografia zawiera opis następujących osiągnięć w dyscyplinie inżynieria materiałowa:

O1: zasada nowej instrumentalnej metody identyfikacji punktu końcowego dla oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych wraz z opisem kryteriów końca badania kompatybilnych ze znormalizowaną metodyką,

O2: kompleksowa analiza cech metrologicznych instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych, obejmującą m.in. wyznaczenie progu czułości metody, powtarzalności i odtwarzalności poprzez wartości wskaźników precyzji dla tej metody.

Przedstawione powyżej osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę wniosku dotyczącego opracowania przeze mnie nowej instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych wraz z jej charakterystyką metrologiczną.

6. Wprowadzenie

6.1 Odporność na ścieranie wyrobów włókienniczych

Odporność na ścieranie stanowi jeden ze wskaźników opisujących trwałość mechaniczną i użytkową wyrobów włókienniczych. Szczególne znaczenie ma ona w przypadku oceny właściwości wyrobów przeznaczonych na odzież roboczą czy ochronną, umundurowanie a także w ocenie włókienniczych wyroby technicznych. Aktualnie w praktyce laboratoryjnej stosowanych jest kilka metod oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych. Ogólnie przyjmuje się trzy typy kryteriów oceny:

- wyrażające czas ścierania (poprzez liczbę suwów przyrządu) do pojawienia się określonej zmiany w wyglądzie próbki, jej uszkodzenia lub zniszczenia,
- wyrażające zmianę określonej właściwości fizycznej lub fizykochemicznej wyrobu włókienniczego po określonym czasie ścierania,
- wskaźniki pochodne wyznaczone na podstawie przebiegu zmian danej właściwości wyrobu włókienniczego w funkcji czasu ścierania.

Pierwsze z kryteriów, zawarte m.in. w PN-EN ISO 12947-2 jest najczęściej stosowane z uwagi na łatwość w implementacji w praktyce laboratoryjnej i klasyfikację wyrobów. Wymieniona norma jest wskazywana praktycznie we wszystkich specyfikacjach wyrobów włókienniczych o przeznaczeniu odzieżowym – w tym odzież robocza, ochronna, specyfikacje umundurowania, w większości specyfikacji dla wyrobów technicznych. Pozostałe kryteria nie znalazły powszechnego zastosowania w działalności laboratoryjnej z uwagi na niewielkie rozmiary próbek elementarnych poddawanych ścieraniu, uniemożliwiające w praktyce wykonanie badań wyrób poddawanych procesowi ścierania.

Ocena odporności na ścieranie z zastosowaniem PN-EN ISO 12947-2 polega na interpretacji oraz implementacji kryteriów końca badania przedstawionych w formie opisowej. Podstawowym narzędziem w ocenie jest percepcja wzrokowa operatora badania, który dokonuje identyfikacji punktu końcowego za pomocą wzrokowej obserwacji zmian zachodzących na powierzchni próbki poddanej ścieraniu. Z mojej wieloletniej praktyki laboratoryjnej wynika, że identyfikacja punktu końcowego badania odporności na ścieranie jest procesem wymagającym doskonałej percepcji wzrokowej operatora oraz jego wysokich kompetencji w różnicowaniu zmian występujących na powierzchni próbki poddawanej ścieraniu. Biorąc pod uwagę różnorodność w budowie wyrobów włókienniczych a także ich barwę czy masy liniowe przędzy z których zostały one wykonane identyfikacja punktu końcowego badania w ocenie odporności na ścieranie jest bardzo kompleksowa. W związku z tym jako cel pracy badawczej obrałam zastąpienie subiektywnej oceny wizualnej dokonywanej przez operatora badania identyfikacją punktu końcowego badania wspomaganą instrumentalnie poprzez narzędzia analizy obrazu próbki. Ocenę odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych wybrałam jako cel prowadzonych przez mnie prac badawczych z uwagi nie tylko na subiektywny charakter oceny tego wskaźnika lecz także na jego znaczenie w ocenie wyrobów włókienniczych. Obiektem moich poprzednich prac, zwieńczonych uzyskaniem stopnia naukowego doktora była metoda oceny pillingu i zmechacenia wyrobów włókienniczych, podobnie jak w przypadku odporności na ścieranie, jest to instrumentalna metoda oceny. W przypadkach obu metod celem moich badań było przeniesienie oceny zmian

powstających na próbkach w wyniku procesu pillingowania bądź ścierania z dziedziny oceny organoleptycznej, subiektywnej i opartej na interpretacji opisu zawartego w normie przedmiotowej badania do dziedziny analizy obrazu próbki, realizowanej z wykorzystaniem algorytmów pozwalających zidentyfikować określone zmiany i przedstawić je w formie numerycznej. W ten sposób powstały opracowane przeze mnie instrumentalne metody oceny odporności na pilling i zmechanienie oraz będąca przedmiotem procesu habilitacyjnego metoda oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych. Celem opracowania instrumentalnych metod w obu przypadkach było uproszczenie i przyspieszenie oceny, wsparcie operatora badania w procesie podejmowania decyzji o osiągnięciu przez próbkę punktu końcowego badania (odporność na ścieranie) oraz zwiększenie powtarzalności i odtwarzalności metody. Wyniki badań biegłości organizowanych przez renomowane jednostki (np. Testex AG Szwajcaria) ujawniają niską odtwarzalność w badaniu odporności na ścieranie. W przypadku raportu z badania biegłości Rundtest no 15 (2019) aż 23% z uczestniczących 92 laboratoriów uzyskało wynik wątpliwy lub nieakceptowalny, zaś w Rundtest no 17 (2021) udział procentowy wyników niezgodnych wyniósł aż 44%, przy 36 uczestniczących laboratoriach. W swojej wieloletniej praktyce laboratoryjnej również spotkałam się z wieloma trudnościami w ocenie odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych. Identyfikowanie punktu końcowego badania, bazujące na opisie zawartym w przedmiotowej normie jest wielokrotnie trudne i czasochłonne. Niewątpliwie jedyną pewną metodą identyfikacji punktu końcowego badania jest sprucie próbki i analiza pojedynczych przędz w celu wykrycia przędzy przerwanej – w przypadku wyrobów płaskich, bez pokrywy. Niestety ta metoda znacznie wydłuża proces badania, gdyż każdorazowo badanie należy wykonywać od nowa z uwagi na zniszczenie próbki. Dlatego też przedstawiona wyżej procedura nie znalazła zastosowania w praktyce laboratoryjnej, gdzie dominuje także czasochłonna obserwacja próbki z zastosowaniem urządzenia powiększającego. Alternatywę dla opisanych metod identyfikacji punktu końcowego badania stanowi opracowana przeze mnie metoda instrumentalna.

6.2 Znaczenie wskaźnika odporności na ścieranie

Jak już wspomniałam, odporność na ścieranie jest ważnym elementem w kompleksowej ocenie wyrobów włókienniczych, w szczególności przeznaczonych na odzież, w tym umundurowanie, odzieży roboczą, ochronną jako elementu chroniący człowieka przed warunkami środowiska zewnętrznego. Odporność na ścieranie wyrobów włókienniczych stosowanych do konfekcjonowania odzieży roboczej i ochronnej, w tym rękawic stanowi istotne wymaganie, określone ilościowo w dokumentach znormalizowanych wymienionych w Tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane normy zawierające wymaganie odnośnie odporności na ścieranie

Lp	Norma	Metoda badania	Wymaganie dot. odporności na ścieranie
1	PN-P-04625:1997 Odzież robocza. Ubrania robocze.	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: tkanina wełniana	20 000-25 000 suwów
2	PN-EN 388 Odzież ochronna Rękawice ochronne. pkt. 6.1	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	100-8000 suwów w zależności od poziomu skuteczności
3	PN-EN 530	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	10000-25000 suwów
4	PN-EN ISO 343	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	1000 suwów -ścieranie stanowi przygotowanie do badania
5	PN-EN ISO 20471	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: tkanina wełniana	5000 cykli – przygotowanie do badania właściwości odbaskowych
6	PN-EN 14325	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	10-2000 suwów w zależności od poziomu skuteczności
7	PN-EN 13034	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	100-8000 suwów w zależności od poziomu skuteczności
8	PN-EN 1073-1	PN-EN 14325, PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: papier ścierny	100-8000 suwów w zależności od poziomu skuteczności
9	PN-EN 16689	PN-EN ISO 12947-2 ścieracz: tkanina wełniana	min 20000 suwów

Odporność na ścieranie określa trwałość użytkową materiału włókienniczego chroniącego ciało człowieka przed czynnikami środowiska, niekiedy stanowiącymi dla niego zagrożenie (np. w warunkach środowiska pracy- czynniki obecne na stanowisku pracy). Trwałość ta jest określana poprzez odporność wyrobu na uszkodzenia w wyniku działania siły normalnej do jego powierzchni, powodującej tarcie fragmentów wyrobu o siebie (np. podczas użytkowania odzieży ochronnej) lub o inne medium (np. obecne w środowisku pracy- narzędzia, elementy urządzeń czy wyposażenie stanowiska pracy- blaty stołów). Uszkodzenia elementów odzieży ochronnej (najczęściej wewnątrz powierzchnie rękawów, mankiety, nogawki spodni, elementy konstrukcyjne węzłów kieszeni) oraz rękawic (wewnętrzna część rękawicy, obszary palców narażone na intensywne tarcie), powstałe w wyniku procesu ścierania są zwykle niepozorne, nawet niewidoczne i trudne w identyfikacji, obejmują niewielki obszar kilkukilkudziesięciu mm², jednak ich obecność skutkuje utratą właściwości ochronnych odzieży i rękawic, poprzez np. przenikanie szkodliwych substancji czy niebezpiecznych cząstek stałych- np. opiłki metali, strużyny, pył, zwiększony gradient przepływu ciepła promieniowania prowadzący do poparzenia. W skrajnych przypadkach uszkodzenia rękawic w wyniku

przetarcia może dojść do zranienia dłoni, palców. W dokumentach znormalizowanych przedstawionych w Tab. 1 podane są kryteria odporności na ścieranie, w formie liczby suwów którą wyrób powinien osiągnąć zanim zidentyfikowane zostaną kryteria przetarcia, np. przerwane nitki, dziura. Minimalna wymagana trwałość w odniesieniu do odporności na ścieranie zależna jest m.in. od zastosowanej metodyki badania, a przede wszystkim od medium ścierającego (tkanina wełniana lub papier ścierny).

Wymagania dotyczące poziomu odporności na ścieranie zawarte są także w Dokumentacjach Techniczno-Technologicznych dla umundurowania, stanowiących podstawę do oceny materiałów włókienniczych i wyrobów gotowych przeznaczonych na potrzeby obronności. W przypadku tkanin przeznaczonych na mundury odporność na ścieranie to nie tylko wskaźnik trwałości użytkowej lecz także parametr określający trwałość wzoru i komponentów kamuflażu. Dodatkowo odporność na ścieranie jest podstawowym wskaźnikiem w ocenie użyteczności innych elementów wyposażenia żołnierza, np. rękawic taktycznych.

Podnoszenie odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych, w szczególności przeznaczonych na odzież roboczą i ochronną stanowi cel licznych prac badawczych, zarówno dotyczących rozwiązań strukturalno-surowcowych jak i modyfikacji powierzchni wyrobów. Przykłady prac badawczych w tym zakresie przytoczono w rozdziale 5 monografii.

Podsumowując przedstawione rozważania stanowiące moją motywację dla przedstawionych w kolejnym punkcie przyjętych celów badawczych chcę podkreślić, że opracowanie i scharakteryzowanie pod względem metrologicznym instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie wybrałam z uwagi na istotne znaczenie wskaźnika odporności na ścieranie w ocenie trwałości użytkowej i bezpieczeństwie użytkowania wyrobów włókienniczych a także złożony proces oceny i trudności z zachowaniem precyzji oceny w warunkach laboratoryjnych.

7. Cele badawcze i uzasadnienie podjęcia badań

Cele badawcze badawczymi dla wskazanych osiągnięć O1 i O2:

- przeniesienie definicji punktów końcowych badania z poziomu opisowego zawartego w normie EN ISO 12947-2 do dziedziny analizy obrazu, co umożliwi łatwą ich implementację w działalności laboratoryjnej,
- zastąpienie subiektywnej identyfikacji punktu końcowego badania odporności na ścieranie, opartej wyłącznie na interpretacji opisu zmian próbki i percepcji wzrokowej operatora badania identyfikacją instrumentalną,
- zwiększenie powtarzalności, odtwarzalności i podniesienie precyzji oceny w badaniu odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych oraz obniżenie progu czułości dla tej oceny.

Przyjęłam następujące założenia dla opracowywanej przeze mnie instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie:

- generowanie zjawiska ścierania oraz kryteria wyznaczania punktu końcowego badania powinny być zgodne z PN-EN 12947-2 tak aby nowa metoda mogła być wykorzystywana w praktyce laboratoryjnej,
- wizualna inspekcja próbek podczas badania powinna być zastąpiona oceną ich obrazów, zarejestrowanych w możliwie niskiej rozdzielczości tak aby ich analiza nie wymagała dużej mocy obliczeniowej systemu komputerowego,
- rejestracja obrazów próbek powinna być realizowana w jednej operacji dla wszystkich badanych próbek, warunki sceny widzenia maszynowego powinny zapewnić jednorodność w oświetleniu próbek i brak ingerencji w stan powierzchni próbki,
- algorytmy zastosowane do analizy obrazów próbek powinny być możliwie proste i łatwe do implementacji w systemach komputerowych o małym mocach obliczeniowych,
- kryteria identyfikacji punktu końcowego badania powinny być jednoznacznie określone ilościowo i odpowiednie dla różnych typów wyrobów włókienniczych.

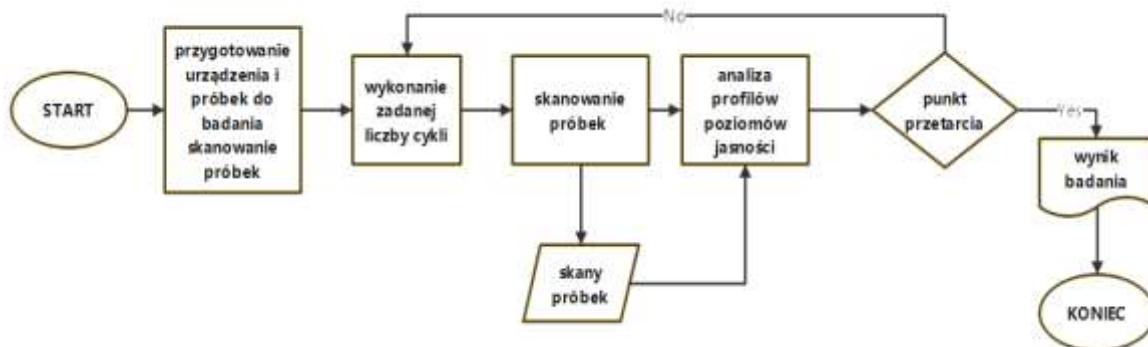
W moim zamiarze pozostaje docelowo przeniesienie oceny punktu końcowego badania odporności na ścieranie do dedykowanej przystawki dla urządzenia Martindale'a. Przyrząd ten, składający się ze skanera wielości zbliżonej do powierzchni próbki i układu elektronicznego do przetwarzania i analizy obrazu próbki pozwoliłby na szybką identyfikację stanu próbki bez konieczności jej wielominutowej żmudnej oceny z zastosowaniem mikroskopu stereoskopowego lub lupy.

8. Opis osiągnięć

8.1 O1: *Zasada instrumentalnej metody identyfikacji punktu końcowego dla oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych*

Opracowana przeze mnie instrumentalna metoda oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych oparta jest o badanie z wykorzystaniem przyrządu Martindale'a, jednak może być ona wykorzystana także w innych badaniach odporności na ścieranie. Kryteria identyfikacji punktów zniszczenia próbki są zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO 12947-2 i PN-EN 14465, w zależności od przeznaczenia wyrobu. Pozwala to na bezpośrednią implementację instrumentalnej metody oceny w praktyce laboratoryjnej, jako wsparcie w znormalizowanej ocenie wyrobów włókienniczych. Zasada instrumentalnej metody oceny odporności na

ścieranie polega na analizie profili poziomów jasności zebranych przed i w trakcie procesu ściernia i porównaniu ich z kryteriami odpowiadającymi osiągnięciu punktu zniszczenia. Schemat ideowy instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie przedstawia rys. 1.



Rys. 1 Schemat opracowanej metody

Początek badania, czyli proces zamocowania próbki na głowicy przyrządu Martindale oraz wykonanie przewidzianej przez normę liczby cykli jest taki sam jak w metodzie znormalizowanej. Następnie próbka do oceny odporności na ścieranie, zamocowana w głowicy przyrządu Martindale’a skanowana jest z zastosowaniem skanera o rozdzielczości akwizycji min. 600 dpi. Podczas realizacji badań nad opracowaniem metody oceny oraz podczas wyznaczania cech metrologicznych tej metody, wszystkie jednocześnie próbki były skanowane za pomocą skanera optycznego Canon CanoScan 8800F o maksymalnej rozdzielczości 4800x9600 dpi z 48-bitową głębią koloru, powierzchnia robocza skanera ma wymiar A4. Założona rozdzielczość 600 dpi wynika z wielkości próbki do oceny odporności na ścieranie, której średnica do oceny wynosi 31,75 mm. Przeliczając tą wartość na liczbę punktów skanowania (dpi) otrzymujemy linię profilu o długości 750 pikseli, co pozwala nam obliczyć, że 1 piksel jest kwadratem o boku 0,04 mm. Wartość ta została uznana za odpowiednią do zamierzonego zastosowania. Rozdzielczość akwizycji na poziomie 600 dpi jest także stosowana w skanerach o niewielkich rozmiarach powierzchni roboczej 30x30 mm (np. skanery odcinków palców), które można przystosować jako element przyrządu do analizy odporności na ścieranie. Z uwagi na fakt, że przyjęta w metodzie rozdzielczość skanera determinuje także wartości identyfikujące punkty końcowe badania odporności na ścieranie, kryteria ich wyznaczenia zostały podane także w mm.

Następnie skan próbki jest dzielony na linie o ustalonej szerokości, dla każdej z linii wyznaczany jest profil poziomów jasności, z zastosowaniem aplikacji Fiji 1.53. Aplikacja jest udostępniana na licencji domeny publicznej. Profile jasności są na bieżąco porównywane z

ustalonymi kryteriami identyfikacji punktu końcowego badania dla danego typu wyrobu włókienniczego. W przypadku wykrycia spełnienia przez profil jasności wspomnianego kryterium próbka jest uznana za przetartą i badanie zostaje zakończone. W przypadku identyfikacji częściowej punktu końcowego, np. przetarcie jednej nitki, badanie jest dalej realizowane do osiągnięcia punktu końcowego.

Przewagą tej oceny względem oceny wizualnej jest czas jej realizacji, wielokrotnie krótszy w odniesieniu do obserwacji i oceny powierzchni próbki metodą wizualną. Przykładowy czas oceny wizualnej jednej z min trzech próbek wynosi około 5 minut z zastosowaniem mikroskopu stereoskopowego lub lupy o powiększeniu $\times 8$, zaś czas skanowania powierzchni i oceny zgodnie z zapisanymi w algorytmie kryteriami - około 1 minuty. Ocena dokonywana jest po każdej liczbie cykli, których może być nawet $10 \div 15$, co oznacza znaczny spadek czasochłonności badania. Ponadto instrumentalna metoda oceny wspiera operatora badania w zakresie identyfikacji kryterium oceny, które często nie jest łatwe do wykrycia z uwagi na inne zmiany powierzchni próbki towarzyszące procesowi ścierania jak pilling czy zmechanienie.

Procedura oceny odporności na ścieranie metodą instrumentalną obejmuje następujące wyroby włókiennicze: tkaniny, dzianiny, wyroby z okrywą ciętą, wyroby drapane. Zakres metody oceny obejmuje także wyroby włókiennicze do zastosowania jako pokrycia mebli. Dla wymienionych rodzajów wyrobów włókienniczych zostały określone kryteria zniszczenia w oparciu o PN-EN ISO 12947-2 i PN-EN 14465. Zakres instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie obejmuje wyroby jednobarwne i wielobarwne wzorzyste, niezależnie od barwy.

Podsumowanie w zakresie osiągnięcia O1:

Opracowana przeze mnie instrumentalna metoda identyfikacji punktu końcowego w badaniu odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych cechuje się przede wszystkim ilościowym zdefiniowaniem punktu końcowego badania, wyrażonym numerycznie za pomocą algorytmu. Zaproponowana przeze mnie nowa metoda identyfikacji punktu końcowego badania odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych jest zgodna z opisem punktu końcowego badania zawartym w PN-EN ISO 12947-2, cechuje się szerokim zakresem stosowania (obejmuje większość wyrobów włókienniczych), nie jest wrażliwa względem barwy powierzchni wyrobów, opiera się na ściśle zdefiniowanych, ilościowych kryteriach wystąpienia punktu końcowego badania, pozwala skrócić czas analizy prób i ograniczyć subiektywny charakter oceny.

W ramach walidacji instrumentalnej metody oceny próbki w badaniu odporności na ścieranie wykonana została seria badań dla grupy zróżnicowanych wyrobów włókienniczych.

Opracowana przeze mnie metoda, opisana w publikacji Jasińska, I. (2025) *Textile fabrics abrasion resistance – the instrumental method for end point assessment*, *AUTEX Research Journal*, vol. 25, no 1 DOI 10.1515/aut-2025-0038 IF=1.6 została wykorzystana w badaniach trwałości użytkowej uelastycznionych tkanin przeznaczonych na odzież roboczą z udziałem przędzy z rdzeniem elastoolefinowym Jasińska I., Tkacz-Szczęśna B., Nejman A., S. Flinčec-Grgac (2026) *Durability assessment of elastolefin-based workwear fabrics*. *Fibres*, 14; 35, DOI 10.3390/fib14030035, IF=3,9

8.2 O2: Kompleksowa analiza cech metrologicznych instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych

Instrumentalna metoda oceny próbki w badaniu odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych została poddana ocenie pod względem wskaźników metrologicznych, tj. powtarzalności, odtwarzalności i progu czułości.

Powtarzalność instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie została wyznaczona w oparciu o eksperyment precyzji, bazując na serii pomiarów wartości jasności profili obrazów próbek wyrobów włókienniczych. Uzyskane wartości zostały następnie poddane analizie statystycznej, wyznaczone i ocenione zostały wartości statystyki osiągnięć P_A (p.9.3.6 ISO 13528:2022). Odtwarzalność instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie została wyznaczona w oparciu o wskaźniki rozrzutu wyznaczone w warunkach odtwarzalności oraz parametr PQ (p.3.2.3 PN-91/P-04600). W odniesieniu do metody instrumentalnej oceny odporności na ścieranie, próg czułości zależy od rodzaju badanego wyrobu. Najniższa wartość progu czułości została określona dla tkanin, wynosi 13 pikseli długości profilu, przy której zmiana obecna na próbce nie jest jeszcze identyfikowalna jako zniszczenie nitki. W zakresie zmian poziomów jasności najniższą wartość rozstępu amplitud sąsiadujących ze sobą pikseli odnotowano dla dzianin i wynosi ona 4, co stanowi niewiele ponad 1,5% maksymalnego możliwego do rejestracji rozstępu jasności, wynoszącego 256. Wartości progu czułości zostały wyznaczone w warunkach modelowych, tj. wyroby włókiennicze zostały uszkodzone poprzez przerwanie ciągłości jednej nitki nie w drodze procesu ścierania, tylko poprzez intencjonalne przecięcie nitki w strukturze tkaniny bądź dzianiny. W związku z tym długość profilu w ocenie progu czułości odpowiadająca zniszczeniu jednej nitki jest znacznie mniejsza niż w warunkach kryterium przetarcia, gdzie wartości te wynoszą minimum 30 pikseli, co jest spowodowane postępującym uszkodzeniem całej powierzchni próbki, nie zaś wyizolowanej nitki.

Uzyskane wyniki oceny powtarzalności i odtwarzalności zostały odniesione do analogicznych wartości wskaźników rozrzutu wyznaczonych w badaniach międzylaboratoryjnych i badaniach biegłości w zakresie odporności na ścieranie poprzez obliczenie współczynnika zmienności. Porównując wartości współczynnika zmienności uzyskane w badaniu precyzji instrumentalnej metody oceny odporności na ścieranie oraz badaniu biegłości stwierdza się, że metoda instrumentalna oceny odporności na ścieranie cechuje się lepszą odtwarzalnością niż opisana w normie PN-EN ISO 12947-2 wizualna metoda oceny. Bazując na wynikach badania międzylaboratoryjnego w zakresie oceny odporności na ścieranie z zastosowaniem znormalizowanej, wizualnej metody oceny, gdzie wyznaczono wartości tej samej statystyki osiągnięć (P_A), można stwierdzić, że instrumentalna metoda oceny odporności na ścieranie jest bardziej powtarzalna niż metoda oceny wizualnej. W odniesieniu do wartości progu czułości nie jest możliwe bezpośrednie porównanie tego wskaźnika dla obu metod, można wyrazić wartość 13 pikseli w mm (0,52 mm), bazując na znanej rozdzielczości skanera. Długość odcinka 0,52 mm nie stanowi jedynie szerokości nitki w tkaninie, lecz obejmuje obszar tkaniny pomiędzy nitkami, który ulega zmianie w chwili utraty ciągłości nitki. Wartość progu czułości dla metody wizualnej oceny w przypadku tkanin stanowi brak nitki, więc można uznać, że uzyskana w analizie wartość progu czułości 0,52 mm, wyrażająca długość profilu pomiędzy nitkami sąsiadującymi z przetarciem jest co najmniej na porównywalnym poziomie lub niższa. Analizując próg czułości metody instrumentalnej z punktu widzenia procesu analizy obrazu, dla zastosowanej rozdzielczości skanera linię obrazu długości 1 mm możemy indeksować aż 23 pikselami, każdy z nich może przyjmować dowolny z 256 poziomów jasności, a więc potencjalnie każdy z ich może mieć inną jasność, skutkuje niskim progiem czułości. Wówczas określony tą metodą próg czułości jest znacznie niższy w porównaniu z wizualną metodą detekcji przetartej nitki.

Podsumowanie w zakresie osiągnięcia O2:

Opracowana przeze mnie nowa metoda identyfikacji punktu końcowego badania odporności na ścieranie wyrobów włókienniczych cechuje się niższą wartością progu czułości w porównaniu ze znormalizowaną metodą oceny wizualnej opartej na opisie zmian i ich interpretacji, większą powtarzalnością i lepszą odtwarzalnością określoną ilościowo poprzez analizę porównawczą wskaźników precyzji dla obu metod identyfikacji punktu końca badania odporności na ścieranie.

9. Aktywność naukowa zrealizowana w uczelniach, w szczególności zagranicznych

9.1 Staż w ramach programu Erasmus+ , w roku akademickim 2016/2017, TKK University of Applied Science, Parnu 62, Tallin 10135 Estonia 3 dni (1.11÷4.11.2016).

W ramach stażu realizowałam serię wykładów zamawianych na Uniwersytecie Technicznym w Tallinie. W trakcie pobytu zostały wygłoszone wykłady dotyczące następującej tematyki:

- zastosowanie metod analizy obrazu w ocenie wyrobów włókienniczych. W ramach wykładu przedstawiono procedurę pomiarową instrumentalnej metody badania skłonności do pillingu i mechacenia dla wyrobów włókienniczych. Omówiona została metrologiczna charakterystyka metody wraz ze wskazaniem na jej przewagę nad metoda znormalizowaną. Podano przykłady zastosowania instrumentalnej metody oceny pillingu, obejmujące m.in. szczegółową analizę i dokumentację zmian powierzchni występujących na dzianym wyrobie będącym przedmiotem ekspertyzy sądowej oraz efekty współpracy z firmą Procter&Gamble w zakresie realizacji projektu badawczego w zakresie oceny pillingu metodą instrumentalną. W ramach wykładu omówiono także opracowaną przeze mnie procedurę pomiaru powierzchni wyrobu odzieżowego w celu określenia udziału powierzchni materiałów tła i materiału odblaskowego, niezbędną w ocenie skuteczności wg PN-EN 204741.

- badana mikroklimatu pododzieżowego bazujące na opracowanej przeze mnie procedurze pomiarowej z zastosowaniem cykloergometru i bieżni,
- metody badania włókienniczych pokryw podłogowych,
- wyrobów włókienniczych przeznaczonych na pokrycia mebli,
- metody badań wyrobów pończosznich, obejmujące zarówno procedury znormalizowane jak i procedurę opracowaną przeze mnie pozwalającą na wyznaczenie siły rozciągania wyrobu pończosznego na linii bioder w zależności od przez deklarowanego rozmiaru.

9.2. Staże naukowe na University of Zagrzeb, Faculty of Textile Technology and AMCA TTF (Uniwersytet Techniczny w Zagrzebiu) , staż w okresie 12÷16.12.2022 i staż w okresie 14.11.2024÷27.02.2025.

W ramach realizacji stażu w okresie 12÷16.12.2022 wygłosiłam wykłady z zakresu metrologii włókienniczej pod tytułem: *Textile testing from hosiery products to non-standard clothing comfort measurement*. Wykłady obejmowały następującą tematykę:

- badania warunków panujących w mikroklimacie pododzieżowym zgodnie z opracowanymi przeze mnie procedurami pomiarowymi. Pierwsza z procedur dotyczy oceny równowagi termiczno-wilgotnościowej w mikroklimacie pododzieżowym dla warunków umiarkowanego wydatku energetycznego z wykorzystaniem cykloergometru. Druga z procedur pozwala na

ocenę warunków panujących w przyskórnej warstwie mikroklimatu pododzieżowego w warunkach intensywnego wysiłku fizycznego z wykorzystaniem bieżni treningowej. Obie procedury oparte są ocenę rzeczywistych zmian temperatury i wilgotności w warstwie przyskórnej mikroklimatu pododzieżowego osoby uczestniczącej w badaniu, zarówno podczas spoczynku przed wysiłkiem, wysiłku fizycznego oraz stanu odpoczynku po wysiłku.

- wyznaczania właściwości wyrobów włókienniczych z zastosowaniem analizy obrazu, w tym skłonności do pillingu, odporności na ścieranie, wyznaczania powierzchni wyrobów odzieżowych o określonych cechach (odzież o podwyższonej widzialności). Podczas wykładu przedstawiono instrumentalną metodę badania odporności na pilling i zmechanienie oraz instrumentalną metodę badania odporności na ścieranie. Obie opracowane przeze mnie metody zostały zaprezentowane pod kątem ich przewagi nad aktualnie stosowanymi w praktyce laboratoryjnej technikami oceny wizualnej obu wskaźników.

Ponadto w trakcie stażu nawiązałam współpracę z pracownikami naukowymi Faculty of Textile Technology w obszarze badań właściwości termicznych oraz określania odporności na pranie przemysłowe wyrobów włókienniczych przeznaczonych na bieliznę pościelową oraz odzież roboczą/ochronną wykorzystywaną w usługach rentalowych. Współpraca zaowocowała kolejnym stażem odbytym w okresie 14.11.2024÷27.02.2025. Efektem tego stażu i współpracy naukowo-badawczej oraz wspólnie zrealizowanych badań jest publikacja: Jasińska I., Tkacz-Szczęśna B., Nejman A., S. Flinčec-Grgac (2026) *Durability assessment of elastolefin-based workwear fabrics. Fibres*, 14; 35, DOI 10.3390/fib14030035, IF=3,9.

10. Zestawienie ilościowe dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Zagadnienie	Liczba (przed uzyskaniem stopnia doktora)	Liczba (po uzyskaniem stopnia doktora)
Monografie	0	1
Rozdziały w wydawnictwach zbiorowych współautorskie	3	6
Sumaryczny Impact Factor według listy JCR	0.9	40,09
Liczba publikacji w bazie Web of Science z IF	1	15
Referaty wygłoszone na konferencjach naukowych	5	10
Artykuły pozostałe opublikowane w czasopismach naukowych	3	4
Osiągnięcia projektowe/konstrukcyjne i patenty	1	1
Udział w projektach (jako kierownik)	1	1

Udział w projektach naukowo-badawczych (jako główny wykonawca)	1	0
Wykonawca w projektach naukowo-badawczych	7	17
Udział w pracach statutowych (kierownik)	5	11
Recenzowanie artykułów naukowych w czasopiśmie z IF	0	54
Staże naukowe	0	2
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science z autocytowaniami	3	118
Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus z autocytowaniami	10	161
Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus bez autocytowań	10	150
Uczestnictwo w organizacjach i programach międzynarodowych	1	3
Wykaz dorobku technicznego – opracowane procedury badawcze wdrożone w działalności laboratoryjnej	11	8
Współpraca z sektorem gospodarczym – wykłady zamawiane	0	2
Współpraca z sektorem gospodarczym – opinie i ekspertyzy	0	18
Udział w zespołach eksperckich-Komitety Techniczne PKN	1	3
Indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy Web of Science	0	8
Indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy Scopus	0	8

.....

(podpis wnioskodawcy)