

INTERDYSCYPLINARNE
WYZWANIA
NAUKOWE III

red. Dorota Jaśkiewicz, Krystian Panek, Katarzyna Leźnicka

iksdus

Interdyscyplinarne Koło
Szkoły Doktorskiej
Uniwersytetu Szczecińskiego

Interdyscyplinarne Wyzwania Naukowe III

monografia Interdyscyplinarnego Koła Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Szczecińskiego

Pod redakcją
Doroty Jaśkiewicz, Krystiana Panek, Katarzyny Leźnickiej

Fundacja Centrum Badań Socjologicznych

Szczecin, 2026

Interdisciplinary Science Challenges III

monograph of the Interdisciplinary Scientific Circle of the University of Szczecin Doctoral School

Edited by
Dorota Jaśkiewicz, Krystian Panek, Katarzyna Leźnicka

Scientific Publishing House "Centre of Sociological Research"

Szczecin, 2026

Redakcja

mgr Dorota Jaśkiewicz

mgr Krystian Panek

dr hab. Katarzyna Leźnicka, prof. US

Recenzenci

dr Katarzyna Dadańska

dr hab. Daniel Dąbrowski, prof. US

dr hab. Piotr Goniszewski, prof. US

dr Anna Królikowska

dr Jarosław Nadobnik

dr hab. Paulina Niedźwiedzka-Rystwej, prof. US

dr hab. Robert Nowak, prof. US

dr hab. Vincenzo Salzano, prof. US

dr Miłosz Stępiński, prof. US

dr Colette Szczepaniak

dr hab. Piotr Szkudlarek, prof. US

ks. dr hab. Grzegorz Wejman, prof. US

Korekta

mgr Krystian Panek

mgr inż. Paulina Małkowska

Projekt graficzny

mgr Krystian Panek

Autorzy

mgr Sarah Ater

mgr Michał Biaduń

mgr Jakub Cieśla

mgr Julia Dwojak

dr hab. inż. Andrzej Dybus Prof. ZUT

mgr Seweryn Gajda

mgr Jarosław Gorący

dr hab. Beata Hukowska-Szematowicz Prof. US

mgr Emilia Klimczak

mgr Paweł Kucharski

mgr inż. Paulina Małkowska

mgr Szymon Mazgaj

dr Ewa Ostrycharz-Jasek

Julia Pakuła

mgr Krystian Panek

mgr Filip Prątnicki

mgr Sebastian Pytlik

dr n. med. Paulina Roszkowska

mgr Magdalena Sochacka

mgr Jolanta Wilk

dr hab. n. zdr. Iwona Wojciechowska-Koszko

mgr Julia Ziółkowska

ISBN 978-83-979051-4-6







Interdyscyplinarne Koło
Szkoły Doktorskiej
Uniwersytetu Szczecińskiego



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI
SZKOŁA DOKTORSKA

ISBN: 978-83-979051-4-6

DOI: 10.14254/978-83-979051-4-6/2026

Wydawnictwo Fundacji Centrum Badań Socjologicznych

ul. Bolesława Śmiałego 22 lok. 27

70-347 Szczecin, Poland

tel. +48 91 3285 464

Spis treści

Wstęp _____ **7**

Rozdział I Sekcja nauk humanistycznych _____ ***9***

Jerozolima – między genius loci a locus theologicus _____ **10**
Jolanta Wilk

Kierownictwo duchowe i sakrament pokuty i pojednania jako personalistyczna forma tutoringu wobec osób ze szczególnymi potrzebami _____ **19**
Sebastian Pytlik

Rozdział II Sekcja nauk przyrodniczo-medycznych _____ ***28***

Zastosowanie wybranych narzędzi badawczych wykorzystywanych w rozwoju zdolności kognitywno-motorycznych u piłkarzy nożnych _____ **29**
Krystian Panek, Paulina Małkowska

Molekularne mechanizmy odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem fizycznym i ich rola w długofalowych adaptacjach treningowych _____ **45**
Paulina Małkowska

Technologie cyfrowe jako narzędzia motywujące osoby starsze do podejmowania aktywności fizycznej _____ **69**
Magdalena Sochacka

An Exploratory Study on Individualized Lesson Scenario Generation - Evaluating LLMs Potential **80**
Paweł Kucharski, Filip Prątnicki, Julia Pakuła

Molecular diagnostics of *Campylobacter* in urban and domestic pigeons (*Columba livia*) _____ **89**
Szymon Mazgaj, Julia Dwojak, Emilia Klimczak, Seweryn Gajda, Paulina Roszkowska, Iwona Wojciechowska-Koszko, Ewa Ostrycharz-Jasek, Andrzej Dybus, Beata Hukowska-Szematowicz

Rozdział III Sekcja nauk społecznych _____ ***102***

Nowoczesne cyfrowe rozwiązania w Krajowej Administracji Skarbowej w kontekście unowocześniania i uszczelniania systemu podatkowego na wybranych przykładach _____ **103**
Jarosław Gorący

Menstruation: Lived experiences of negotiating participation and work in the marine space _ **118**
Sarah Ater

Legitymacja czynna organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym a prowadzenie przez nie działalności gospodarczej _____ **128**
Jakub Cieśla

Pojęcie siedziby osoby prawnej oraz jej transgraniczne przeniesienie w świetle ustawodawstwa polskiego i orzecznictwa Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej _____ **139**
Michał Biaduń

Ageing population and preferences for residential property _____ **150**
Julia Ziółkowska

Wstęp

Oddajemy w ręce Czytelników kolejne wydanie monografii, która jest efektem pracy doktorantów Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Szczecińskiego reprezentujących różne dyscypliny naukowe i odmienne obszary badawcze. Zebrane w tomie artykuły ukazują nie tylko szerokie spektrum podejmowanych tematów, lecz także różnorodność sposobów interpretowania i opisywania współczesnych zjawisk społecznych, humanistycznych, prawnych, ekonomicznych czy przyrodniczych.

Publikacja ma charakter interdyscyplinarny, jednak jej celem nie było podporządkowanie tekstów jednej osi tematycznej. Przeciwnie – zbiór stanowi przestrzeń spotkania wielu perspektyw badawczych, metodologii i doświadczeń naukowych. Dzięki temu monografia odzwierciedla specyfikę współczesnej nauki, w której rozwój wiedzy coraz częściej dokonuje się poprzez dialog między dyscyplinami oraz otwartość na różne sposoby poznawania rzeczywistości.

Każdy z prezentowanych tekstów jest odrębnym głosem w dyskusji naukowej i świadectwem indywidualnych zainteresowań badawczych Autorów. Wspólnym mianownikiem pozostaje jednak zaangażowanie młodych naukowców w rozwijanie własnych projektów badawczych oraz potrzeba uczestnictwa w środowisku akademickiej wymiany myśli.

Dziękujemy wszystkim Autorom, Recenzentom oraz osobom zaangażowanym w przygotowanie publikacji za wkład w powstanie kolejnego wydania monografii.

Mamy nadzieję, że niniejszy tom stanie się dla Czytelników okazją do poznania aktualnych kierunków badań podejmowanych przez doktorantów, a także inspiracją oraz zachętą do dalszego odkrywania wielowymiarowości współczesnej nauki i interdyscyplinarnej współpracy.

Redaktorzy

Introduction

We are pleased to present to our readers the latest edition of this monograph, which is the result of the work of PhD students from the Doctoral School at the University of Szczecin, representing various academic disciplines and diverse fields of research. The articles collected in this volume demonstrate not only a broad spectrum of topics addressed but also a diversity of approaches to interpreting and describe contemporary social, humanistic, legal, economic, and natural phenomena.

The publication is interdisciplinary in nature, yet its aim was not to subordinate the texts to a single thematic axis. On the contrary—the collection serves as a meeting ground for diverse research perspectives, methodologies, and scholarly experiences. As a result, the monograph reflects the nature of contemporary science, in which the advancement of knowledge increasingly occurs through interdisciplinary dialogue and openness to various ways of understanding reality.

Each of the presented texts is a distinct voice in the scholarly discussion and a testament to the authors' individual research interests. The common thread, however, remains the commitment of young scholars to developing their own research projects and engaging in the academic exchange of ideas.

We would like to thank all the authors, reviewers, and those involved in the preparation of this publication for their contribution to the creation of this latest edition of the monograph.

We hope that this volume will provide readers with an opportunity to learn about the current research directions being pursued by doctoral students, as well as serve as an inspiration and encouragement to further explore the multidimensional nature of contemporary scholarship and interdisciplinary collaboration.

The Editors

Rozdział I

Sekcja nauk humanistycznych

Jerozolima – między genius loci a locus theologicus

Jolanta Wilk [1]

[1] Instytut Nauk Teologicznych, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński, email: jolanta.wilk@phd.usz.edu.pl, ORCID: 0009-0007-7497-2012

Streszczenie: Jerozolima w tradycji biblijnej nie jest jedynie miastem o określonej historii i topografii, lecz przede wszystkim przestrzenią szczególnej obecności Boga i uprzywilejowanym miejscem Objawienia. Jej obraz, utrwalony w tekstach biblijnych, wykracza poza ramy opisu historycznego, stając się nośnikiem znaczeń teologicznych i wyrazem wiary wspólnoty. Zestawienie tego obrazu z wynikami badań archeologicznych ujawnia napięcie między tym, co historyczne, a tym, co teologiczne. Nie jest to jednak sprzeczność wymagająca rozstrzygnięcia, lecz przestrzeń interpretacji, w której ujawnia się specyfika biblijnego sposobu mówienia o rzeczywistości. Artykuł podejmuje próbę odczytania tego napięcia w świetle koncepcji *loci theologici*, ukazując Jerozolimę jako miejsce, w którym historia, pamięć i Objawienie splatają się w jedną, wielowymiarową rzeczywistość.

Słowa kluczowe: Biblia, Jerozolima, genius loci, locus theologicus, emocje, poznanie

Abstract: Jerusalem, in the biblical tradition, is not merely a city with a specific history and topography, but above all a space of God's special presence and a privileged place of Revelation. Its image, preserved in biblical texts, transcends the framework of historical description, becoming a carrier of theological meanings and an expression of the community's faith. Juxtaposing this image with the results of archaeological research reveals the tension between the historical and the theological. However, this is not a contradiction requiring resolution, but rather a space of interpretation in which the specificity of the biblical way of speaking about reality is revealed. This article attempts to interpret this tension in light of the concept of *loci theologici*, presenting Jerusalem as a place where history, memory, and Revelation intertwine into a single, multidimensional reality.

Keywords: Bible, Jerusalem, genius loci, locus theologicus, emotions, cognition

1. Wstęp

Genius loci, czyli coś, co sprawia, że dana przestrzeń jest jedyna w swoim rodzaju, funkcjonuje dzięki zbiorowemu wyobrażeniu i odczuwaniu przez ludzi charakterystycznych jej cech. Taka – przede wszystkim emocjonalna i subiektywna – reakcja na określone miejsca ma głębokie implikacje także w religii. Jednym z takich miejsc jest Jerozolima. Ma ona swoje miejsce na kartach Biblii, ale jednocześnie sama była miejscem tworzenia się lub redakcji świętych tekstów judaizmu i chrześcijaństwa. Niniejszy artykuł podejmuje problem relacji między historyczną rzeczywistością Jerozolimy a jej obrazem utrwalonym w tradycji biblijnej i refleksji teologicznej, ukazując napięcie między tymi dwoma poziomami oraz próbując je zinterpretować. To podwójne „umiejscowienie" Jerozolimy wymaga jednak uwzględnienia świadomości metodologicznej dotyczącej sposobów poznania i interpretacji, w kontekście których szczególnego znaczenia nabiera koncepcja *loci theologici.*

2. Biblijny *genius loci* Jerozolimy

Rasa Čepaitienė stwierdza, że *genius loci* jest niemal metafizycznym, prawie nieuchwytnym i metaforycznym terminem. Jednak pomimo tego (pozornie) efemerycznego

charakteru, czas jego kształtowania często liczony jest w setkach, a nawet tysiącach lat. Autorka zauważa, że definicje *genius loci* w różnych źródłach wyróżniają na ogół dwa jego znaczenia, tj. świeckie i sakralne. Poetycko-romantyczne, a nawet nostalgiczne poczucie miejsca staje się szczególnie ostre w obliczu radykalnych zmian w widzialnym otoczeniu, a najdotkliwszym ciosem dla wyczucia i zachowania szczególnej atmosfery miejsc jest zapewne proces ich przebudowy, przekształcenia i ujednolicenia, nie wspominając już o najazdach i zniszczeniach wojennych. Wciąż jednak wyjątkowy efekt atrakcyjności niektórych miejsc nie da się wyjaśnić jedynie ich estetyką czy innymi cechami, takimi jak niezwykłość, rzadkość, ekskluzywność, które mogłyby być typowe dla wielu innych miejsc. Charakterystyczna atmosfera i osobiste doświadczenie wydają się naprawdę nierozłączne. Często jest też tak, że antropomorfizowany obraz miejsca nieuchronnie przenosi odbiorcę z powrotem do czasów archaicznych (Čepaitienė, 2015, s. 76).

Z regionu Mezopotamii od około 2000 r. p.n.e. znane są poetyckie elegie o utraconym lub upadłym mieście, np. Lament nad zburzeniem Ur, Lament nad Nippur, Lament nad Eridu. Pewne elementy lamentu miejskiego (*city lament*) na podobieństwo sumeryjskich dzieł (te same motywy, struktura i emocjonalny ton) można znaleźć w starotestamentalnej Księdze Lamentacji, która opłakuje klęskę królestwa judzkiego i zburzenie Jerozolimy w okresie najazdu Babilończyków w roku 587/6 p.n.e., np.: „Ach! Jakże zostało samotne miasto tak ludne, jak gdyby wdową się stała przodująca wśród ludów, władczyni nad okręgami cierpi wyzysk jak niewolnica. (...) Wszyscy, co drogą zdążacie, przyjrzyjcie się, patrzcie, czy jest boleść podobna do tej, co mnie przytłacza, którą doświadczył mnie Pan, gdy gniewem wybuchnął (Lm 1; 2). Do emocjonalnych w swoim wyrazie perykop należy także fragment psalmu: „Nad rzekami Babilonu – tam myśmy siedzieli i płakali, kiedyśmy wspominali Syjon. Na topolach tamtej krainy zawiesiliśmy nasze harfy. (...) Jakże możemy śpiewać pieśń Pańską w obcej krainie? Jeruzalem, jeśli zapomnę o tobie, niech uschnie moja prawica! Niech język mi przyschnie do podniebienia, jeśli nie będę pamiętał o tobie, jeśli nie postawię Jeruzalem ponad największą moją radość” (Ps 137,1-6).

Mówiąc o początkach Jerozolimy Carl G. Rasmussen podaje, że jako kananejskie Jebus została zdobyta przez Jozuego (Joz 15,63), ale na pierwszy plan wysunęła się dopiero wtedy, gdy Dawid uczynił ją swoją stolicą (2 Sm 5). Położona na granicy dwóch plemion: Beniamina i Judy – ze względu na neutralną lokalizację przez brak wcześniejszych związków z Izraelem – była idealnym, akceptowalnym wyborem na stolicę. Była kamieniem węgielnym religijnego i kultowego jego zjednoczenia. Pomimo braku rodowodu, miasto stało się centrum jahwizmu, nie tylko z powodu budowy świątyni przez Salomona, ale także przez Arkę Przymierza (2 Sm

6) przywiezioną przez Dawida. Stała się miejscem, w którym pamiętano i kultywowano przymierze synajskie (Wj 19-34). Rozwinęła się nawet charakterystyczna „teologia Syjonu" (nie Synaju) obejmująca różne powiązane elementy (Rasmussen, net).

Zwracając uwagę na te momenty w historii Jerozolimy, w której zarówno miasto, jak i świątynia nie były w Biblii ukazywane jako wzorcowe, Janusz Lemański przywołuje wizje proroka Ezechiela (Ez 40-48), postrzegając je jako swoisty antymonarchiczny, a może wręcz antyświątynny manifest. Obecność Boga w świątyni nie wynikała już z faktu, że znajduje się ona w tym konkretnym mieście czy – bardziej ogólnie – w jakiejkolwiek stolicy królestwa. Wzorcowe sanktuarium starożytnego Izraela nieprzypadkowo zostało zatem usytuowane na pustyni, gdzie naród doświadcza Bożej obecności poza konkretną lokalizacją. Chodzi o miejsce pozwalające uniknąć powiązania z jakimkolwiek konkretnym miastem, a tym samym z jakąś konkretną dynastią lub królem (por. 2 Sm 7). Opisy postojów w oazach, miejscach również trudnych do identyfikacji, tylko wzmacniają ten topos. W ten sposób abstrakcyjne doświadczenie zmienia pustynię w wartościowe miejsce wypełnione znaczeniem. Pozwoli to Bogu zamieszkać wśród Izraela i być z nim, dokądkolwiek naród się udaje. Jest to niewątpliwie idealistyczna i jednocześnie archaizująca projekcja status quo z czasów Drugiej Świątyni (Lemański, 2023, s. 21). To efekt niematerialnej, kapłańskiej i postkapłańskiej koncepcji obecności Boga Izraela pośród swego ludu, która wskazywała na konieczność zachowania moralnej i rytualnej świętości serca, a nie skupianiu się na ograniczeniu tej świętości tylko do jednego, konkretnego miejsca kultu (Lemański, 2025, s. 686).

Xavier Leon-Dufour zauważa, że czekała to miasto jeszcze jedna próba za czasów króla Antiocha, który je zdewastował (1 Mch 1,36-40). Lecz w przeciwieństwie do tej rzeczywistości historycznej, tak mało świetlanej, apokalipsy żydowskie będą przedstawiały obrazy jak najbardziej fantastyczne tego miasta w przyszłości (Leon-Dufour, 1990, s. 338).

Jerozolima odgrywała centralną rolę również w historii Nowego Testamentu i nie jest to przypadek. Jej wcześniejsza kluczowa rola jest tu wyraźnie potwierdzona, ale przyjście Jezusa, Jego śmierć i zmartwychwstanie właśnie w tym mieście skutkują nową teologią Jerozolimy, która traci swój charakterystyczny teologiczny status „świętego miasta" (Rasmussen, net). Ewangelia według św. Łukasza opisuje epizod, w którym Jezus zapłakał nad Jerozolimą, przewidując jej zniszczenie: „Gdy był już blisko, na widok miasta zapłakał nad nim i rzekł: «O gdybyś i ty poznało w ten dzień to, co służy pokojowi! Ale teraz zostało to zakryte przed twoimi oczami. Bo przyjdą na ciebie dni, gdy twoi nieprzyjaciele otoczą cię wałem, oblegną cię i ścisną zewsząd. Powalą na ziemię ciebie i twoje dzieci z tobą i nie zostawią w tobie kamienia na kamieniu za to, żeś nie rozpoznało czasu twojego nawiedzenia»" (Łk

19,41-44). Kolejne więc w historii oblężenie dokonane tym razem w 70 roku n.e. przez armię rzymską dowodzoną przez przyszłego cesarza Tytusa zakończyło się zniszczeniem miasta i zburzeniem świątyni, czego pamiątkami są m.in. Łuk Tytusa w Rzymie i Zachodnia Ściana („płaczu") w Jerozolimie.

Zastanawiając się, jakie więc szczególne cechy zapewniły Jerozolimie wyjątkowe miejsce w zbiorowej pamięci nie tylko narodu żydowskiego, ale wszystkich ludzi, którzy w swoim życiu zetknęli się z Biblią, Shemaryahu Talmon stwierdza, że należy wziąć pod uwagę zawarte w niej opisy i treści, jednak decydującymi czynnikami o wyniesieniu Jerozolimy do rangi nieporównywalnej z żadnym innym miastem jest raczej wartość symboliczna oraz koncepcje religijne i społeczne, którymi została napełniona (Talmon, 2013, s. 297).

Paradoksalnie, mimo centralnej roli, Jerozolima i jej świątynia nie są jednak wspomniane w tak ważnej części Biblii, jaką jest Pięcioksiąg. Janusz Lemański zauważa, że w perspektywie kanonicznej po raz pierwszy wspominana jest dopiero w Joz 10,1, Syjon – w 2 Sm 5,7, świątynia – w 1 Sm 1,9, a Dawid – w Rt 4,17; 1 Sm 16,13. Badacz podaje, że wymienionych jest tam wiele świętych miejsc o znaczącej randze, do których zaliczają się: Sychem (Rdz 12,6; 33,18; 35,4), Beer-Szeba (Rdz 21,33; 26,23–25; 46,1–4), (Rdz 22,2–18); Gerar (Rdz 26,1–6), Betel (Rdz 28,17–21; 31,13; 35,1–15), Machanaim (Rdz 32,2) czy Peniel/Penuel (Rdz 32,31–32). Począwszy jednak od Księgi Wyjścia aż do Księgi Liczb nie wspomina się potem żadnych miejsc świętych i sytuacja ta ulega zmianie dopiero w Księdze Powtórzonego Prawa. Brak jakiejkolwiek wzmianki o Jerozolimie w fundamentalnym dla wiary Izraela tekście jest dla badaczy bardzo intrygujący i prowadzi do wielu spekulacji na temat rzeczywistego czasu i miejsca powstania pierwotnej wersji Tory (Lemański, 2025, s. 660-664). Najprostszym proponowanym przez egzegetów rozwiązaniem jest to, że oba te miejsca oraz ich późniejsza rola są antycypowane w ukryty sposób (np. aluzje do jednej z rzek Edenu – Gichonu Rdz 2,13; Salem i Melchizedek w Rdz 14,18, Moria w Rdz 22,2) lub że tekst biblijny zdradza ślady późniejszej redakcji dokonanej już po tym, gdy Jerozolima i jej świątynia zaczęły odgrywać bezapelacyjnie centralną i wyjątkową rolę w teologii starotestamentalnej. Inna propozycja opiera się na założeniu, że na starożytnym Bliskim Wschodzie miasto zdobyte i zniszczone przez nieprzyjaciół uchodziło za oskarżone i potępione przez Boga. Fakt ten miałby być powodem tego, iż autorzy po wygnaniu babilońskim pominęli je, opowiadając swoją świętą historię w Torze. Późniejszy, współczesny im status powygnaniowej Jerozolimy mógł wydawać się na tyle żałosny, że judaizm czasów drugiej świątyni zdegradował zainteresowania tym miastem do jego chwalebnej przeszłości i eschatologicznej przyszłości, ignorując zarazem jego teraźniejszość. Niemniej tuż po wygnaniu dla repatriantów z Babilonii

Jerozolima i jej świątynia stanowiły stały punkt odniesienia służący odtworzeniu własnej tożsamości (Ezd-Ne; 1-2 Krn). Z tego powodu odbudowa miasta i sanktuarium oraz sprawowanie w niej kultu stanowiło pierwszy cel wskazywany repatriantom (Ag; Za 1-6) (Lemański, 2025, s. 668-669).

3. Jerozolima jako *locus theologicus*

Oded Lipschits zauważa różnicę między opisami historiograficznymi a biblijnymi obrazami zamieszczonymi w pismach proroków, psalmach czy lamentacjach. Te ostatnie nazywa z jednej strony „źródłem", a z drugiej „paliwem" gloryfikacji Jerozolimy, która ukształtowała i zintegrowała obraz miasta w pamięci narodu. W tym ujęciu dochodzi do wyraźnej dychotomii między symboliczną wizją Jerozolimy a jej historyczną i materialną rzeczywistością. Na podstawie danych archeologicznych autor wskazuje, że wiele biblijnych opisów powstało w okresach, gdy miasto miało ograniczone znaczenie polityczne i demograficzne, co prowadzi go do wniosku, iż przedstawiają one raczej wizję idealizowaną niż realistyczny obraz historyczny, zasadniczo ignorując jego ówczesny (raczej skromny) status. Odzwierciedlają zatem nadzieję na odnowienie tej mitycznej przeszłości w przyszłości i nie są odzwierciedleniem rzeczywistej Jerozolimy w jakimkolwiek okresie jej istnienia. Wymieniony badacz twierdzi, że te dwie Jerozolimy – zarówno symboliczna, jak i rzeczywista – nigdy nie miały się spotkać (Lipschits, 2024, s. 363).

Szczególna pozycja Jerozolimy sprawiła, że stała się ona przedmiotem intensywnych badań w wielu dyscyplinach, zwłaszcza archeologii i historii. Jak zauważa autor, prace wykopaliskowe często prowadzono w niewłaściwym kierunku, sugerując się nierealistyczną interpretacją wielkości i lokalizacji starożytnego centrum miasta (Lipschits, 2024, s. 363). W tym kontekście należy zachować ostrożność w rekonstruowaniu jego topografii i funkcji. Nie zmienia to jednak faktu, że w starożytnych strukturach miejskich Bliskiego Wschodu istotną rolę odgrywały miejsca kultu, które często organizowały przestrzeń społeczną i symboliczną.

Janusz Lemański stwierdza, że cywilizacja zaczęła się od budowania sanktuariów. Archeologia bowiem pozwala zauważyć, że pierwsze struktury urbanistyczne tworzyły się wokół miejsc kultu. Kompleksy sakralne stanowiły zawsze centra, wokół których organizowały się dane społeczności i z których czerpały one inspirację do nowych wyzwań oraz siłę do życia. W Izraelu i Judzie czasów monarchii było niewątpliwie wiele sanktuariów i miejsc kultu. Niektóre z nich miały charakter wyłącznie lokalny, inne zasługiwały na miano centralnych. Niemniej jednak to świątynia w Jerozolimie zyskała ostatecznie status jedynego, legalnego

sanktuarium Izraela. O niej więc najczęściej i najwięcej mówi się w tekstach biblijnych. Nie ulega wątpliwości, że sposób patrzenia na to – wyjątkowe w oczach autorów biblijnych sanktuarium – ewoluował (Lemański, 2020, s. 13).

Perspektywa teologiczna pozwala uchwycić głębszy wymiar tej problematyki. Wyjaśniając, że Objawienie, czyli Pismo święte i Tradycja, w której to Pismo powstało, jest w sensie ścisłym jedynym źródłem teologii, Danuta Mastalska dodaje, że jest miejscem, w którym nauka ta się rodzi, bierze swój początek i skąd wciąż czerpie materiał rzeczywiście źródłowy. Bóg jest punktem wyjścia i dojścia teologii – taka jest jej perspektywa hermeneutyczna. Nie oznacza to, że tekst biblijny nie zawiera innych perspektyw, niż tylko teologiczne. Biblia jest pranauką każdego odpowiedzialnego mówienia o Bogu (Mastalska, 1999, s. 257). Stanowi więc właściwe źródło teologii, będąc przestrzenią jej refleksji.

W tym kontekście istotne znaczenie zyskuje koncepcja *loci theologici*. Przekonanie, że cały świat pełen jest świętych miejsc, które podtrzymują religijną pamięć i umożliwiają doświadczenie wiary, prowadzi Bernharda Körnera do stwierdzenia, że miejsca te, choć rozróżnialne, są jednak nierozdzielne. Składają się na nie także wydarzenia, teksty, symbole, które przekazywane z pokolenia na pokolenie, stają się miejscami pamięci. Wiele z nich na swój sposób mówią o Bogu lub pozwala Go doświadczyć. Autor stawia więc pytanie, jak rozpoznać miejsca godne zaufania, w których nie tylko można wiary doświadczać, lecz także w autentyczny sposób wiarę zachowywać i znajdować. To jest problem, który stoi za nauką *loci theologici* Melchiora Cano (Körner, 2016, s. 324-326).

Jerzy Szymik wyjaśnia, że samo pojęcie *locus theologicus* wywodzi się leksykalnie i treściowo z „Topik" Arystotelesa, a utrwaleniem pojęcia oraz opracowaniem i systematyzacją związanych z nim zagadnień zajął się hiszpański przedstawiciel scholastyki czasów Soboru Trydenckiego, Melchior Cano (1509-1560). Uczynił to w wydanym pośmiertnie dziele „De locis theologicis". Uporządkował on *loci* według kryterium powagi stojącego za nimi autorytetu. Jego prace miały służyć odpowiedzi na doniosłe i ważkie dla teologicznego poznania pytania typu: gdzie szukać właściwej dla teologii argumentacji, jak ustalać ich pewność? (Szymik, 2001, s. 304). Współczesna teologia rozwija tę koncepcję, poszerzając zakres *loci theologici* oraz podkreślając ich dynamiczny i kontekstualny charakter.

Przy odwoływaniu się do różnorodnych miejsc – według Bernharda Körnera – chodzi o zapewnienie maksymalnie dużego bezpieczeństwa wiążącym treściom wiary, a także o ukazywanie ich nowych aspektów i współczesnej interpretacji w świetle dzisiejszych tzw. znaków czasu. *Loci theologici*, mogą stać się dla wierzącego źródłami teologicznej argumentacji, ponieważ cieszą się autorytetem jako przestrzenie zachowywania

i przekazywania wiary, dając się ograniczyć ramami miejsca i czasu (Körner, 2016, s. 325). Wojciech Iwanecki z kolei rozciąga znaczenie tego terminu na przestrzeń, źródło i argument (Iwanecki, 2022, s. 20). Warunkiem uznania danej dziedziny za *locus theologicus* może być jej zdolność poznawcza, możliwość uchwycenia rzeczywistości w sposób metodologicznie uporządkowany oraz potencjał do wnoszenia istotnych treści do refleksji teologicznej.

Katarzyna Toffel podkreśla, że u Melchiora Cano ogromne znaczenie ma wpisywanie danego problemu teologicznego nie tylko w kontekst czasowy, ale także kulturowy, niejako przywracając do łask samą historię i akcentując jej niezbędność w interpretacji też teologicznych (Toffel, net).

Cano liczbę wyróżnionych przez siebie *loci* uważał za drugorzędną i mogącą ulegać zmianie. Jerzy Szymik uważa, że idąc tym tropem, współczesna teologia znacznie poszerzyła zakres miejsc teologicznych, czyli miejsc będących źródłem teologii. Dzisiaj proponuje się rozróżnienie pomiędzy źródłami teologicznymi a miejscami teologicznymi, choć konieczne wydaje się być precyzyjne określenie rozumienia tak tłumaczonego terminu, ponieważ w oryginale występuje pojęcie *locus* (miejsce), a nie *fons* (źródło) (Szymik, 1990/91, s. 160). Sumując wątki obecne w kręgach teologii polsko- i niemieckojęzycznej, autor konstruuje następującą definicję: *loci theologici* to miejsca szczególnego skondensowania rzeczywistości wyznaczonej faktorami „Objawienie – wiara – zbawienie" i służących jej procesów, określanych jako „pośredniczenie" i „poświadczenie". Na przedłużeniu tej linii myślenia można zaobserwować charakterystyczną dla ujęć współczesnych tendencję do traktowania zbioru *loci theologici* w sposób integralny, syntetyczny i gdy z każdego czerpie się proporcjonalnie do znaczenia, jakie posiada (Szymik, 1990/91, s. 161).

Badacz podaje, że w ślad za nowym, pogłębionym rozumieniem podąża nowa systematyka miejsc teologicznych, bardziej rozbudowana i obejmująca obszar o wiele szerszy od tego, jaki zakreślała topika M. Cano. Możliwość zakwalifikowania jakiejś dziedziny rzeczywistości jako miejsca teologicznego wiąże się niezwykle istotnie z jej funkcją poznawczą i to w kilku wymiarach. Przede wszystkim chodzi o to, by dana dziedzina – mająca być potencjalnym *locus theologicus* – posiadała narzędzia poznawania rzeczywistości, faktycznie ją poznawała i wypracowała własne sposoby tego procesu. Tylko wtedy może być pełnoprawnym i interesującym partnerem teologii, występującym w charakterze inspirującego źródła dla teologicznych badań. Chodzi również o wykazanie, że dana dziedzina może zawierać „poznawcze treści objawienia Bożego", a przynajmniej może ułatwić teologii dotarcie do nich dzięki specyfice natury własnego poznania. Kolejnym zagadnieniem jest pytanie o istnienie proporcjonalności poznawczej obydwu dziedzin (teologii i „miejsca", z którego ona

„korzysta”), czyli trudny problem przekładalności języków, metod, wyników poznania. Dana dziedzina może też być rozpatrywana jako *locus theologicus*, jeśli ukazuje przekaz świadectwa doświadczenia wiary (Szymik, 1990/91, s. 163).

4. Podsumowanie

Zestawienie wyników badań historyczno-archeologicznych z refleksją teologiczną nad tekstami biblijnymi ukazuje, że Jerozolima nie może być rozumiana wyłącznie jako byt historyczny ani jedynie jako konstrukt symboliczny. Napięcie między tymi dwoma wymiarami nie stanowi słabości przekazu, lecz odsłania jego złożony charakter, w którym pamięć, interpretacja i doświadczenie religijne wzajemnie się przenikają. W tym sensie biblijny obraz Jerozolimy – nawet jeśli nie odpowiada wprost danym archeologicznym – nie traci swojej wartości poznawczej, lecz funkcjonuje na innym poziomie odniesienia, właściwym refleksji teologicznej. Pozwala on uchwycić nie tyle materialny kształt miasta, ile jego znaczenie w historii zbawienia oraz w świadomości wspólnoty wierzących. Tak rozumiana Jerozolima może być interpretowana jako szczególny przykład *locus theologicus* – miejsca, w którym koncentrują się i wzajemnie interpretują różne wymiary rzeczywistości: historyczny, symboliczny i teologiczny. Ujęcie to umożliwia przezwyciężenie jednostronnych interpretacji, zarówno redukujących tekst biblijny do źródła historycznego, jak i całkowicie odrywających go od jego materialnych uwarunkowań. W konsekwencji analiza Jerozolimy jako miejsca teologicznego otwiera perspektywę integrującą wyniki badań archeologicznych, refleksję egzegetyczną oraz systematyczną teologię, pozwalając uchwycić dynamikę wzajemnych odniesień między historią, pamięcią i wiarą.

Jerozolima wraz z całą Ziemią Świętą nazywana jest „piątą Ewangelią”, ponieważ sama geografia, krajobraz, kultura i materialne świadectwa Palestyny stanowią dodatkową, żywą warstwę interpretacji czterech kanonicznych Ewangelii. Jest przestrzenią, która pozwala głębiej zrozumieć wydarzenia zbawcze poprzez umiejscowienie tekstu biblijnego w kontekście historyczno-kulturowym. Ma też ogromne znaczenie duchowe i pastoralne.

5. Bibliografia

Čepaitienė R. (2015), Genius Loci as a „Nameless *Value*” of Natural and Built Heritage. How to Assess Built Heritage? Assumptions, Methodologies, Examples of Heritage Assessment Systems, red. B. Szmygin, Florence-Lublin, 75-96

Iwanecki W. (2022), Mundus huius temporis jako locus theologicus w pismach Josepha Ratzingera/Benedykta XVI, praca doktorska, Uniwersytet Śląski, Katowice

Jerozolima, Słownik teologii biblijnej, red. X. Leon-Dufour, Poznań 1990

Körner B. (2014), Orte des Glaubens – Loci theologici. Studien zur theologischen Erkenntnislehre, Würzburg; M. Słocińska (2016), [rec.], *Roczniki Teologiczne* 63 (2), 324-30

Lemański J. (2023), Israel as the Living Temple of God (Exod 19:5–6), *Verbum Vitae* 41 (1), 17-31

Lemański J. (2025), Jerozolima a kwestia powstania Pięcioksięgu, *Collectanea Theologica*, 95 (4), 659-685

Lemański J. (2020), Kilka uwag na temat różnych koncepcji świątyni w Starym i Nowym Testamencie, *Rocznik Skrzatuski* 8, 13-35

Lipschits O. (2024), Jerusalem as a Symbol and in Reality, w: Judah in the Biblical Period. Historical, Archaeological, and Biblical Studies. Selected Essays*, Beihefte zur Zeitschrift für die alttestamentliche Wissenschaft* 497, Berlin/Boston, 357-368

Mastalska D. (1999), Doświadczenie jako „miejsce teologiczne", *Salvatoris Mater* 1 (3), 253-267

Rasmussen C.G., The History of Jerusalem in the Bible*,* https://zondervanacademic.com/blog/ the-history-of-jerusalem-in-the-bible [dostęp 22.07.2024]

Szymik J. (2001), Jeszcze o topice teologicznej: glossa do dyskusji wokół „loci theologici", *Salvatoris Mater* 3 (3), 303-311

Szymik J. (1990-91), Topika teologiczna wczoraj i dziś, *Śląskie Studia Historyczno-Teologiczne* 23-24, 157-164

Talmon S. (2013). The Signification of Jerusalem in Biblical Thought*,* w: *Literary Motifs and Patterns in the Hebrew Bible: Collected Essays*, Penn State University Press, 291-314.

Toffel K., Melchior Cano, https://szkolateologii.dominikanie.pl/jubileusz/cano-melchior/ [dostęp 20.07.2024]

Kierownictwo duchowe i sakrament pokuty i pojednania jako personalistyczna forma tutoringu wobec osób ze szczególnymi potrzebami

Sebastian Pytlik [1]

[1] Instytut Nauk Teologicznych, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński; email: sebastian.pytlik@phd.usz.edu.pl, ORCID: 0009-0002-9080-2439

Streszczenie: Artykuł analizuje kierownictwo duchowe oraz sakrament pokuty w Kościele katolickim jako historycznie ugruntowane i teologicznie uzasadnione formy tutoringu personalistycznego. Wskazuje, że praktyka indywidualnego towarzyszenia w wierze, posiada strukturę analogiczną do współczesnych modeli tutoringu edukacyjnego. Opiera się na relacji interpersonalnej, dialogu, diagnozie duchowej, regularności spotkań oraz towarzyszeniu w procesie dojrzewania moralnego i emocjonalnego. W perspektywie antropologii chrześcijańskiej fundamentem rozwoju osoby jest zdolność do samopoznania i autorefleksji, którą umożliwia przestrzeń konfesjonału oraz rozmowy duchowej. Artykuł dowodzi, że kierownictwo duchowe odpowiada potrzebom człowieka, zwłaszcza osobom w kryzysie psychicznym, egzystencjalnym i duchowym oraz może być interpretowane jako naturalny odpowiednik tutoringu – bardziej integralny, obejmujący całość doświadczenia: emocjonalnego, moralnego i religijnego. W konkluzji podkreślono, że praktyka kierownictwa duchowego jest w tradycji Kościoła najstarszą personalistyczną formą mentoringu, a jednocześnie narzędziem formacji sumienia, terapii duchowej i rozwoju wolności wewnętrznej.

Słowa kluczowe: kierownictwo duchowe, tutoring personalistyczny, sakrament pokuty, pedagogika chrześcijańska, duchowość.

Abstract: The article analyzes spiritual direction and the sacrament of penance in the Catholic Church as historically grounded and theologically justified forms of personalist tutoring. It argues that the practice of individual accompaniment in faith demonstrates a structure analogous to contemporary models of educational tutoring: it is based on interpersonal relationship, dialogue, spiritual diagnosis, regularity of meetings, and accompaniment in the process of moral and emotional maturation. From the perspective of Christian anthropology, the foundation of personal development is the human capacity for self-knowledge and self-reflection, which is enabled within the space of the confessional and spiritual conversation. The article demonstrates that spiritual direction responds to human needs—especially those of persons experiencing psychological, existential, and spiritual crises—and can be interpreted as a natural equivalent of tutoring, yet more integral, encompassing the entirety of human experience: emotional, moral, and religious. The conclusion emphasizes that spiritual direction is the oldest personalist form of mentoring within the Church's tradition and remains an instrument of conscience formation, spiritual therapy, and the development of inner freedom.

Keywords: spiritual direction, personalist tutoring, sacrament of penance, Christian pedagogy, spirituality

1. Wstęp

W tradycji teologii duchowości Kościoła katolickiego, występuje bogato udokumentowana praktyka indywidualnego towarzyszenia osobom wierzącym. Rozwijała się ona i została przekazywana przez wieki w praktyce kierownictwa duchowego, sakramentu pokuty oraz rozmowy duchowej. Model ten opiera się na przekonaniu, że człowiek jako osoba potrzebuje relacji i wsparcia w procesie dojrzewania wewnętrznego. Współczesna pedagogika, opisując analogiczną koncepcje dydaktyczną, posługuje się pojęciem tutoringu, rozumianego jako relacja długofalowa, ukierunkowana na rozwój samodzielności, wspierająca rozwój osobisty jednostki. Z perspektywy antropologii chrześcijańskiej człowiek jest istotą relacyjną, zdolną do autorefleksji. Wyraża to m.in. A. Badura w swojej teorii społecznego uczenia się.

Koncepcja ta zakłada, że jednostka potrafi analizować własne doświadczenia, kontrolować swoje reakcje oraz świadomie kierować podejmowanymi działaniami.

Katechizm Kościoła Katolickiego podkreśla natomiast, że formacja duchowa ma zawsze charakter personalistyczny. W punkcie 1776 czytamy: "W głębi sumienia człowiek odkrywa prawo, którego sam sobie nie nakłada, lecz któremu winien być posłuszny (…) Człowiek bowiem ma w swym sercu wypisane przez Boga prawo. Sumienie jest najtajniejszym ośrodkiem i sanktuarium człowieka, gdzie przebywa on sam z Bogiem, którego głos w jego wnętrzu rozbrzmiewa" (KKK 1776).

W tym świetle kierownictwo duchowe, nie stanowi jedynie elementu pobożności, ani wyłącznie praktyki sakramentalnej. Staje się formą wychowania, obejmującą rozwój osoby w całej jej złożoności: duchowej, emocjonalnej, moralnej i społecznej. Z tego powodu sakrament pokuty i pojednania oraz kierownictwo duchowe, można postrzegać jako historyczne ugruntowane i teologicznie uzasadnione odpowiedniki tutoringu, które w sposób relacyjny wspierają rozwój człowieka i jego wewnętrzną wolność.

2. Edukacja na tle kryzysów i społecznej potrzebie wsparcia

2.1. Współczesny kryzys relacji

Współczesne społeczeństwa podlegają szybkim procesom transformacji o zróżnicowanym charakterze. Obserwujemy zmiany w każdej przestrzeni życia człowieka. Tempo zmian i ich nieprzewidywalność mogą prowadzić do nowych form napięć i kryzysów które bardzo silenie wpływają na jednostkę – szczególnie wśród osób młodych (Smyła, 2024 s. 125-130).

Pedagogika tutoringu podkreśla, że istotą dojrzewania osobowego jest relacja, w której wychowawca staje się towarzyszem na drodze rozwoju naukowego lub osobowościowego. Jednym z kierunków z jakich korzysta współczesna praktyka psychoterapeuteczna jest humanistyczne podejście w kontakcie z klientem. Twórcą tej metody był amerykański psycholog i terapeuta Carl R. Rogers. Psychologia humanistyczna Rogersa koncentruje się na relacji terapeutycznej, w której klient jest podmiotem własnego rozwoju. Rogers zrezygnował z sytuowania się w pozycji eksperta, uznając że doświadczenie klienta jest bardziej wiarygodnym źródłem zmian niż teoria. Kluczowe warunki skutecznej terapii to empatia, autentyczność i bezwarunkowa akceptacja. Zadaniem terapeuty jest stworzenie relacji, w której klient może rozumieć swoje przeżycia, podejmować decyzje i dojrzewać do swobodnego

funkcjonowania. U podstaw procesu leży ufność w siebie i wiara w możliwość zmian, dokonywanych w czasie rzeczywistym.

W Kościele katolickim rolę terapeuty odgrywa kierownik duchowy. Zazwyczaj jest nim kapłan, zakonnik, lub doświadczony świecki, który towarzyszy innemu człowiekowi w procesie rozwoju duchowego. Jego zadaniem jest pomoc w interpretacji doświadczeń życiowych w perspektywie nauki Kościoła oraz kształtowanie relacji z Bogiem. Rola kierownika nie ma charakteru decyzyjnego ani urzędowego. Nie zastępuje on sumienia osoby prowadzonej. Jego zadaniem jest towarzyszenie, rozumiane jako wsparcie w odkrywaniu prawdy o sobie, swoich relacjach i duchowej kondycji.

W takim ujęciu towarzyszenie duchowe można porównać do relacji jaka wywiązuje się w tutoringu. Każda z tych metod, polega na dialogu, refleksji i wspólnym rozeznawaniu, dzięki którym osoba której towarzyszymy, stopniowo dochodzi do samodzielnego świadomego i odpowiedzialnego podejmowania decyzji i realizacji zadań zgodnych z jej psychofizycznym potencjałem.

2.2. Zjawisko szczególnych potrzeb

W środowisku zajmującym się edukacją na różnych szczeblach, coraz częściej podkreśla się konieczność wprowadzenia dostosowań dla „osób ze szczególnymi potrzebami". Zjawisko to nie ogranicza się jedynie do problemów biologicznych, które mogą wystąpić u podopiecznych, lecz obejmuje znacznie szersze spektrum trudności: emocjonalnych, duchowych i społecznych, wpływających na proces uczenia się oraz funkcjonowania w relacjach.

Papież Franciszek w adhortacji *Evangelii Gaudium* zwraca uwagę, że w dobie narastającego indywidualizmu, istnieje silna potrzeba okazywania sobie wzajemnego wsparcia i troski. W punkcie 169 czytamy: „W cywilizacji paradoksalnie zranionej anonimowością, a jednocześnie obsesyjnej na punkcie szczegółów życia innych, bezwstydnie chorej na chorobliwą ciekawość, Kościół potrzebuje serdecznego spojrzenia, by kontemplować, wzruszyć się i zatrzymać przed drugim człowiekiem za każdym razem, kiedy jest to konieczne". Franciszek podkreśla również, że istotną rolę jaką w procesie budowania i kształtowania więzi społecznych, mają posługujący i przeznaczeni do tego duszpasterze lub wykfalifikowani świeccy: „Kościół będzie musiał wprowadzić swoich członków – kapłanów, zakonników i świeckich – do tej «sztuki towarzyszenia»" – pisze dalej papież.

Tutoring i kierownictwo duchowe łączy wspólna zasada indywidualnego rytmu rozwoju osoby. Obie formy towarzyszenia nie narzucają sztywnych scenariuszy ani gotowych

odpowiedzi, lecz wspierają człowieka w odkrywaniu jego własnej drogi, tempa dojrzewania oraz osobistych możliwości. W praktyce duszpasterskiej Kościoła, kierownictwo duchowe stanowi jedną z najstarszych metod wspierania wierzących. Zgodnie z tradycją w pierwszych wspólnotach chrześcijańskich, wierni bardziej doświadczeni pomagali nowym uczniom rozeznawać wiarę, wspierały w moralnych rozterkach i promowały tryb życia zgodny z ewangelicznym przesłaniem (Wiśniewski 2024, s.102-105)

3. Tutoring personalistyczny i jego korzenie chrześcijańskie

3.1. Archetyp mistrz-uczeń

Tradycja europejska zna praktykę tutoringu od starożytności. Jeżeli przyjmiemy, że jego istota polega na kształtowaniu długotrwałej relacji typu mistrz-uczeń opartej na dialogu, obserwacji i stopniowym towarzyszeniu w rozwoju osobowym, to jego pierwowzory znajdziemy w szkołach rabinackich. Młodzi adepci uczyli się w nich Tory pod okiem swoich mistrzów. Arystoteles, który wychowywał Aleksandra Macedońskiego, stosował metodę bezpośredniego dialogu i obserwacji życia. W tradycji nauczania w szkołach przyklasztornych, zakonnicy rozwijali indywidualne formy formacji duchowej i intelektualnej. Podobne metody kształtowały przekazywanie wiedzy i jej adaptacje w kulturze akademickiej powstających od okresu średniowiecza Uniwersytetów.

3.2. Personalizm fundamenty

Antropologia chrześcijańska postrzega człowieka jako osobę ukierunkowaną na relację, zdolną do dialogu, wolności, rozwoju i odpowiedzialności moralnej. Oznacza to, że wzrost osobowy dokonuje się w spotkaniu i w relacjach, dzięki którym człowiek odkrywa swoje możliwości, poznaje granice i uczy się odpowiedzialności za własne decyzje (*Gaudium et spes*, p. 12)

Jan Paweł II w swoim nauczaniu podkreślał, że człowiek potrzebuje towarzyszenia, które pomaga mu zrozumieć prawdę o sobie, weryfikować motywację i dojrzewać do autentycznej wolności. W punkcie 40 adhortacji *Pastores dabo vobis* czytamy: *Trzeba koniecznie odkryć na nowo wielką tradycję osobistego kierownictwa duchowego, które zawsze przynosiło liczne i cenne owoce w życiu Kościoła (...)*. Oznacza to, że dojrzała formacja duchowa zakłada wsparcie innej osoby. Przewodnik nie dominuje nad sumieniem, lecz tworzy przestrzeń odkrywania prawdy wewnętrznej oraz uczy wzrastania w odpowiedzialności i relacyjności.

Tutoring duchowy nie jest tylko narzędziem posługi duszpasterskiej, ale głęboko zakorzenioną tradycją chrześcijańskiej pedagogii, która integruje całego człowieka: rozum, emocję, wolę, relację i duchowość.

4. Kierownictwo duchowe w tradycji Kościoła

4.1. Biblijne korzenie towarzyszenia

Leksykon duchowości katolickiej wyjaśnia, że idea kierownictwa duchowego ma długą tradycje i jest obecna w chrześcijaństwie od samych jego początków. Chociaż w Piśmie Świętym nie występuje termin „kierownictwo duchowe" w sensie technicznym, wiele tekstów biblijnych opisuje relacje, które odpowiadają jego naturze: relacje towarzyszenia, napomnienia, udzielanie rady oraz duchowego przewodnictwa.

W Starym Testamencie widzimy, że duchowi przywódcy Izraela, tacy jak Mojżesz, Dawid czy Salomon, a także sędziowie i prorocy, pełnili funkcje pośredników między Bogiem a Narodem Wybranym. Pomagali ludziom rozeznawać wolę Bożą i korygować ich postępowanie. Na kartach Starego Testamentu znajdziemy zachęty do szukania mądrości i pomocy u drugiego człowieka. Wymienia je chociażby księga Tobiasza: *„Szukaj rady u każdego mądrego i nie gardź żadną pożyteczną radą"* (Tb 4,18) lub Kohelet: *„Bo gdy upadną, jeden podniesie drugiego. Lecz samotnemu biada, gdy upadnie, a nie ma drugiego, który by go podniósł"* (Koh 4,10). Teksty te wyraźnie wskazują, że człowiek potrzebuje towarzyszenia i wsparcia, które może mieć charakter zarówno moralny jak i duchowy.

W Nowym Testamencie Jezus Chrystus sam wprowadza formę duchowego przewodnictwa. Wygłasza nauki wobec uczniów i Apostołów, w modelu nauczyciel-uczeń. Zwraca się do swoich słuchaczy w indywidualnych rozmowach, napomnieniach i osobistych relacjach. Wspierał tych, którzy przychodzili go słuchać. Korygował błędne rozumienie Jego nauczania, umacniał w chwilach słabości i kierował ich ku duchowej dojrzałości. Jego słowa były skierowane zarówno do całej wspólnoty, jak i do konkretnych osób: do Piotra (Mk 8,32-33), Nikodema (J 3, 1-2) czy Samarytanki przy studni (J 4, 7-26). Każda z tych rozmów miała charakter formacyjny i prowadziła osobę ku głębszej prawdzie o Bogu i sobie.

W oparciu o źródła biblijne, możemy odkryć strukturę tutoringową: regularność spotkań, dialog, personalizacja, formowanie sumienia, proces diagnozy, refleksja. Współczesna psychologia duchowości uznaje je za jedną z najskuteczniejszych metod pracy z osobami przeżywającymi trudności emocjonalne. Sobór Watykański II w *Dekrecie o przystosowanej odnowie życia zakonnego podkreślał*, że kierownictwo duchowe stanowi pomoc dla

odkrywania woli Bożej w codzienności i w procesie uświęcenia (*Perfectae caritatis*, p. 8, s. 291).

4.2. Monastyczne struktury

Wraz z rozwojem chrześcijaństwa praktyka kierownictwa duchowego zaczęła przybierać bardziej sformalizowane formy – szczególnie w środowiskach życia mniszego. Wybitni przedstawiciele monastycyzmu – tacy jak chociażby św. Antoni Pustelnik – uczyli swoich uczniów sztuki rozeznawania duchowego, walki z pokusami i życia w zgodzie z Ewangelią. Szczególne znaczenie miała osoba św. Benedykta z Nursji, który w swojej słynnej *Regule* podkreślał, że opat – stojący na czele wspólnoty – jest nie tyle jej administratorem, ale ojcem duchowym i nauczycielem życia wewnętrznego (*Leksykon duchowości katolickiej* s. 412-413).

W kręgu zachodniego monastycyzmu irlandzkiego ugruntowała się praktyka pokuty powtarzalnej, sprawowanej według indywidualnych potrzeb wiernych. Specyfika Kościoła irlandzkiego, wynikająca z jego politycznej izolacji w dobie wędrówki ludów i rzadkich kontaktów z Rzymem, pozwoliła na wypracowanie odrębnego modelu dyscypliny sakramentalnej. Proces ten opierał się na prywatnym wyznaniu win kapłanowi i nałożeniu pokuty, po której wypełnieniu – a nie bezpośrednio po spowiedzi – następowało pojednanie. Ten niepubliczny charakter rytu, pierwotnie właściwy mnichom, został z czasem przejęty przez wiernych świeckich związanych z ośrodkami klasztornym. (*Leksykon Liturgii*, s. 1385)

Monastycyzm, stworzył stabilne struktury kierownictwa duchowego. Rozwinął narzędzia formacji indywidualnej, które przetrwały w Kościele aż do współczesności. Relacja ojcostwa duchowego, stała się jednym z najważniejszych fundamentów chrześcijańskiej duchowości i może stanowić cenne źródło dla współczesnych modeli tutoringu.

5. Sakrament pokuty jako przestrzeń rozwoju wewnętrznego

Sakrament pokuty i pojednania to jeden z siedmiu sakramentów Kościoła. I choć w potocznym odbiorze może być postrzegany jako jedna z wielu praktyk religijnych, stanowi cenną przestrzeń zachęcającą do głębokiej pracy nad sobą. Konfesjonał to nie tylko miejsce wyznania win, ale obszar duchowej analizy i jej konfrontacji z doświadczeniami natury moralnej i emocjonalnej (Grzywocz (2017), s. 13-14).

Kluczowym elementem sakramentu pokuty i pojednania jest rozmowa duchowa. Tradycja Kościoła określa ją mianem *confessio cordis* – wyznania nie tylko czynów, lecz również stanu serca i konfliktów jakie rozgrywają się w sumieniu. Następnie przy udziale

duchownego, następuje proces rozeznawania i diagnozy duchowej, które stanowią punkt odniesienia do pracy nad sobą do jakiej zobowiązuje się spowiadający, obiecując poprawę.

Mając na uwadze powyższy mechanizm, konfesjonał funkcjonuje jako model relacyjny praktykowany w procesie tutoringu. Spowiednik stwarza przestrzeń, w której penitent może usłyszeć samego siebie, zrozumieć własne doświadczenia, uporządkować emocje i podjąć mądrzejsze, dojrzalsze decyzje.

Tego rodzaju podejście wpisuje sakrament pokuty i pojednania w najstarszą tradycję kierownictwa duchowego Kościoła, w której spowiednik nie jest sędzią, który ocenia i wydaje wyrok, ale towarzyszem i przewodnikiem, wspierającym w duchowej i moralnej odnowie.

6. Kierownictwo duchowe a osoby ze szczególnymi potrzebami

Współczesna rzeczywistość duszpasterska coraz wyraźniej ukazuje, że konfesjonał nie jest miejscem, w którym penitent szuka wyłącznie pojednania z Bogiem. Zjawisko to domaga się nowego namysłu nad miejscem i zadaniami kierownictwa duchowego oraz sposobami towarzyszenia osobom określanym mianem „osób ze szczególnymi potrzebami". Pojęcie zaczerpnięte z terminologii pedagogiki specjalnej, obejmuje szerokie spectrum osób przeżywających problemy emocjonalne, kryzysy relacyjne, zaburzenia nastroju, samotność, przemoc, uzależnienia czy brak kompetencji społecznych.

Konfesjonał staje się miejscem, w której kapłan słyszy historie podobne do tych, które psychoterapeuci spotykają w gabinetach. Osoby te nie zawsze wymagają terapii klinicznej. Często oczekują aktywnego słuchania, empatii, mądrego rozeznawania, wsparcia i wyznaczenia kierunku dalszego rozwoju i pracy nad sobą. Sakrament pokuty i pojednania jest wiec przestrzenią, którą Kościół musi wypełnić i odpowiedzieć na potrzebę towarzyszenia o charakterze egzystencjalnym i emocjonalnym.

7. Zakończenie

Praktyka kierownictwa duchowego oraz sakramentu pokuty i pojednania w Kościele katolickim stanowi historycznie udokumentowaną, teologicznie ugruntowaną i antropologicznie spójną formę personalistycznego tutoringu. Jej fundamentem nie jest ani kontrola moralna, ani model jurydyczny lecz relacja dialogiczna, której celem jest rozwój osobisty i samoświadomość jednostki. Skuteczność tej metody wynika z elementów, które pedagogika współcześnie uważa za warunki skutecznego tutoringu. Indywidualne towarzyszenie, uważne słuchanie, empatyczne przyjęcie, rozpoznawanie emocji, diagnoza

duchownego, doświadczenia, wspólne rozeznawanie celów – składniki te wzmacniają poczucie współodpowiedzialności za proces rozwoju każdej ze stron.

Struktura spotkania pomiędzy kierownikiem duchowym a wiernym przypomina te same etapy, które można znaleźć w tutoringu naukowym czy mentoringu. Jednak to, co odróżnia kierownictwo duchowe od jego „świeckiego" odpowiednika to perspektywa teologiczna. Człowiek znajdujący się w potrzebie odnajduje wsparcie i zrozumienie w tajemnicy Bożego Miłosierdzia.

W dobie narastających problemów psychicznych i egzystencjalnych, kierownictwo duchowe jawi się jako cenna przestrzeń oddziaływania duszpasterskiego kapłanów, która nie konkuruje z psychologią, ale stanowi jej cenne uzupełnienie. Dlatego kierownictwo duchowe i sakrament pokuty i pojednania można traktować jako personalistyczną, formę tutoringu, która mimo procesów sekularyzacyjnych odpowiada na potrzeby współczesnego człowieka – nie tylko jako penitenta, ale jako osoby poszukującej sensu, relacji, wewnętrznego pokoju i szansy na rozwój mimo wrodzonych deficytów i ograniczeń.

8. Bibliografia:

Bandura, A. (2007). *Teoria społecznego uczenia się*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Chmielewski, M. (red.). (2002). *Leksykon duchowości katolickiej* (s.411-415). Lublin: Towarzystwo Naukowe KUL.

Czekierda, P., Fingas, B., & Szala, M. (red.). (2018). *Tutoring. Teoria, praktyka, studia przypadków*. Warszawa: Ośrodek Rozwoju Edukacji.

Franciszek. (2013). *Evangelii gaudium*.

Gaudium et spes. (1965). W: *Sobór Watykański II. Konstytucje, dekrety, deklaracje* (s. 546). Poznań: Pallottinum.

Grzywocz, K. (2017). *W duchu i przyjaźni* (s. 13-14). Katowice: Księgarnia św. Jacka.

Grzywocz, K. (2019). *Spowiedź święta i kierownictwo duchowe*. Zeszyty formacji duchowej, 82.

Jan Paweł II. (1992). *Pastores dabo vobis*.

Katechizm Kościoła Katolickiego. (2002). Poznań: Pallottinum.

Karpińska-Musiał, B. (2016). *Edukacja spersonalizowana w Uniwersytecie: Ideologia – instytucja – dydaktyka – mentor*. Kraków: Impuls.

Nadolski B. (2006). *Leksykon Liturgii*, Poznań: Pallottinum

Perfectae caritatis. (1965). W: Sobór Watykański II. Konstytucje, dekrety, deklaracje (s. 291–294). Poznań: Pallottinum.

Pismo Święte Starego i Nowego Testamentu. (2007). Poznań: Pallottinum.

Psychologia humanistyczna – Carl Rogers. (2017, 1 stycznia). *W relacji*. https://www.wrelacji.pl/psychoterapia-strefa-wiedzy/psychoterapia-humanistyczna-carl-rogers/27/1/2017 [dostęp: 28.11.2025]

Santorski, A. (2011). Kierownictwo duchowe w życiu i posłudze księdza (s. 183–194). W: J. Augustyn (red.), *Sztuka bycia księdzem*. Kraków: WAM.

Smyła, J. (2024). Wartości polskiej młodzieży: przegląd badań (s. 125–130). W: P. Magier (red.), *Młodzież wobec wartości*. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
Wiśniewski, R. (2024). *Chrześcijanie pierwszych wieków* (t. 1, s. 102–105). Warszawa: Pax.

Rozdział II

Sekcja nauk przyrodniczo-medycznych

Zastosowanie wybranych narzędzi badawczych wykorzystywanych w rozwoju zdolności kognitywno-motorycznych u piłkarzy nożnych

Krystian Panek [1], Paulina Małkowska [2]

[1] Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński; email: krystian.panek@phd.usz.edu.pl; ORCID: 0009-0009-8818-0758
[2] Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Uniwersytet Szczeciński; Zakład Fizjologii w Naukach o Zdrowiu, Pomorski Uniwersytet Medyczny; email: paulina.malkowska@pum.edu.pl; ORCID: 0000-0003-2430-5020

Streszczenie: Piłka nożna obejmuje różne formaty gry, w tym klasyczną 11-osobową, 5-osobową (futsal) oraz 6-osobową (socca), które różnią się wymaganiami techniczno-taktycznymi oraz kognitywno-motorycznymi. Gry o mniejszej liczbie zawodników cechują się wyższą intensywnością i szybkością podejmowania decyzji, co wymaga dopasowania metod oceny funkcji kognitywno-motorycznych. Narzędzia badawcze, takie jak Multiple Object Tracking (MOT), czy Visual Search (VS) pozwalają ocenić zdolność do lokalizacji obiektów w polu widzenia ważnych z perspektywy dyscypliny, a trening z użyciem systemów SportReact czy SKILLCOURT może wspierać trening integrując zadania ruchowe z komponentem kognitywnym. Wyniki badań pokazują, że zawodnicy o wyższym poziomie umiejętności osiągają lepsze wyniki w testach śledzenia wielu obiektów i wyszukiwania wzrokowego. Szczególnie gry o mniejszej liczbie zawodników pozostają słabo zbadane, co stanowi istotną lukę naukową i uzasadnia potrzebę dalszych badań nad specyficznymi wymaganiami kognitywno-motorycznymi w treningu i ocenie zawodników w piłce nożnej 5, i 6 osobowej.

Słowa kluczowe: piłka nożna; funkcje kognitywno-motoryczne; MOT; wyszukiwanie wzrokowe; futsal; socca

Abstract: Soccer includes various variants of the game, including the classic 11-a-side, 5-a-side (futsal), and 6-a-side (socca), which differ in their technical, tactical, cognitive, and motor requirements. Smaller-sided games are characterized by higher intensity and speed of decision-making, which requires the adjustment of methods for assessing cognitive and motor functions. Research tools such as Multiple Object Tracking (MOT) or visual search tasks allow evaluation of motor speed and visual information processing, while training with SportReact or SKILLCOURT systems can support decision-making improvements in play. Studies indicate that players with higher skill levels perform better in MOT and visual search (VS) tests. In particular, smaller-sided games are under-researched, representing a significant scientific gap and highlighting the need for further studies on the specific cognitive-motor demands in training and assessment of players in 5-a-side and 6-a-side soccer.

Key words: soccer; cognitive-motor functions; MOT; visual search; futsal; socca

1. Wstęp

Piłka nożna stanowi obecnie najbardziej rozpowszechnioną dyscyplinę sportową na świecie, uprawianą zarówno na poziomie rekreacyjnym, jak i profesjonalnym. Szacuje się, że w regularnych rozgrywkach uczestniczą setki milionów zawodników, a globalna widownia sięga miliardów odbiorców, czyniąc z niej jedno z najważniejszych zjawisk społeczno-kulturowych współczesnego świata. W ramach tego wielowymiarowego i wysoko uprzemysłowionego sektora sportowego, generującego rocznie wielomiliardowe przychody, kluby piłkarskie i ośrodki szkoleniowe inwestują znaczne środki w doskonalenie potencjału swoich zawodników. Tradycyjnie działania te koncentrowały się na rozwijaniu sprawności fizycznej, techniki indywidualnej oraz taktyki zespołowej, jednak w ostatnich latach obserwuje się wyraźny wzrost zainteresowania czynnikami kognitywnymi determinującymi skuteczność

gry. W centrum uwagi badaczy znalazły się procesy decyzyjne, które w powiązaniu z funkcjami motorycznymi tworzą podstawę efektywnego funkcjonowania zawodnika w złożonym i dynamicznym środowisku gry (Habekost et al., 2024).

Piłka nożna, jako globalny fenomen sportowy, obejmuje obecnie szereg odmian i formatów gry, które różnią się liczbą zawodników, wymiarami boiska, czasem trwania spotkania oraz specyfiką obciążeń wysiłkowych i kognitywnych. Wyróżnia się między innymi piłkę nożną 11-osobową (11v11), futsal rozgrywany w systemie 5v5 oraz socca, a więc piłka nożna 6-osobowa. (Clemente et al., 2025).

Piłka nożna halowa, powszechnie określana mianem futsalu, charakteryzuje się mniejszą przestrzenią boiska, szybszym tempem gry oraz większą częstotliwością sytuacji kontaktowych w porównaniu z jedenastoosobową piłką nożną, co przekłada się na odmienny profil obciążeń kognitywno-motorycznych i techniczno-taktycznych zawodników (Naser et al., 2017). Futsal jako odrębna dyscyplina wykazuje wysokie wymagania tlenowe i beztlenowe oraz częstsze, intensywne przyspieszenia i hamowania, co potwierdzono w licznych analizach meczowych i badaniach porównawczych zawodników na różnych poziomach (Aguiar et al., 2012; Spyrou et al., 2020). Ponadto badania wskazują, że układ przestrzenny i reguły gry w futsalu (mniejszy wymiar boiska, ograniczona przestrzeń gry) powodują większą ilość podejmowania decyzji w krótkim czasie oraz inne sytuacje meczowe (np. liczba podań, strzałów, pojedynków 1v1) w porównaniu z piłką nożną jedenastoosobową (Bueno et al., 2018; Spyrou et al., 2020).

Gry w formacie 6v6 (czasami opisywane w literaturze jako „six-a-side” albo rozpatrywane w kontekście small-sided games, SSG) stanowią z kolei kategorię ćwiczeń treningowych i turniejowych, które łączą aspekty kondycyjne, techniczne oraz kognitywne w warunkach zredukowanej liczby zawodników i zróżnicowanej wielkości pola (Tessitore et al., 2006). Badania nad piłką nożną 6-osobową wykazują, że manipulacja liczbą graczy i rozmiarem pola wpływa w sposób istotny na zewnętrzne obciążenie ruchowe (dystans, przyspieszenia, liczbę sprintów) oraz na wskaźniki tętna i metabolizmu, a więc nie można przenosić danych z jednego formatu gry na inny (Clemente et al., 2022; Spyrou et al., 2020).

Meta-analizy i przeglądy dotyczące SSG dowodzą, że różne konfiguracje (liczba zawodników, wymiary pola, reguły gry) prowadzą do odmiennych wymagań kognitywnych i motorycznych, dlatego wybór konkretnego formatu ma bezpośrednie znaczenie dla reprezentatywności testów czy ćwiczeń treningowych względem sytuacji meczowych (Clemente et al., 2022, 2025). Co ważne z punktu widzenia badań nad funkcjami kognitywno-motorycznymi, zarówno futsal, jak i socca wymagają szybszego podejmowania decyzji

i cechują się większą liczbą bodźców wzrokowo-przestrzennych niż gra 11-osobowa, co sugeruje potrzebę dostosowania narzędzi diagnostycznych (np. MOT, zadania śledzenia wzroku, testy dual-task) do specyfiki tych formatów (Clemente et al., 2022; Naser et al., 2017; Travassos et al., 2024). W literaturze istnieje jednak relatywnie niewiele badań, które bezpośrednio porównują wyniki testów kognitywno-motorycznych między zawodnikami futsalu, socca oraz piłki nożnej 11-osobowej. W związku z powyższym, systematyczna analiza trafności, rzetelności i transferu testów kognitywno-motorycznych dla futsalu i socca jest niezbędna zarówno z perspektywy badań podstawowych, jak i zastosowań w praktyce treningowej (Aguiar et al., 2012; Clemente et al., 2025).

2. Metody oceny funkcji kognitywno-motorycznych u zawodników piłki nożnej

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny wzrost zainteresowania zastosowaniem testów kognitywno-motorycznych w diagnostyce i treningu piłkarzy nożnych. Złożony charakter gry, wymagający szybkiego przetwarzania informacji, selektywnej uwagi oraz podejmowania trafnych decyzji w warunkach presji czasowej, powoduje, że tradycyjna ocena zdolności motorycznych okazuje się niewystarczająca (Huijgen et al., 2015; Vestberg et al., 2012). Współczesne podejście do przygotowania zawodnika coraz częściej obejmuje pomiar procesów kognitywnych sprzężonych z reakcjami motorycznymi, co umożliwia kompleksową ocenę efektywności działania w kontekście sytuacyjnym charakterystycznym dla piłki nożnej (Krenn et al., 2018; Verburgh et al., 2014).

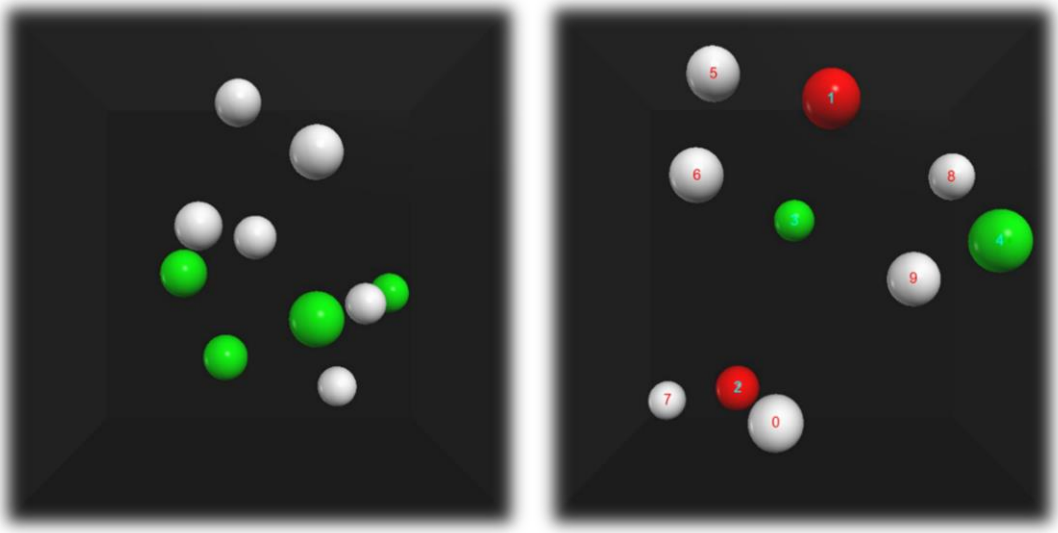
Wyniki licznych badań wskazują, że poziom funkcji kognitywnych, takich jak hamowanie reakcji, czy pamięć robocza, różnicuje zawodników o odmiennym poziomie sportowym (Huijgen et al., 2015; Vestberg et al., 2012). Piłkarze grający na poziomie zawodowym wykazują istotnie wyższą sprawność w testach oceniających szybkość przetwarzania informacji oraz podejmowanie decyzji w sytuacjach dynamicznych (Verburgh et al., 2014). Z kolei zastosowanie narzędzi łączących komponent kognitywny i motoryczny – takich jak SKILLCOURT (SKILLCOURT GmbH, Niemcy), pozwala na bardziej trafne odwzorowanie wymagań meczowych niż tradycyjne testy motoryczne.

W dalszych podrozdziałach omówione zostaną wybrane narzędzia badające funkcje kognitywne oraz kognitywno-motoryczne stosowane w badaniach nad piłkarzami nożnymi, z uwzględnieniem ich zasad metodologicznych, zakresu pomiaru oraz znaczenia praktycznego w kontekście przygotowania sportowego.

2.1. Test Multiple Object Tracking (MOT)

Test Multiple Object Tracking (MOT) jest eksperymentalną procedurą służącą do oceny zdolności śledzenia wielu jednocześnie poruszających się obiektów w polu widzenia, co odzwierciedla aspekty podzielności uwagi i jej selektywności warunkowanej szybkością przetwarzania informacji wizualno-przestrzennej (Romeas et al., 2016). W odmianie 3D-MOT bodźce są prezentowane w trójwymiarowej przestrzeni lub w symulowanej perspektywie 3D, co zwiększa wymogi dotyczące analizy głębi i może lepiej odzwierciedlać warunki boiskowe w piłce nożnej (Ryc. 1) (Romeas et al., 2019).

W piłce nożnej istnieje coraz więcej dowodów naukowych wskazujących, że zdolność śledzenia wielu obiektów stanowi istotny komponent kognitywny warunkujący skuteczność gry (Zwierko et al., 2022). Wyniki badań potwierdziły, że piłkarze osiągają lepsze rezultaty w zadaniach MOT niż osoby niewytrenowane oraz sportowcy spoza gier zespołowych (Faubert, 2013), wyższa biegłość w MOT towarzyszy lepszym funkcjom uwagi i kontroli kognitywnej u młodych zawodników (Verburgh et al., 2014), a także że trening MOT może poprawiać jakość podejmowania decyzji na boisku, zwłaszcza w zakresie wyboru podań (Romeas et al., 2016). Dodatkowo prace analizujące relacje między zdolnościami kognitywnymi a efektywnością gry zespołowej wskazują na związek kompetencji MOT z parametrami takimi jak szybkość reakcji, jakość decyzji i skuteczność działań w dynamicznym środowisku meczowym (Harris et al., 2020; Jin et al., 2020; Mangine et al., 2014). Dzięki temu MOT uznawany jest za jedno z kluczowych narzędzi umożliwiających opis i potencjalny rozwój zdolności kognitywnych w piłce nożnej.



Rycina 1. Przykładowy test MOT**.**

Badania nad zastosowaniem zadań MOT w kontekście piłki nożnej 11-osobowej zostały już szeroko opisane, a w niektórych pracach stosowano także warianty VR/immersyjne i rejestrację wzroku, aby lepiej odzwierciedlić warunki meczowe (Romeas et al., 2016; Vu, Sorel, Limballe, et al., 2022). Badania nad zastosowaniem MOT w piłce nożnej 11-osobowej wskazują, że zdolność śledzenia wielu obiektów wyraźnie różnicuje zawodników o odmiennym poziomie zaawansowania oraz pozostaje powiązana z ważnymi aspektami funkcjonowania kognitywnego. Wykazano, że piłkarze o wyższym poziomie umiejętności uzyskują lepsze wyniki w zadaniach MOT niż osoby niewytrenowane oraz sportowcy spoza gier zespołowych, co sugeruje, że sprawne monitorowanie wielu ruchomych bodźców stanowi istotny element działania kognitywnego w tej dyscyplinie (Faubert, 2013). Wykazano także, że trening oparty na MOT prowadzi do poprawy decyzji podejmowanych zadań o podwyższonej dynamice bodźców, co potwierdza możliwość transferu nabywanych umiejętności do sytuacji związanych z grą (Romeas et al., 2016). Z kolei nowsze prace wykorzystujące technologie immersyjne oraz rejestrację wzroku wskazują, że współczesne protokoły MOT pozwalają na bardziej precyzyjne odwzorowanie warunków wymagających ciągłego analizowania i aktualizowania wielu informacji wizualnych charakterystycznych dla futbolu 11-osobowego (Vu, Sorel, Limballe, et al., 2022). Badania kontrolowane wykazały poprawę w wynikach 3D-MOT po treningu, ale bez istotnego wpływu na kompleksową jakość decyzji w realnych sytuacjach na boisku, co podkreśla problem transferu efektów laboratoryjnych na wynik uzyskany w meczu (Harenberg et al., 2022).

Badania dotyczące zastosowania MOT w kontekście gry piłki nożnej 6-osobowej są dotychczas bardzo ograniczone, co stanowi istotną lukę w literaturze. Mimo braku bezpośrednich badań MOT, analiza pracy poświęconej wymaganiom SSG pokazuje, że małe formaty różnią się istotnie od meczów piłki nożnej 11-osobowej pod względem intensywności i wzorców ruchowych (Clemente et al., 2022). Wskazuje to, że zawodnicy w 6-osobowej grze są narażeni na inne wymagania kognitywno-motoryczne niż w klasycznej grze 11-osobowej, co uzasadnia potrzebę adaptacji protokołów MOT (np. zmniejszenie powierzchni przestrzeni testowej, zwiększenie prędkości obiektów, ilości obserwowanych obiektów oraz ilości dystraktorów lub czasu obserwacji obiektów), aby uzyskać większą reprezentatywność zadania względem realnych wymagań gry (Michaels et al., 2022; Vu, Sorel, Limballe, et al., 2022). Ponadto potencjał testów MOT w tym formacie może być szczególnie wysoki, ponieważ cechuje się on większą częstotliwością akcji na boisku i częstą zmianą pozycji, co stawia wysokie wymagania względem przetwarzania wielu bodźców jednocześnie. Brak empirycznych badań MOT w 6-osobowej piłce nożnej wskazuje potrzebę przeprowadzenia

eksperymentalnych interwencji treningowych, które pozwolą ocenić zarówno podstawowe zdolności śledzenia, jak i ich transfer na podejmowane decyzje i uzyskaną efektywność w grze.

Badania nad zastosowaniem MOT w kontekście futsalu także pozostają bardzo ograniczone, co wskazuje na potrzebę pogłębionych badań w tym zakresie. Podobnie jak w przypadku gry 6-osobowej, nie istnieją recenzowane prace empiryczne badające bezpośrednio zdolności śledzenia wielu obiektów u zawodników futsalowych. Analizy dotyczące wymagań motorycznych i kognitywnych w futsalu wskazują jednak, że gry 5-osobowe charakteryzują się wysoką intensywnością działań, częstymi zmianami pozycji oraz dużym zagęszczeniem sytuacji decyzyjnych, co sugeruje istotną rolę szybkiego przetwarzania informacji wzrokowych i podejmowania decyzji (Barbero-Alvarez et al., 2008; Naser et al., 2017). W związku z tym można oczekiwać, że protokoły MOT, odpowiednio dostosowane do krótszych czasów śledzenia i większego tempa zmian bodźców, mogłyby być szczególnie przydatne do oceny zdolności kognitywnych w futsalu. Brak badań w tej dziedzinie podkreśla potrzebę projektowania eksperymentalnych protokołów MOT dla futsalistów, które umożliwiłyby ocenę zarówno podstawowych umiejętności śledzenia, jak i ich potencjalnego transferu na podejmowane decyzje i skuteczność gry w warunkach meczowych.

2.2. Wyszukiwanie wzrokowe

Wyszukiwanie wzrokowe (ang. *visual search*), będące częścią szerszych procesów percepcyjno-kognitywnych, odgrywa kluczową rolę w podejmowaniu decyzji w piłce nożnej. Umiejętność efektywnego obserwowania pola gry, identyfikacji potencjalnych partnerów oraz przeciwników, a także oceny możliwości zagrania piłki, jest niezbędna dla jakości podejmowanej decyzji u zawodnika (Roca et al., 2018; Williams & Ericsson, 2005). Badania wskazują, że doświadczeni piłkarze cechują się bardziej ukierunkowanym, selektywnym i bardziej zoptymalizowanym skanowaniem pola gry, spędzając mniej czasu na obserwację małoistotnych obiektów, a więcej na kluczowych elementach pola gry (Mann et al., 2007).

W literaturze stosuje się różnorodne protokoły badań nad wyszukiwaniem wzrokowym, w tym zadania przeprowadzane w laboratorium z wykorzystaniem komputera, symulacje VR/immersyjne oraz analizy rzeczywistego wzroku na boisku przy użyciu systemów eyetracking (Roca, 2011; Vickers, 2007). Parametry oceniane w tych testach obejmują m.in. czas reakcji, czas fiksacji, liczbę fiksacji i sakkad, trajektorie ruchu gałek ocznych oraz selektywność uwagi, co pozwala na analizę strategii przetwarzania informacji w różnych warunkach gry. Badania wykazują, że poziom zaawansowania piłkarzy wpływa na efektywność wyszukiwania wzrokowego, a trening ukierunkowany na poprawę percepcji wzrokowej może

prowadzić do lepszego podejmowania decyzji w dynamicznych sytuacjach boiskowych (Vaeyens et al., 2007). Jednak wciąż istnieje ograniczona liczba badań w kontekście różnych formatów gry, zwłaszcza w piłce nożnej 6- i 5-osobowej, co wskazuje na potrzebę dalszych prac w tym zakresie.

W kontekście piłki nożnej 11-osobowej badania nad wyszukiwaniem wzrokowym dostarczają coraz więcej dowodów na to, że selektywne przetwarzanie informacji wzrokowej istotnie różnią się w zależności od doświadczenia i stylu gry zawodników. W jednym z kluczowych badań zastosowano symulację wideo sytuacji atakujących 11v11, w której piłkarze musieli podejmować decyzje pod presją czasową, a ich ruchy oczu rejestrowano przy pomocy mobilnego systemu eye-tracking (Roca et al., 2018). Analiza danych wykazała, że zawodnicy klasyfikowani jako najbardziej doświadczeni charakteryzowali się większą liczbą fiksacji, ale o krótszym czasie, oraz szerokim zakresem uwagi wzrokowej – częściej identyfikowali kluczowe obszary boiska, co pozwalało im wcześniej dostrzegać partnerów w dobrych pozycjach ofensywnych (Roca et al., 2018). To wskazuje, że wyszukiwanie wzrokowe ma charakter strategiczny, bowiem zawodnicy selekcjonują najistotniejsze informacje w grze, dzięki czemu szybciej i trafniej reagują na bieżący przebieg sytuacji na boisku. W innym badaniu przeprowadzonym podczas gry właściwej 11v11, przy pomocy mobilnego systemu eyetracking zarejestrowano aktywność wzrokową graczy w okresie kilku sekund przed otrzymaniem piłki. Uzyskane wyniki pokazały, że różne pozycje boiskowe wiążą się z odmiennym profilem fiksacji: na przykład środkowi pomocnicy spędzali więcej czasu na fiksacji przestrzeni, co może odzwierciedlać ich większą odpowiedzialność decyzyjną (Ballet et al., 2023). Dodatkowo, badania wskazują, że efektywność taktyczna u młodych piłkarzy wiąże się z ich strategią wyszukiwania wzrokowego. W badaniu brazylijskich nastolatków efektywniejsi taktycznie zawodnicy charakteryzowali się krótszymi fiksacjami, większą ich liczbą oraz umiejętnością przedłużenia czasu fiksacji na zawodniku z piłką, co sugeruje zdolność do elastycznego dostosowania wzroku do wymagań boiskowych (Vítor de Assis et al., 2021).

W kontekście gry 6-osobowej czy futsalu, badania nad strategią wyszukiwania wzrokowego są wciąż relatywnie ograniczone. Choć większość literatury dotyczącej percepcji wzrokowej w piłce koncentruje się na meczach 11-osobowych albo na zadaniach laboratoryjnych, to istnieją przesłanki teoretyczne i pośrednie dowody, które wskazują, że w małych grach mogą zachodzić specyficzne wzorce skanowania wzrokowego i przetwarzania informacji wizualnej. Na przykład przegląd systematyczny dotyczący gier SSG podkreśla, że te formaty sprzyjają szybszemu reagowaniu zawodników. Częstsze zmiany pozycji, szybkie

decyzje i intensywność bodźców sprawiają, że percepcja wzrokowa oraz selektywne przetwarzanie informacji mogą odgrywać szczególnie ważną rolę (Ridwan et al., 2025). Dodatkowo badanie dotyczące strategii wyszukiwania wzrokowego u młodszych piłkarzy pokazuje, że różnice w fiksacjach i czasie fiksacji między grupami wiekowymi odnoszą się głównie do kategorii przestrzeni na boisku, co może mieć znaczenie także w małych grach, gdzie przestrzeń i dostęp do wolnych sektorów boiska zmienia się dynamicznie (Machado et al., 2017). Ponadto, badania nad wizualnym skanowaniem piłkarzy w warunkach defensywnych (1v1) wykazały, że doświadczeni zawodnicy częściej fiksują się nie na piłce, ale na stawach przeciwnika (kolano, biodro), co sugeruje, że kluczowe bodźce informacyjne mogą być analizowane inaczej w zależności od roli i sytuacji. W małych grach, gdzie liczba przeciwników i interakcji jest mniejsza, takie strategie mogą być bardziej wyraźne (Nagano et al., 2004).

2.3. SportReact/SKILLCOURT

Współczesne badania nad funkcjami kognitywno-motorycznymi w piłce nożnej coraz częściej wykorzystują specjalistyczne systemy treningowe i diagnostyczne, które integrują bodźce wizualne z zadaniami motorycznymi. Systemy takie jak SportReact (sportreact LTD, Zagrzeb, Chorwacja) oraz SKILLCOURT (SKILLCOURT GmbH, Niemcy) umożliwiają ocenę i rozwój zwinności reakcyjnej, czasu reakcji oraz funkcji decyzyjnych w kontekście sportowym. Ich zastosowanie pozwala na przeprowadzenie testów i treningów o wysokiej złożoności, które imitują dynamikę i wymagania meczowe, a jednocześnie dostarczają obiektywnych danych dotyczących wydajności kognitywno-motorycznej zawodników (Hülsdünker et al., 2023).

System SportReact wykorzystuje światła reakcyjne oraz bramki laserowe do oceny i treningu reakcyjnej zwinności. Umożliwia tworzenie testów losowych i przewidywalnych, łącząc komponent motoryczny z zadaniami kognitywnymi, co jest istotne w kontekście dynamicznych decyzji na boisku. Pomiar obejmuje czas reakcji, przyspieszenie, zmianę kierunku i poprawność decyzji w odpowiedzi na bodźce świetlne (*Sportreact | Reactive Agility System*). System pozwala także monitorować postępy zawodników w czasie i porównywać wyniki między uczestnikami. Dotychczasowe badania wskazują, że trening w systemach wzrokowo--motorycznych poprawia czas reakcji i funkcje okulomotoryczne, choć dowody na bezpośredni transfer do rzeczywistych sytuacji meczowych pozostają ograniczone (Piva et al., 2025; Theofilou et al., 2022).



Rycina 2. Zdjęcie testu Star Run/Random Star Run na platformie Skillcourt.

SKILLCOURT to system treningowy wykorzystujący sensoryczne „boxy" oraz technologię LIDAR do pomiaru ruchów zawodników w przestrzeni. Pozwala na tworzenie ćwiczeń reakcyjnych, motorycznych i kognitywnych w jednym środowisku, co umożliwia rozwój funkcji kognitywno-motorycznych w warunkach zbliżonych do meczu (Hülsdünker et al., 2023). System oferuje moduły typu „Star Run" (planowana zwinność) oraz „Random Star Run" (reakcyjna zwinność) (Ryc. 2), a także zadania kognitywne wymagające szybkiego przetwarzania informacji. Badania wskazują, że wyniki w testach SKILLCOURT są skorelowane z klasycznymi testami sprawności fizycznej co potwierdza jego wartość diagnostyczną (Hülsdünker et al., 2023).

Oba systemy, SportReact i SKILLCOURT, pozwalają na integrację bodźców wizualnych, decyzji kognitywnych oraz aktywności motorycznej, co jest istotne w treningu kognitywno-motorycznym piłkarzy.

W kontekście piłki nożnej 11-osobowej, rozwój i ocena umiejętności kognitywnych, jest coraz częściej wspierana przez nowoczesne systemy treningowe, takie jak SportReact oraz SKILLCOURT. W przypadku SKILLCOURT, badanie walidacyjne wykazało, że testy Star Run (planowana zwinność) oraz Random Star Run (reakcyjna zwinność) korelują znacząco

z klasycznymi testami sprawności fizycznej – odpowiednio z testem prędkości liniowej i testem typu T-agility co potwierdza, że SKILLCOURT mierzy aspekty motoryczne istotne w piłce nożnej. Dodatkowo test kognitywny „1-back" na SKILLCOURT pokazał umiarkowaną, ale istotną korelację z komputerowymi testami podejmowania decyzji i pamięci roboczej, co dowodzi, że system dostarcza informacji także o zdolnościach kognitywnych zawodników (Hülsdünker et al., 2023). W badaniu typu interwencyjnego przeprowadzonym u dorosłych amatorskich piłkarzy, włączono 6-tygodniowy trening kognitywno-motoryczny z wykorzystaniem narzędzia SKILLCOURT ("dual-task agility" – z podwójnym zadaniem). Po zakończeniu interwencji nie stwierdzono istotnych różnic między grupą tradycyjnego treningu zwinności a grupą, która wykonywała ćwiczenia z komponentem kognitywnym, co może sugerować, że sama integracja bodźców kognitywnych nie zawsze automatycznie przekłada się na lepsze wyniki motoryczne lub że protokoły wymagają dalszej optymalizacji (Friebe et al., 2024).

Chociaż SportReact sam w sobie nie jest szeroko opisywany w badaniach naukowych z piłkarzami, można wnioskować o jego potencjale na podstawie powiązanych badań nad treningiem wizualnych bodźców w piłce nożnej. Przykładowo, interwencja oparta na wizualnych bodźcach wśród młodych piłkarzy prowadziła do istotnego skrócenia czasu reakcji oraz poprawy funkcji okulomotorycznych, co sugeruje, że systemy reagujące na bodźce świetlne mogą być efektywne w rozwoju zdolności kognitywnych niezbędnych w grze (Piva et al., 2025). Analogiczne wyniki uzyskano w wcześniejszych badaniach z użyciem urządzeń typu Fitlight (FITLIGHT®, Warszawa, Polska), gdzie trening bodźców świetlnych poprawiał czas reakcji oraz funkcje kognitywne u piłkarzy młodzieżowych (Theofilou et al., 2022).

W przypadku gier 6- i 5-osobowych systemy reakcyjne takie jak SportReact i SKILLCOURT mogą oferować unikalne możliwości diagnostyczne i treningowe. Formalnych badań wykorzystujących te platformy w tych typach gry nie ma, jednak literaturę pośrednią wspierają analizy wpływu małych gier na komponent kognitywny. W małych grach piłkarskich trening reakcyjny może wspierać rozwój zdolności kognitywno-motorycznych takich jak czas reakcji, umiejętność szybkiego podejmowania decyzji oraz integracja bodźców percepcyjnych z działaniami motorycznymi. Badania wykazały, że w trakcie SSG 4v4 obserwuje się pogorszenie wyników w testach reakcyjnej zwinności oraz wzrost liczby błędów w zadaniach wymagających hamowania reakcji (Skala & Zemková, 2023). Systematyczny przeglądy literatury podkreśla, że małe gry wywołują istotne obciążenie kognitywne i stymulują rozwój zwinności oraz zdolności decyzyjnych (Bujalance-Moreno et al., 2019). Dodatkowo wykazano, że SSG znacząco poprawiają zdolności szybkości zmiany kierunku i przyspieszenia

w warunkach dynamicznych, co pośrednio wspiera rozwój zwinności reakcyjnej (Chaouachi et al., 2014).

Choć bezpośrednie badania z użyciem systemów SportReact i SKILLCOURT w małych grach nie są dostępne, istniejące dowody wskazują, że włączenie treningu z elementami rozwoju funkcji kognitywnych w SSG może umożliwiać rozwój szybkości czasu reakcji i umiejętności szybkości podejmowania decyzji w warunkach dynamicznych, zbliżonych do sytuacji meczowych. Wskazuje to na lukę badawczą i potrzebę przeprowadzenia eksperymentów walidacyjnych tych systemów w kontekście tych formatów gier w piłce nożnej.

3. Implementacja metod kognitywno-motorycznych w grze 6- i 5-osobowej

Zastosowanie narzędzi oceniających funkcje kognitywno-motoryczne w treningu piłki nożnej otwiera możliwość projektowania ćwiczeń bardziej zbliżonych do rzeczywistych wymagań meczowych. Gry w strukturze 6v6 i 5v5 stanowią szczególnie wartościowe środowisko do takiej integracji, ponieważ charakteryzują się wysoką dynamiką, zwiększoną częstotliwością zmian sytuacji taktycznych oraz większą liczbą interakcji zawodnik–przeciwnik w jednostce czasu (Owen et al., 2004; Sarmento et al., 2018). W konsekwencji generują one znacznie większe obciążenie kognitywne niż gra 11v11, co uzasadnia wdrażanie interwencji treningowych ukierunkowanych na selekcję i przetwarzanie istotnych wskazówek percepcyjnych, , antycypację oraz szybkość reakcji motorycznej w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Badania wykorzystujące systemy takie jak Sportreact czy Skillcourt pokazują, że zwiększenie liczby bodźców wzrokowych, ich zmienności oraz nieprzewidywalności może wpływać na poprawę szybkości decyzji i selektywność uwagi (Hicheur et al., 2020, 2020; Romeas et al., 2016; Schumacher et al., 2020). Zestawienie tych wyników z charakterystyką gier 5v5 i 6v6 wskazuje, że naturalna struktura tych formatów już sama w sobie pełni funkcję środowiska o dużej liczbie bodźców decyzyjnych. W praktyce oznacza to, że narzędzia kognitywno-motoryczne mogą być szczególnie efektywne wtedy, gdy zostaną wplecione bezpośrednio w przebieg gry, a nie stosowane w izolacji. Przykładowo, w formacie 6-osobowym można zwiększać trudność sytuacyjną poprzez wprowadzanie dodatkowych bodźców wizualnych inicjujących konkretne działania (np. kolor sygnalizujący natychmiastową zmianę kierunku pressingu lub przejście do wysokiej obrony) (Nimmerichter et al., 2015; Travassos et al., 2014). W formacie 5-osobowym zastosowanie bodźców dźwiękowych lub świetlnych może służyć jako sygnał przełączenia stref krycia lub natychmiastowego podjęcia ataku szybkim środkiem (Klatt & Smeeton, 2020). W obu

przypadkach celem jest integracja reakcji na bodziec z naturalnym procesem decyzyjnym, a nie tworzenie sztucznego środowiska odseparowanego od taktyki gry.

Z dotychczasowych analiz wynika również, że gry w małym formacie mogą być wykorzystywane do kształtowania selektywności uwagi i skanowania przestrzeni poprzez modyfikację reguł gry, liczby kontaktów, dostępnej przestrzeni oraz intensywności presji przeciwnika (Almeida et al., 2013; Praça et al., 2016). Dodanie do tego bodźców reakcyjnych znanych z treningu kognitywnego (np impulsy świetlne, zadania dual-task) zwiększa złożoność środowiska decyzyjnego, ale nadal utrzymuje grę jako główny kontekst wykonania. Takie połączenie metod pozwala rozwijać zarówno zdolności motoryczne, jak i funkcje kognitywne przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej efektywności treningu.

4. Podsumowanie

Jako dyscyplina o ogromnym zasięgu i popularności, piłka nożna oferuje wielowymiarowe środowisko treningowe i badawcze, w którym kluczową rolę odgrywa integracja zdolności fizycznych, technicznych oraz kognitywno-motorycznych. Współczesne badania wykazują, że integracja procesów kognitywno-motoryczne w dynamicznych warunkach gry jest istotnym determinantem efektywności zawodników, przy czym ich znaczenie staje się szczególnie widoczne w strukturze 5- czy 6-osobowej, które charakteryzują się szybszym tempem, częstszymi zmianami pozycji oraz większą liczbą bodźców podejmowania decyzji w krótkim czasie. Analizy porównawcze wykazują, że obciążenie kognitywne i motoryczne różnią się w zależności od liczby zawodników i wymiarów pola, co podkreśla konieczność dostosowania narzędzi diagnostycznych i treningowych do specyfiki gry.

Współczesne metody oceny funkcji kognitywno-motorycznych obejmują m.in. testy MOT do oceny śledzenia wielu obiektów, zadania wyszukiwania wzrokowego oraz zaawansowane systemy treningowe, takie jak SportReact czy SKILLCOURT. Badania wykazują, że piłkarze o wyższym poziomie umiejętności osiągają lepsze wyniki w testach MOT, a trening tego typu może poprawiać decyzje na boisku, choć dowody na trwały transfer umiejętności do gry są ograniczone. Wyszukiwanie wzrokowe i strategie przetwarzania bodźców różnią się w zależności od doświadczenia i pozycji boiskowej, a małe formaty gry stawiają dodatkowe wymagania percepcyjne i decyzyjne.

Integracja testów i treningu kognitywno-motorycznego w środowisku gier piłki nożnej 5, 6-osobowej jest szczególnie obiecująca, ponieważ naturalna dynamika i liczba bodźców w tych formatach sprzyja rozwijaniu szybkiego przetwarzania informacji, selektywnej uwagi

oraz zwinności reakcyjnej. Istnieje jednak wyraźna luka badawcza w zakresie walidacji i adaptacji narzędzi kognitywno-motorycznych do futsalu oraz socca co wskazuje na potrzebę dalszych badań eksperymentalnych.

5. Bibliografia

Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A Review on the Effects of Soccer Small-Sided Games. *Journal of Human Kinetics*, *33*, 103–113. https://doi.org/10.2478/v10078-012-0049-x

Almeida, C. H., Ferreira, A. P., & Volossovitch, A. (2013). Offensive sequences in youth soccer: Effects of experience and small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, *36*, 97–106. https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0010

Ballet, C., Barreto, J., Hope, E., & Casanova, F. (2023). What is the visual behaviour and attentional effort of football players in different positions during a real 11v11 game? A pilot study. *F1000Research*, *12*, 679. https://doi.org/10.12688/f1000research.134231.4

Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, *26*(1), 63–73. https://doi.org/10.1080/02640410701287289

Bueno, M. J. de O., Caetano, F. G., Yonezawa, M. K., Grella, A. S., Cunha, S. A., & Moura, F. A. (2018). How do futsal players of different categories play during official matches? A tactical approach to players' organization on the court from positional data. *PloS One*, *13*(6), e0199619. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199619

Bujalance-Moreno, P., Latorre-Román, P. Á., & García-Pinillos, F. (2019). A systematic review on small-sided games in football players: Acute and chronic adaptations. *Journal of Sports Sciences*, *37*(8), 921–949. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535821

Chaouachi, A., Chtara, M., Hammami, R., Chtara, H., Turki, O., & Castagna, C. (2014). Multidirectional sprints and small-sided games training effect on agility and change of direction abilities in youth soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(11), 3121–3127. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000505

Clemente, F. M., Martinho, D. V., Silva, R., Trybulski, R., Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Beato, M., & Afonso, J. (2025). Physiological, Physical and Technical Demands During Sided Soccer Game Formats: A Review. *International Journal of Sports Medicine*, *46*(10), 710–741. https://doi.org/10.1055/a-2591-6995

Clemente, F. M., Silva, A. F., Kawczyński, A., Yıldız, M., Chen, Y.-S., Birlik, S., Nobari, H., & Akyildiz, Z. (2022). Physiological and locomotor demands during small-sided games are related to match demands and physical fitness? A study conducted on youth soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*, 138. https://doi.org/10.1186/s13102-022-00535-w

Erdogan, G., Vogt, L., Giesche, F., Friebe, D., Banzer, W., Mierau, A., & Hülsdünker, T. (2025). Cognitive costs in motor-cognitive performance assessments depend on movement complexity and cognitive task design. *Frontiers in Sports and Active Living*, *7*, 1482976. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1482976

Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific Reports*, *3*, 1154. https://doi.org/10.1038/srep01154

Faubert, J., & Sidebottom, L. (2012). Perceptual-cognitive training of athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, *6*(1), 85–102.

Friebe, D., Banzer, W., Giesche, F., Haser, C., Hülsdünker, T., Pfab, F., Rußmann, F., Sieland, J., Spataro, F., & Vogt, L. (2024). Effects of 6-Week Motor-Cognitive Agility Training on Football Test Performance in Adult Amateur Players—A Three-Armed Randomized Controlled Trial. *Journal of Sports Science & Medicine*, *23*(2), 276–288. https://doi.org/10.52082/jssm.2024.276

Habekost, T., Ovesen, J., & Madsen, J. B. (2024). Cognition in elite soccer players: A general model. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1477262. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1477262

Harenberg, S., McCarver, Z., Worley, J., Murr, D., Vosloo, J., Kakar, R. S., McCaffrey, R., Dorsch, K., & Höner, O. (2022). The effectiveness of 3D multiple object tracking training on decision-making in soccer. *Science & Medicine in Football*, *6*(3), 355–362. https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1965201

Harris, D. J., Wilson, M. R., Crowe, E. M., & Vine, S. J. (2020). Examining the roles of working memory and visual attention in multiple object tracking expertise. *Cognitive Processing*, *21*(2), 209–222. https://doi.org/10.1007/s10339-020-00954-y

Hicheur, H., Chauvin, A., Cavin, V., Fuchslocher, J., Tschopp, M., & Taube, W. (2020). Augmented-Feedback Training Improves Cognitive Motor Performance of Soccer Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *52*(1), 141–152. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002118

Huijgen, B. C. H., Leemhuis, S., Kok, N. M., Verburgh, L., Oosterlaan, J., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2015). Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLOS ONE*, *10*(12), e0144580. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144580

Hülsdünker, T., Friebe, D., Giesche, F., Vogt, L., Pfab, F., Haser, C., & Banzer, W. (2023). Validity of the SKILLCOURT® technology for agility and cognitive performance assessment in healthy active adults. *Journal of Exercise Science and Fitness*, *21*(3), 260–267. https://doi.org/10.1016/j.jesf.2023.04.003

Jin, P., Li, X., Ma, B., Guo, H., Zhang, Z., & Mao, L. (2020). Dynamic visual attention characteristics and their relationship to match performance in skilled basketball players. *PeerJ*, *8*, e9803. https://doi.org/10.7717/peerj.9803

Klatt, S., & Smeeton, N. J. (2020). Visual and Auditory Information During Decision Making in Sport. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *42*(1), 15–25. https://doi.org/10.1123/jsep.2019-0107

Krenn, B., Finkenzeller, T., Würth, S., & Amesberger, G. (2018). Sport type determines differences in executive functions in elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, *38*, 72–79. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.06.002

Machado, G., Cardoso, F., & Teoldo, I. (2017). Visual search strategy of soccer players according to different age groups. *Motriz: Revista de Educação Física*, *23*, e101748. https://doi.org/10.1590/S1980-6574201700030022

Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Wells, A. J., Gonzalez, A. M., Rogowski, J. P., Townsend, J. R., Jajtner, A. R., Beyer, K. S., Bohner, J. D., Pruna, G. J., Fragala, M. S., & Stout, J. R. (2014). Visual tracking speed is related to basketball-specific measures of performance in NBA players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(9), 2406–2414. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000550

Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *29*(4), 457–478. https://doi.org/10.1123/jsep.29.4.457

Michaels, J., Chaumillon, R., Mejia-Romero, S., Bernardin, D., & Faubert, J. (2022). Three-dimensional multiple object tracking improves young adult cognitive abilities associated with driving: Evidence for transfer to the useful field of view. *Neuroreport*, *33*(12), 504–508. https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001807

Nagano, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2004). Visual search strategies of soccer players in one-on-one defensive situations on the field. *Perceptual and Motor Skills*, *99*(3 Pt 1), 968–974. https://doi.org/10.2466/pms.99.3.968-974

Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science and Fitness*, *15*(2), 76–80. https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001

Nimmerichter, A., Weber, N. J. R., Wirth, K., & Haller, A. (2015). Effects of Video-Based Visual Training on Decision-Making and Reactive Agility in Adolescent Football Players. *Sports*, *4*(1), 1. https://doi.org/10.3390/sports4010001

Owen, A., Twist, C., & Ford, P. (2004). Small-sided games: The physiological and technical effect of altering pitch size and player numbers. *Insight*, *7*, 50–53.

Phillips, J. (2021). Visual Tracking Speed and Soccer Performance Metrics. *Electronic Theses and Dissertations*. https://egrove.olemiss.edu/etd/2126

Piva, T., Zerbini, V., Barducco, A., Mancioppi, S., Raisi, A., Vassali, M., Bianchini, G., Laporta, M., Menegatti, E., Grazzi, G., Mazzoni, G., & Mandini, S. (2025). Reduction in reaction time and improved oculomotor function following football-specific vision training in young players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *17*(1), 298. https://doi.org/10.1186/s13102-025-01368-z

Praça, G., Costa, C. L., Falconi Costa, F., Andrade, A., & Greco, P. J. (2016). Tactical behavior in soccer small-sided games: Influence of tactical knowledge and numerical superiority. *Journal of Physical Education (Maringa)*, *27*. https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v27i1.2736

Ridwan, M., Anita, M. W., & Ahmedov, F. (2025). *The impact of small-sided games on football players' responsiveness and performance. A systematic review*. *25*(1), 262–267.

Roca, A. (2011). *Perceptual-cognitive expertise and its acquisition in soccer*. https://doi.org/10.24377/LJMU.t.00006109

Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2018). Creative decision making and visual search behavior in skilled soccer players. *PLoS ONE*, *13*(7), e0199381. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199381

Romeas, T., Chaumillon, R., Labbé, D., & Faubert, J. (2019). Combining 3D-MOT With Sport Decision-Making for Perceptual-Cognitive Training in Virtual Reality. *Perceptual and Motor Skills*, *126*(5), 922–948. https://doi.org/10.1177/0031512519860286

Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, *22*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.002

Sarmento, H., Clemente, F. M., Harper, L. D., Costa, I. T. da, Owen, A., & Figueiredo, A. J. (2018). Small sided games in soccer – a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *18*(5), 693–749. https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1517288

Schumacher, N., Reer, R., & Braumann, K.-M. (2020). On-Field Perceptual-Cognitive Training Improves Peripheral Reaction in Soccer: A Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01948

Skala, F., & Zemková, E. (2023). Neuromuscular and perceptual-cognitive response to 4v4 small-sided game in youth soccer players. *Frontiers in Physiology*, *14*. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1260096

Sportreact | reactive agility system. (b.d.). Sportreact.Com. Pobrano 23 listopada 2025, z https://www.sportreact.com/

Spyrou, K., Freitas, T. T., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2020). Physical and Physiological Match-Play Demands and Player Characteristics in Futsal: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, *11*, 569897. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.569897

Tessitore, A., Meeusen, R., Piacentini, M. F., Demarie, S., & Capranica, L. (2006). Physiological and technical aspects of „«6-a-side»" soccer drills. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *46*(1), 36–43.

Theofilou, G., Ladakis, I., Mavroidi, C., Kilintzis, V., Mirachtsis, T., Chouvarda, I., & Kouidi, E. (2022). The Effects of a Visual Stimuli Training Program on Reaction Time, Cognitive Function, and Fitness in Young Soccer Players. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *22*(17), 6680. https://doi.org/10.3390/s22176680

Travassos, B., Gonçalves, B., Marcelino, R., Monteiro, R., & Sampaio, J. (2014). How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Human Movement Science*, *38*, 241–250. https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.005

Travassos, B., Ribeiro, J. N., Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., & Spyrou, K. (2024). Editorial: Performance enhancement and injury mitigation in futsal. *Frontiers in Sports and Active Living*, *6*, 1446031. https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1446031

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2007). Mechanisms Underpinning Successful Decision Making in Skilled Youth Soccer Players: An Analysis of Visual Search Behaviors. *Journal of Motor Behavior*, *39*(5), 395–408. https://doi.org/10.3200/JMBR.39.5.395-408

Verburgh, L., Scherder, E. J. A., van Lange, P. A. M., & Oosterlaan, J. (2014). Executive Functioning in Highly Talented Soccer Players. *PLoS ONE*, *9*(3), e91254. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091254

Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. *PLOS ONE*, *7*(4), e34731. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731

Vickers, J. N. (2007). *Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action* (s. xii, 267). Human Kinetics.

Vítor de Assis, J., Costa, V., Casanova, F., Cardoso, F., & Teoldo, I. (2021). Visual search strategy and anticipation in tactical behavior of young soccer players. *Science & Medicine in Football*, *5*(2), 158–164. https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1823462

Vu, A., Sorel, A., Faure, C., Aurousseau, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2022). Visual tracking assessment in a soccer-specific virtual environment: A web-based study. *PLoS ONE*, *17*(6), e0269643. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269643

Vu, A., Sorel, A., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2022). Multiple Players Tracking in Virtual Reality: Influence of Soccer Specific Trajectories and Relationship With Gaze Activity. *Frontiers in Psychology*, *13*, 901438. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.901438

Williams, A. M., & Ericsson, K. A. (2005). Perceptual-cognitive expertise in sport: Some considerations when applying the expert performance approach. *Human Movement Science*, *24*(3), 283–307. https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.06.002

Zwierko, T., Lesiakowski, P., Redondo, B., & Vera, J. (2022). Examining the ability to track multiple moving targets as a function of postural stability: A comparison between team sports players and sedentary individuals. *PeerJ*, *10*, e13964. https://doi.org/10.7717/peerj.13964

Molekularne mechanizmy odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem fizycznym i ich rola w długofalowych adaptacjach treningowych

Paulina Małkowska [1]

[1] Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński; Zakład Fizjologii w Naukach o Zdrowiu, Pomorski Uniwersytet Medyczny; email: paulina.malkowska@usz.edu.pl; ORCID: 0000-0003-2430-5020

Streszczenie: Wysiłek fizyczny wywołuje dynamiczne zmiany molekularne w mięśniach, w tym aktywację kinaz sygnałowych, ekspresję genów i syntezę białek. Trening oporowy pobudza mTORC1 i syntezę białek mięśniowych, a wysiłek wytrzymałościowy aktywuje AMPK, CaMK i PGC-1α, wspierając biogenezę mitochondriów. Mięśnie działają jako narząd endokrynny, wydzielając miokiny modulujące odpowiedź immunologiczną i metaboliczną. Aktywność fizyczna indukuje przejściowy stan zapalny z udziałem IL-6, TNF-α i IL-1β, równoważony przez mechanizmy przeciwzapalne, co umożliwia adaptację i regenerację tkanek. Znajomość tych mechanizmów pozwala optymalizować trening i monitorować reakcje organizmu.

Słowa kluczowe: wysiłek fizyczny; adaptacja molekularna; sygnalizacja mięśniowa; cytokiny; miokiny; stan zapalny

Abstract: Physical exercise induces dynamic molecular changes in muscles, including the activation of signaling kinases, gene expression, and protein synthesis. Resistance training stimulates mTORC1 and muscle protein synthesis, while endurance exercise activates AMPK, CaMK, and PGC-1α, supporting mitochondrial biogenesis. Muscles act as an endocrine organ, releasing myokines that modulate immune and metabolic responses. Physical activity induces a transient inflammatory response involving IL-6, TNF-α, and IL-1β, balanced by anti-inflammatory mechanisms, enabling tissue adaptation and regeneration. Understanding these processes allows optimization of training and monitoring of the body's responses.

Key words: physical exercise; molecular adaptation; muscle signaling; cytokines; myokines; inflammation

1. Wstęp

Wysiłek fizyczny stanowi silny bodziec biologiczny, który inicjuje liczne, dynamiczne procesy molekularne w tkance mięśniowej. Zgodnie ze współczesnym stanem wiedzy każda jednostka treningowa stanowi bodziec inicjujący przejściowe zmiany w aktywności kinaz sygnałowych, regulacji ekspresji genów i syntezy białek, które w sumie prowadzą do długofalowej adaptacji organizmu. Systematyczne powtarzanie tych bodźców prowadzi do utrwalenia adaptacji w strukturze i funkcji mięśni, w tym rozbudowy włókien, zwiększonej wydolności, poprawy gospodarki energetycznej i efektywności metabolicznej (Goodman, 2014).

Mechanizmy molekularne adaptacji zależą od charakteru wysiłku. Trening oporowy aktywuje szlak mTORC1, który inicjuje syntezę białek mięśniowych, co sprzyja hipertrofii i zwiększeniu siły mięśniowej. Z kolei wysiłek wytrzymałościowy, poprzez zaburzenia energetyczne, stres oksydacyjny oraz zmiany w stężeniu Ca^{2+} i AMP, uruchamia kinazy i regulatory metaboliczne takie jak AMPK, CaMK, p38 MAPK oraz czynniki transkrypcyjne

i koaktywatory promujące biogenezę mitochondriów, np. PGC-1α (Hawley, 2002; Karas & Williams, 1991).

Jednocześnie mięśnie szkieletowe wykazują aktywność wydzielniczą (sekrecyjną), pełnią funkcję narządu wydzielania wewnętrznego (endokrynnego), produkując miokiny i inne cząsteczki sygnałowe. Te mediatory (miokiny, adipokiny, hepatokiny w zależności od tkanki) łączą układ immunologiczny, metaboliczny i energetyczny, modulując reakcję adaptacyjną na poziomie systemowym (Karas & Williams, 1991). Współdziałanie sygnałów mechanicznych, metabolicznych i immunologicznych tworzy złożoną, adaptacyjną sieć, która przy regularnym treningu przyczynia się do poprawy wydolności, struktury mięśni oraz homeostazy metabolicznej.

Z uwagi na złożoność tych procesów oraz liczne czynniki wpływające na ich aktywację (rodzaj, intensywność i częstotliwość wysiłku; status wytrenowania; czynniki genetyczne i środowiskowe), pełne zrozumienie, w jaki sposób zmiany molekularne przekładają się na długoterminowe efekty treningowe, pozostaje nadal wyzwaniem (Hawley, 2002; Karas & Williams, 1991).

2. Molekularne mechanizmy aktywności fizycznej

Współczesne badania nad fizjologią wysiłku coraz częściej podkreślają, że adaptacje rozwijające się w odpowiedzi na długotrwały trening nie są efektem pojedynczego bodźca, lecz wynikiem kumulacji licznych, krótkotrwałych reakcji molekularnych wywoływanych każdorazowo przez kolejne jednostki treningowe. Odpowiedzi te obejmują przejściowe zmiany aktywności komórkowej oraz modulację ekspresji genów, które mimo swojego nietrwałego charakteru prowadzą, w perspektywie czasu, do trwałych przekształceń procesów syntezy i degradacji białek. Konsekwencją tych zmian jest stopniowa przebudowa mięśni szkieletowych oraz poprawa ich zdolności funkcjonalnych podczas wysiłku (Perry i in., 2010). W tym ujęciu każda sesja treningowa może być traktowana jako bodziec biologiczny inicjujący kaskadę zdarzeń molekularnych, których regularne powtarzanie stanowi warunek konieczny do rozwoju długofalowych adaptacji strukturalnych i funkcjonalnych tkanki mięśniowej (Hawley, 2002; Hawley i in., 2014). Adaptacje te nie zachodzą jednak w sposób liniowy ani jednorodny, co znajduje odzwierciedlenie w złożoności mechanizmów leżących u ich podstaw.

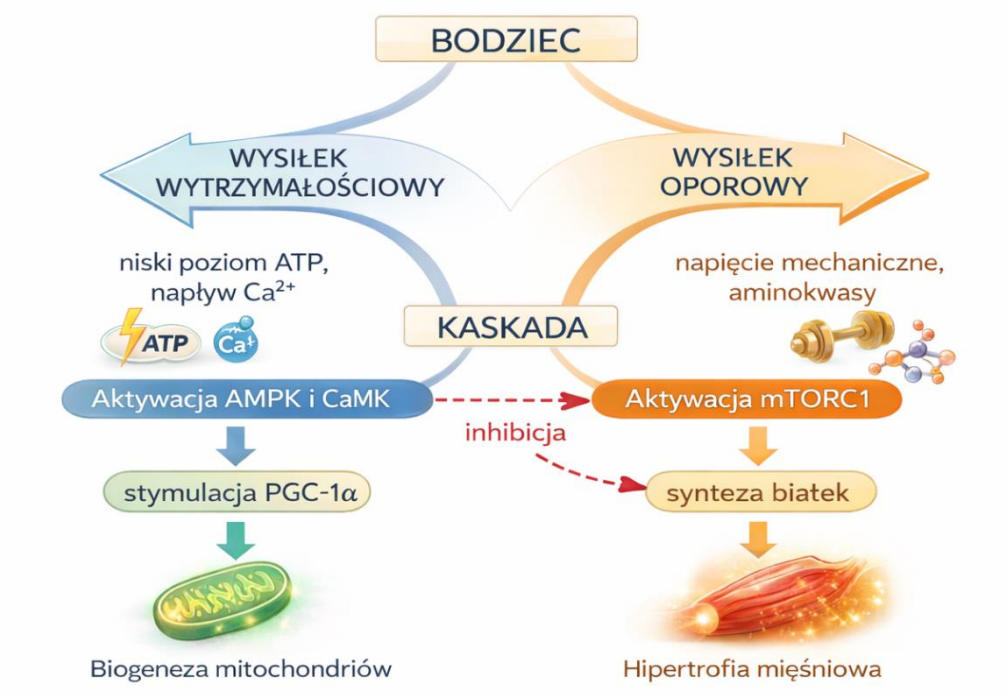
Pomimo istotnego postępu w identyfikacji elementów sygnalizacji komórkowej aktywowanych przez różne formy wysiłku fizycznego, w tym kinaz sygnałowych, czynników transkrypcyjnych oraz cząsteczek biorących udział w przekazywaniu sygnału, nadal brakuje spójnego modelu wyjaśniającego, w jaki sposób obserwowane zmiany molekularne przekładają

się bezpośrednio na poprawę parametrów wydolnościowych (Camera i in., 2016). Coraz częściej wskazuje się, że relacje pomiędzy sygnalizacją wewnątrzkomórkową a efektami fizjologicznymi treningu są wielowymiarowe i uzależnione od licznych czynników, takich jak intensywność i objętość wysiłku, jego charakter, a także indywidualne właściwości organizmu. W rezultacie, mimo rosnącej liczby danych opisujących molekularne odpowiedzi na wysiłek fizyczny, pełne wyjaśnienie mechanizmów determinujących adaptację wysiłkową i poprawę wydolności pozostaje jednym z głównych problemów badawczych współczesnej fizjologii wysiłku.

Wysiłek fizyczny uruchamia szerokie spektrum szlaków biologicznych w tkance mięśniowej, prowadzących do adaptacji strukturalnych i funkcjonalnych, m.in. w zakresie biogenezy mitochondriów, angiogenezy, metabolizmu i regulacji immunologicznej (Camera i in., 2016; J. Chen i in., 2022; Walzik i in., 2024). Zwiększone obciążenie mechaniczne mięśni szkieletowych prowadzi do adaptacyjnego powiększenia ich przekroju poprzecznego, zjawiska określanego mianem hipertrofii (Adams & Bamman, 2012). U podstaw tego procesu leży szereg złożonych mechanizmów sygnałowych inicjowanych w odpowiedzi na skurcze generowane podczas ćwiczeń oporowych oraz wytrzymałościowych. Sygnały te często są integrowane w obrębie lizosomów, które stanowią strukturalne i funkcjonalne centra koordynujące odpowiedź komórkową na bodźce wysiłkowe. W odpowiedzi na intensywny trening oporowy dochodzi do aktywacji szlaków sygnalizacyjnych odpowiedzialnych za inicjację syntezy białek, co przekłada się na wzrost tempa syntezy białek mięśniowych (ang. muscle protein synthesis, MPS). Proces ten prowadzi do zwiększonej akumulacji białka wewnątrzkomórkowego, stanowiącej podstawę adaptacyjnego powiększenia poszczególnych włókien mięśniowych, a w efekcie – do wzrostu całkowitego przekroju poprzecznego mięśnia (Phillips, 2009). Wzrost MPS po wysiłku oporowym jest efektem integracji sygnałów mechanicznych, hormonalnych i odżywczych, a kluczową rolę odgrywa tutaj aktywacja szlaku kinazy mTOR (ang. mammalian target of rapamycin), w szczególności kompleksu 1 kinazy mTOR (mTORC1), który steruje translacją mRNA kodującego białka strukturalne i enzymatyczne niezbędne do rozbudowy tkanki mięśniowej (Goodman, 2014). Jest kilka szlaków, które umożliwiają aktywację mTORC1. Pierwszy z nich rozpoczyna się od uszkodzeń struktur transbłonowych, co skutkuje akumulacją diacyloglicerolu (DAG) w obrębie błon komórkowych. To z kolei zwiększa aktywność kinazy DAG typu ζ (DGKζ) oraz promuje syntezę kwasu fosfatydowego (PA) (Goodman, 2014; Hornberger i in., 2006; O'neil i in., 2009). Kwas ten oddziałuje bezpośrednio z kompleksem mTORC1, wiążąc się w jego regionie odpowiedzialnym za interakcję z rapamycyną, prowadząc tym samym do jego aktywacji (Fang

i in., 2001). Jednocześnie, wysiłek o dużym obciążeniu sprzyja przemieszczaniu się białka tuberyny z lizosomów, co odblokowuje możliwość oddziaływania mTORC1 z czynnikiem Rheb – małą GTPazą, której aktywność jest zazwyczaj hamowana przez kompleks hamartyna-tuberyna (Garami i in., 2003; Inoki i in., 2003). W ten sposób dochodzi do uruchomienia translacji zależnej od czapeczki (ang. cap-dependent translation), prowadzącej do nasilonej syntezy białek i wzrostu objętości komórek mięśniowych. Za te procesy odpowiadają przede wszystkim substraty kinazy mTOR, takie jak kinaza $p70^{S6K}$ oraz białko 4E-BP1 (ang. 4E binding protein), wiążące eukariotyczny czynnik inicjacji translacji 4E (ang. eukaryotic translation initiation factor 4E, eIF4E), które bezpośrednio uczestniczą w regulacji translacji mRNA i inicjowaniu ekspresji białek strukturalnych i enzymatycznych (Chauvin i in., 2014).

Równolegle, ćwiczenia wytrzymałościowe wywołują odmienne, ale również istotne zmiany molekularne, które są odpowiedzią na zaburzenia homeostazy energetycznej oraz równowagi oksydoredukcyjnej w komórkach mięśniowych. W ich przebiegu obserwuje się charakterystyczne zmiany poziomu wapnia (Ca^{2+}) (Coffey & Hawley, 2007; Egan & Zierath, 2013), aktywujące szlak kinazy typu II zależnej od wapnia i kalmoduliny (ang. Ca2+/calmodulin-dependent protein kinase II, CaMKII), jak również spadek zasobów glikogenu i adenozyno-5′-trifosforanu (ang. adenosine triphosphate, ATP), który pobudza aktywność kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (ang. adenosine monophosphate-activated protein kinase, AMPK) – kluczowego czujnika stanu energetycznego (Camera i in., 2016). Wzrost stresu oksydacyjnego aktywuje kolejne szlaki, w tym kinazę białkową aktywowaną mitogenem p38 (ang. p38 mitogen-activated protein kinase, p38 MAPK), a zmiany stanu oksydoredukcyjnego komórki aktywują sirtuinę 1 (SIRT1) – deacetylazę zależną od NAD^+, odgrywającą rolę w adaptacji metabolicznej (Gurd i in., 2010). Wszystkie te sygnały integrują się na poziomie koaktywatora transkrypcyjnego PGC-1α (ang. peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha), którego aktywacja – poprzez potranslacyjne modyfikacje – prowadzi do przekształcenia fenotypu mięśniowego w kierunku bardziej oksydacyjnego. PGC-1α koordynuje ekspresję genów jądrowych i mitochondrialnych, odpowiedzialnych za poprawę wydolności tlenowej i zwiększoną odporność na zmęczenie (Rycina 1) (Camera i in., 2016). Chociaż większość opisanych mechanizmów potwierdzono w badaniach in vitro lub na modelach zwierzęcych, niektóre ich aspekty – zwłaszcza dotyczące translokacji białek czy dynamiki interakcji lizosomalnych – nadal wymagają potwierdzenia w warunkach fizjologicznych u ludzi. Niewątpliwie jednak, zarówno ćwiczenia oporowe, jak i wytrzymałościowe, aktywują odmienne, lecz komplementarne ścieżki sygnalizacyjne, które wspólnie kształtują adaptacje strukturalne i metaboliczne mięśni szkieletowych.



Rycina 1. Mechanizmy adaptacji wewnątrzkomórkowej: porównanie aktywacji szlaków mTORC1 oraz AMPK/PGC-1α w zależności od charakteru obciążenia wysiłkowego.

Jednakże intensywny lub nieregularny wysiłek fizyczny, zwłaszcza u osób niewytrenowanych, może prowadzić do nadmiernej produkcji reaktywnych form tlenu (ang. reactive oxygen species, ROS), co skutkuje stresem oksydacyjnym oraz potencjalnym uszkodzeniem struktur komórkowych, w tym białek, lipidów i DNA. Konsekwencją tego zjawiska może być upośledzenie funkcji skurczowej mięśni szkieletowych oraz opóźniona regeneracja powysiłkowa. Reaktywne formy tlenu powstają zarówno w warunkach wysiłku tlenowego, jak i beztlenowego, a ich głównymi źródłami są mitochondria, oksydaza fosforanu dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego (ang. nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, NADPH), oksydaza ksantynowa oraz inne enzymy zaangażowane w szlaki oddychania komórkowego i przemiany metaboliczne (He i in., 2016). Mimo że mechanizmy te są dobrze opisane na poziomie ogólnym, dokładne szlaki sygnalizacyjne i molekularne odpowiedzialne za inicjację stresu oksydacyjnego w wyniku wysiłku fizycznego wciąż pozostają przedmiotem intensywnych badań i nie zostały jeszcze w pełni wyjaśnione. Wiadomo jednak, że wzrost poziomu reaktywnych form tlenu i azotu (ang. reactive oxygen species/reactive nitrogen species, ROS/RNS), prowadzi do aktywacji wcześniej opisanych szlaków, ale również jądrowego czynnika transkrypcyjnego NF kappa B (ang. Nuclear Factor kappa B, NF-κB), który reguluje ekspresję genów kodujących mediatory stanu zapalnego (Tiwari i in., 2025).

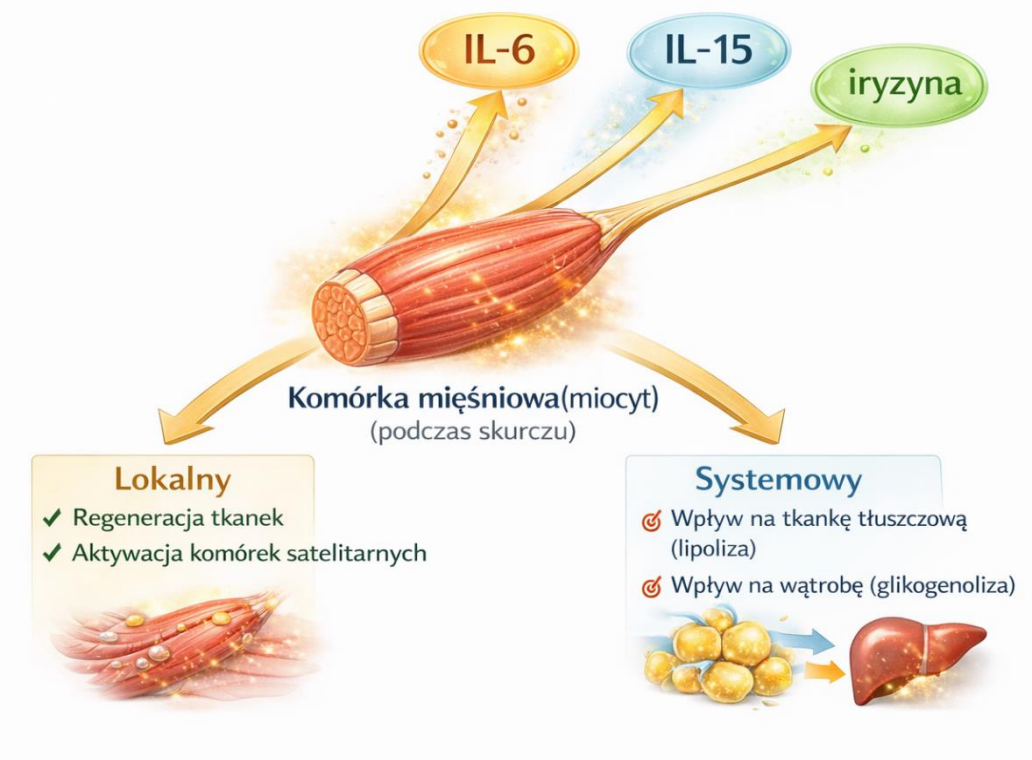
Tradycyjnie intensywny wysiłek fizyczny wiązano z koncepcją tzw. „otwartego okna” (ang. open window), sugerującą okres przejściowej immunosupresji i zwiększonej podatności na infekcje górnych dróg oddechowych (URTI, ang. Upper Respiratory Tract Infection). Współczesne badania poddają jednak tę teorię pod dyskusję, wskazując, że obserwowany po wysiłku spadek liczby komórek odpornościowych w krwiobiegu może nie wynikać z ich upośledzenia, lecz z redystrybucji do tkanek szczególnie narażonych na kontakt z patogenami. Zatem zależność między wysiłkiem a ryzykiem infekcji jest znacznie bardziej złożona i nie musi opierać się na prostej relacji przyczynowo-skutkowej związanej z supresją układu odpornościowego (Campbell & Turner, 2018).

Podczas wysiłku fizycznego aktywowana jest odpowiedź zapalna, której zadaniem jest eliminacja uszkodzeń tkankowych i uruchomienie procesów naprawczych (Pierce & Pittet, 2014; Roh & Sohn, 2018; Yang & Hu, 2018). Kluczową rolę w uruchamianiu mechanizmów odpowiedzi zapalnej odgrywają cytokiny oraz ich receptory (Ferreira i in., 2018). Cytokiny to zróżnicowana grupa cząsteczek sygnałowych, które można podzielić na wiele różnych typów, z których każda ma unikalne funkcje i wpływ na organizm. Spośród cytokin wyróżniamy: interleukiny (ang. interleukins, IL), czynnik martwicy nowotworu (ang. tumor necrosis factor, TNF), interferony (ang. interferons, IFN), chemokiny, czynniki stymulujące kolonie (ang. colony stimulating factors, CSF) i czynniki wzrostu (ang. growth factors, GF) (Małkowska & Sawczuk, 2023). W literaturze często klasyfikuje się je również ze względu na miejsce ich wydzielania – jako miokiny (produkowane przez mięśnie), adipokiny (przez tkankę tłuszczową), hepatokiny (przez wątrobę) czy cytokiny zapalne (o działaniu pro- lub przeciwzapalnym) (Ren i in., 2022). Warto jednak podkreślić, że jeden i ten sam mediator może należeć do kilku kategorii jednocześnie. Przykładowo, interleukina-6 (IL-6) może być klasyfikowana zarówno jako miokina (wydzielana przez mięśnie w odpowiedzi na wysiłek), jak i cytokina o charakterze zapalnym (uczestniczącą w odpowiedzi immunologicznej) (Belizário i in., 2016). Przynależność cytokiny do danej grupy zależy od kontekstu fizjologicznego lub patologicznego, w którym jest ona wydzielana, a także od dominującego źródła jej produkcji w danym stanie (Morán i in., 2013). Podstawą do takiej klasyfikacji są wyniki badań eksperymentalnych (*in vitro* i *in vivo*), które określają ekspresję genów, poziomy białka w konkretnych tkankach oraz dynamikę ich zmian pod wpływem określonych bodźców, takich jak wysiłek fizyczny, głód, stres czy stany zapalne. Dlatego przy analizie funkcji cytokin ważne jest uwzględnienie zarówno ich źródła, jak i działania biologicznego, ponieważ to właśnie kontekst determinuje ich rolę i przynależność funkcjonalną.

Należy zaznaczyć, że stan zapalny indukowany wysiłkiem fizycznym ma charakter jałowego stanu zapalnego (ang. sterile inflammation). W przeciwieństwie do zapalenia wywołanego infekcją drobnoustrojami, proces ten jest inicjowany przez czynniki endogenne, takie jak mikrourazy włókien mięśniowych oraz uwalnianie cząsteczek sygnałowych związanych z uszkodzeniem (DAMPs, ang. damage-associated molecular patterns). Jest to proces ściśle kontrolowany i niezbędny do prawidłowej regeneracji oraz przebiegu adaptacji potreningowej (Cerqueira i in., 2020).

Analiza fizjologicznej odpowiedzi organizmu na wysiłek fizyczny wskazuje, że mimo iż cytokiny mogą być produkowane przez wiele typów komórek, to w trakcie aktywności fizycznej dominującym miejscem ich syntezy stają się mięśnie szkieletowe (Keller i in., 2001; Lightfoot & Cooper, 2016). Zjawisko to przyczyniło się do redefinicji roli mięśni szkieletowych, które obecnie postrzegane są nie tylko jako struktura odpowiedzialna za generowanie siły i ruchu, lecz także jako narząd o istotnej funkcji endokrynnej. Skurcz mięśniowy inicjuje bowiem syntezę oraz uwalnianie licznych cytokin, określanych zbiorczo mianem miokin. Dotychczas opisano ponad 3000 miokin, wśród których znajdują się między innymi interleukiny IL 6, IL 15 i iryzyna, syntetyzowane bezpośrednio przez miocyty (Rycina 2) (Lightfoot & Cooper, 2016; Piccirillo, 2019). Związki te oddziałują przede wszystkim miejscowo, wykorzystując mechanizmy autokrynne i parakrynne, jednak część miokin wykazuje również zdolność działania ogólnoustrojowego. W takim przypadku pełnią one funkcje endokrynne, wpływając na regulację procesów metabolicznych oraz odpowiedzi immunologicznej w narządach odległych od aktywnej tkanki mięśniowej (Schnyder & Handschin, 2015). Ujęcie mięśni szkieletowych jako aktywnego i dynamicznego narządu wydzielniczego stworzyło nowe kierunki badań w obszarze fizjologii wysiłku oraz immunologii.

Jednym z kluczowych elementów regulujących funkcjonowanie układu odpornościowego pozostaje utrzymanie równowagi pomiędzy procesami prozapalnymi a przeciwzapalnymi. Reakcja zapalna odgrywa zasadniczą rolę w obronie organizmu przed patogenami oraz w procesach regeneracyjnych, jednak jej nadmierna intensywność lub przewlekłe utrzymywanie się sprzyja rozwojowi zaburzeń metabolicznych i chorób przewlekłych, w tym insulinooporności, miażdżycy oraz schorzeń o podłożu autoimmunologicznym (Ajoolabady i in., 2024; Chavda i in., 2024; de Luca & Olefsky, 2008). W odniesieniu do intensywnego wysiłku fizycznego odpowiedź zapalna nie ma charakteru jednorodnego, lecz przebiega w sposób dwufazowy.



Rycina 2. Miokiny uwalniane podczas skurczu włókna mięśniowego oraz ich lokalny i systemowy efekt fizjologiczny.

2.1. Odpowiedź wybranych cytokin prozapalnych

Intensywny wysiłek fizyczny wywołuje wyraźną, choć krótkotrwałą, reakcję fizjologiczną organizmu, obejmującą między innymi aktywację układu odpornościowego oraz wzrost ekspresji cytokin o działaniu prozapalnym. Substancje te odgrywają zasadniczą rolę w regulacji przebiegu odpowiedzi zapalnej, stanowiąc jeden z kluczowych elementów mechanizmów adaptacyjnych uruchamianych w odpowiedzi na obciążenia treningowe. Ich aktywność warunkuje zarówno lokalne procesy zapalne i regeneracyjne zachodzące w tkance mięśniowej, jak i odpowiedź ogólnoustrojową, obejmującą modulację szlaków metabolicznych oraz immunologicznych. Analiza wzorców ekspresji poszczególnych cytokin indukowanych wysiłkiem fizycznym pozwala na lepsze zrozumienie fizjologicznych podstaw adaptacji do treningu, a także umożliwia identyfikację zróżnicowanych reakcji organizmu. Różnice te mogą odzwierciedlać indywidualne cechy ustroju oraz odmienny poziom aktywności fizycznej, co ma istotne znaczenie w porównaniach pomiędzy osobami regularnie podejmującymi wysiłek a populacją nieaktywną fizycznie.

Badania nad wpływem wysiłku fizycznego na ekspresję i stężenie cytokin prozapalnych wskazują na znaczną zmienność odpowiedzi organizmu w zależności od rodzaju, intensywności i czasu trwania aktywności oraz stopnia wytrenowania uczestników.

Jednocześnie część z tych mediatorów, takich jak IL-6 czy TNF-α, została już stosunkowo dobrze poznana, a ich reakcje na wysiłek fizyczny są relatywnie dobrze udokumentowane. Pozwala to nie tylko na zrozumienie podstawowych mechanizmów odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem, ale także na identyfikację różnic indywidualnych i specyfiki reakcji w zależności od charakteru i intensywności obciążenia. W dalszej części pracy omówione zostaną wybrane cytokiny – IL-1β, IL-18, IL-6, TNF-α oraz MCP-1 – z uwzględnieniem zarówno znanych mechanizmów regulujących ich ekspresję i funkcję, jak i aktualnych obserwacji dotyczących ich zmian w odpowiedzi na aktywność fizyczną.

Interleukina 1 beta (IL-1β) jest kluczową cytokiną prozapalną produkowaną głównie przez monocyty, makrofagi i komórki dendrytyczne w odpowiedzi na sygnały patogenne (ang. pathogen-associated molecular patterns, PAMPs) i związane z uszkodzeniem tkanek (ang. damage associated molecular patterns, DAMPs) (Lopez-Castejon & Brough, 2011; Pyrillou i in., 2020). Odgrywa centralną rolę w inicjowaniu i amplifikacji reakcji zapalnej, zwiększając przepuszczalność śródbłonka, rekrutując neutrofile, aktywując limfocyty T i stymulując produkcję wtórnych mediatorów, takich jak IL-6 i prostaglandyny (Moldoveanu i in., 2001; Puhlmann i in., 2005). W odpowiedzi na wysiłek fizyczny stężenia IL-1β w osoczu wykazują zmienność – w niektórych badaniach obserwowano przejściowy wzrost po umiarkowanym lub długotrwałym wysiłku, w innych brak istotnych zmian (Bruunsgaard i in., 1997; Marklund i in., 2013; Moldoveanu i in., 2000; Mucci i in., 2000; Natelson i in., 1996; Nieman i in., 2012; Ostrowski i in., 1999; Ullum i in., 1994). Lokalne zwiększenie ekspresji IL-1β w mięśniach po ćwiczeniach ekscentrycznych sugeruje udział tej cytokiny w procesach regeneracyjnych i adaptacyjnych (Cannon i in., 1989; Hewett i in., 2012). Krótkotrwała aktywacja IL-1β po wysiłku może wspierać naprawę tkanek, natomiast przewlekła nadaktywacja zwiększa ryzyko przeciążenia układu odpornościowego i infekcji (Veerasammy i in., 2020). Zrozumienie roli IL-1β w wysiłku fizycznym jest istotne dla monitorowania stanu zapalnego u sportowców i projektowania bezpiecznych protokołów treningowych.

IL-6 jest plejotropową cytokiną produkowaną m.in. przez monocyty, makrofagi, fibroblasty, komórki śródbłonka oraz – szczególnie istotnie w kontekście wysiłku – przez mięśnie szkieletowe (Moldoveanu i in., 2001; Muñoz-Cánoves i in., 2013). Działa poprzez receptor IL-6R i białko gp130, aktywując szlak JAK/STAT3 (ang. Janus-activated kinase/signal transducer and activator of transcription, kinaza janusowa/przekaźnik sygnału i aktywator transkrypcji), i pełni kluczową rolę w odpowiedzi ostrej fazy, regulacji metabolizmu energetycznego oraz aktywacji limfocytów T i B (Lehrskov & Christensen, 2019; Li i in., 2018; Muñoz-Cánoves i in., 2013; Nash i in., 2023; Tanaka i in., 2014). IL-6 jest jedną z głównych

cytokin inicjujących kaskadę zapalną i stymulujących produkcję białek ostrej fazy, a jej lokalne i ogólnoustrojowe działanie zależy od kontekstu biologicznego (Nash i in., 2023; Tanaka i in., 2014). W odpowiedzi na wysiłek fizyczny IL-6 wykazuje znaczący wzrost stężenia w osoczu, którego skala zależy od czasu trwania, intensywności oraz czynników psychologicznych (Castell i in., 1997; Fensham i in., 2022; Jürimäe i in., 2018; Nieman i in., 2003; Ostrowski i in., 1998, 1999). Długotrwały trening może natomiast prowadzić do obniżenia spoczynkowego poziomu IL-6 (Borges i in., 2019; Halson i in., 2003). W modelach zwierzęcych wykazano, że ekspresja IL-6 w mięśniach zmienia się w zależności od obciążenia i regeneracji (da Rocha i in., 2017; Pereira i in., 2014; Xiao i in., 2012) , a jej wydzielanie nie zawsze koreluje z uszkodzeniem mięśni, wskazując na rolę w metabolizmie energetycznym i sygnalizacji miokin (Pedersen i in., 2001). IL-6 pełni kluczową funkcję w regulacji odpowiedzi zapalnej i metabolicznej podczas oraz po wysiłku, wspierając adaptację do obciążenia i homeostazę metaboliczną. Jednocześnie przewlekłe podwyższenie IL-6, np. w przetrenowaniu czy otyłości, może prowadzić do zmęczenia, zaburzeń nastroju i zwiększonego ryzyka infekcji, co czyni ją centralnym mediatorem „metabolicznego stresu wysiłkowego" i potencjalnym celem terapeutycznym (Robson-Ansley i in., 2004; Vollmer-Conna i in., 2004).

Czynnik martwicy nowotworów alfa (TNF-α, TNFSF2) jest jedną z kluczowych cytokin prozapalnych, wytwarzaną głównie przez makrofagi, a także przez adipocyty, komórki dendrytyczne i inne typy komórek (Jiménez-Maldonado i in., 2019). TNF-α reguluje odporność wrodzoną, apoptozę, metabolizm glukozy i lipidów oraz rozwój chorób przewlekłych, takich jak cukrzyca typu 2 i zespół metaboliczny (Sethi & Hotamisligil, 2021), działając za pośrednictwem receptorów TNFR1 i TNFR2. TNFR1 jest szeroko eksprymowany i odpowiada za klasyczne efekty prozapalne, w tym aktywację kaspaz i apoptozę w warunkach stresu oksydacyjnego lub urazu (Marchetti i in., 2004; McCoy & Tansey, 2008), natomiast TNFR2, obecny głównie na komórkach odpornościowych i śródbłonka, aktywuje szlaki przeciwzapalne i promuje przeżycie komórek (Gough & Myles, 2020; Heir & Stellwagen, 2020). W kontekście wysiłku fizycznego TNF-α jest istotnym wskaźnikiem odpowiedzi zapalnej, której nasilenie zależy od rodzaju, intensywności i stanu wytrenowania (Cerqueira i in., 2020). Po intensywnym wysiłku jego stężenie w osoczu wzrasta przejściowo, np. po maratonie stwierdzono 2,3-krotny wzrost stężenia TNF-α w ciągu pierwszej godziny po zakończeniu biegu (Ostrowski i in., 1999), podczas gdy krótkotrwałe, umiarkowane ćwiczenia nie wywołują istotnych zmian w jego poziomie, choć obserwuje się wzrost rozpuszczalnego receptora sTNF-R1 (Toft i in., 2002). Regularny trening wytrzymałościowy i oporowy sprzyja długoterminowej supresji TNF-α,

częściowo poprzez indukcję cytokin przeciwzapalnych, takich jak IL-10 czy IL-1ra (Macêdo Santiago i in., 2018; Petersen & Pedersen, 2005). TNF-α odgrywa także rolę w lokalnej odpowiedzi mięśniowej po ćwiczeniach ekscentrycznych (Hamada i in., 2005) oraz w regulacji innych myokin, w tym FGF21 i GDF15, poprzez szlaki NF-κB i JNK1 (Z. Chen i in., 2022; Díaz-Delfín i in., 2012; Pan i in., 2019; Ratnam i in., 2017). Jego przewlekła aktywacja wiąże się z katabolizmem mięśni, insulinoopornością i ryzykiem przetrenowania (Lee i in., 2017; Małkowska & Sawczuk, 2023; Pretolani, 1999), co czyni TNF-α istotnym markerem monitorowania adaptacji do wysiłku.

2.2. Odpowiedź wybranych cytokin przeciwzapalnych

Odpowiedź immunologiczna indukowana intensywnym wysiłkiem fizycznym nie ogranicza się wyłącznie do krótkotrwałego nasilenia procesów prozapalnych, lecz obejmuje również uruchomienie szeregu mechanizmów regulacyjnych o działaniu przeciwzapalnym. Aktywacja tych szlaków stanowi istotny element kontroli reakcji zapalnej, zapobiegający jej nadmiernej intensyfikacji oraz sprzyjający przywróceniu równowagi immunologicznej po zakończeniu obciążenia wysiłkowego. W tym kontekście szczególne znaczenie przypisuje się cytokinom o działaniu przeciwzapalnym oraz ich receptorom, które pełnią kluczową funkcję w modulowaniu przebiegu odpowiedzi odpornościowej. Cytokiny przeciwzapalne oddziałują na aktywność komórek układu odpornościowego na wielu poziomach, prowadząc między innymi do hamowania syntezy i uwalniania cytokin prozapalnych oraz ograniczania nadmiernej aktywacji komórek efektorowych. Jednocześnie sprzyjają one inicjacji procesów naprawczych i regeneracyjnych w obrębie tkanek poddanych obciążeniu mechanicznemu i metabolicznemu, w tym w mięśniach szkieletowych. W rezultacie zachowanie dynamicznej równowagi pomiędzy sygnałami pro- i przeciwzapalnymi uznawane jest za jeden z kluczowych czynników warunkujących efektywność adaptacji organizmu do wysiłku fizycznego oraz prawidłowy przebieg procesów restytucji powysiłkowej.

Dotychczasowe badania jednoznacznie wskazują, że odpowiedź przeciwzapalna indukowana wysiłkiem fizycznym cechuje się znaczną zmiennością, zależną od rodzaju, intensywności i czasu trwania aktywności, a także poziomu wytrenowania osób badanych. W literaturze szeroko opisano reakcje kilku kluczowych cytokin, takich jak IL-1ra, IL-10 czy TGF-β1, których zmiany po wysiłku są stosunkowo dobrze udokumentowane i stanowią fundament współczesnego rozumienia immunologicznych mechanizmów adaptacji do aktywności fizycznej (Walsh i in., 2011; Walzik i in., 2024).

Antagonista receptora interleukiny-1 (IL-1ra), należący do rodziny interleukin IL-1, jest kluczowym endogennym inhibitorem szlaku zapalnego IL-1, który poprzez konkurencyjne wiązanie z receptorem IL-1R1 ogranicza aktywację prozapalnych cytokin IL-1α i IL-1β, stanowiąc istotny element mechanizmu sprzężenia zwrotnego w układzie odpornościowym (Cox i in., 2007). Jego produkcja przez monocyty, makrofagi, neutrofile oraz mięśnie szkieletowe podkreśla znaczenie IL-1ra jako miokiny regulującej odpowiedź zapalną i metaboliczną w kontekście wysiłku fizycznego (Arend & Gabay, 2000). IL-1ra wykazuje charakterystyczny, szybki wzrost bezpośrednio po intensywnym wysiłku fizycznym, pełniąc kluczową rolę w ograniczaniu nadmiernej odpowiedzi zapalnej indukowanej przez IL-1β i stanowiąc element fizjologicznej równowagi immunologicznej aktywowanej w trakcie aktywności fizycznej. U osób trenujących obserwuje się, że poziom IL-1ra po wysiłku jest wyraźnie wyższy niż w spoczynku, lecz już w pierwszej godzinie regeneracji zaczyna wyraźnie spadać, co wskazuje na jego przejściowy charakter (Cox i in., 2007). W sportach wytrzymałościowych, szczególnie przy bardzo długotrwałym lub intensywnym wysiłku, odpowiedź ta jest jeszcze bardziej nasilona, co potwierdzają obserwacje u ultramaratończyków (Nieman i in., 2003). Podobny wzorzec potwierdzają badania wysiłkowe na ergometrze, w których IL-1ra osiąga maksimum w pierwszej godzinie odpoczynku, a następnie stopniowo obniża się do wartości wyjściowych w ciągu kolejnej doby (Ronsen i in., 2002). Wzrost IL-1ra po wysiłku odgrywa istotną rolę w ochronie tkanek przed nadmierną kaskadą prozapalną, wspierając procesy regeneracyjne i sprzyjając zachowaniu homeostazy metabolicznej oraz odpornościowej. Jego prawidłowa aktywacja może stanowić wskaźnik korzystnych adaptacji treningowych i czynnika ochronnego przed chorobami przebiegającymi z przewlekłym stanem zapalnym, podczas gdy niewystarczający wzrost może sprzyjać przeciążeniu treningowemu, zaburzeniom regeneracji i utrzymującemu się stanowi zapalnemu (Peake i in., 2017; Wang & Ye, 2015).

Interleukina 10 (IL-10), znana również jako czynnik hamujący syntezę cytokin (ang. cytokine synthesis inhibitory factor, CSIF), stanowi kluczową cytokinę przeciwzapalną regulującą odpowiedź immunologiczną poprzez hamowanie wydzielania licznych mediatorów prozapalnych oraz ograniczanie aktywacji komórek prezentujących antygen, co pozwala utrzymać homeostazę immunologiczną i chronić tkanki przed nadmierną odpowiedzią zapalną (Koppelman i in., 1997; Verma i in., 2016). Jej reakcja na wysiłek fizyczny jest zmienna i zależy od intensywności oraz czasu trwania obciążenia – podczas bardzo długotrwałego lub intensywnego wysiłku stężenie IL-10 wyraźnie rośnie, natomiast przy krótszych lub umiarkowanych protokołach może nie ulegać istotnym zmianom, a nawet chwilowo się obniżać

(Jürimäe i in., 2018; Nieman i in., 2003; Suzuki i in., 2000). Najwyższe wartości pojawiają się zazwyczaj w fazie regeneracji, co wskazuje na jej znaczącą rolę w procesach naprawczych i w ograniczaniu wtórnego stanu zapalnego po aktywności fizycznej (Shaw i in., 2018). Metaanaliza potwierdza, że to właśnie czas trwania wysiłku jest głównym czynnikiem warunkującym wzrost IL-10 (Cabral-Santos i in., 2019), a zależność między IL-10 a IL-6 sugeruje, że IL-10 może być wtórnie indukowana przez powysiłkowy wzrost IL-6, co potwierdzono w badaniach z zastosowaniem rekombinowanej IL-6 (Steensberg i in., 2003). Wzrost IL-10 po wysiłku sprzyja przesunięciu odpowiedzi immunologicznej w kierunku fenotypu przeciwzapalnego, wspierając równowagę makrofagów M1/M2, procesy regeneracyjne i adaptacyjne oraz chroniąc przed rozwinięciem przewlekłego stanu zapalnego indukowanego powtarzalnym obciążeniem fizycznym (Cerqueira i in., 2020).

Transformujący czynnik wzrostu beta 1 (TGF-β1), będący najlepiej poznaną izoformą TGF-β, wykazuje złożoną i zależną od rodzaju obciążenia reakcję na aktywność fizyczną, obejmującą modulację procesów zapalnych i regeneracyjnych (Baba i in., 2022). W badaniach wykazano, że zarówno umiarkowany wysiłek ekscentryczny, jak i niska intensywność aktywności fizycznej mogą prowadzić do wzrostu stężenia TGF-β1, co sugeruje jego wrażliwość na szerokie spektrum bodźców wysiłkowych (Alexander i in., 2020; Eka Widiastuti i in., 2021; Toft i in., 2002). Podwyższone poziomy tej cytokiny obserwuje się także u osób regularnie aktywnych fizycznie w warunkach spoczynkowych (Eka Widiastuti i in., 2021). Jednocześnie odpowiedź TGF-β1 na intensywny wysiłek może mieć charakter przejściowego spadku, co wykazano na poziomie ekspresji tkankowej, przy czym przewlekła aktywność fizyczna sprzyja wyższym wartościom wyjściowym tej cytokiny, a wysiłek o dużym obciążeniu chwilowo je obniża (Czarkowska-Paczek i in., 2011). Zmienność ta podkreśla dynamiczny i adaptacyjny charakter regulacji TGF-β1, która odzwierciedla równowagę między procesami zapalnymi, naprawą tkanek i adaptacją wysiłkową, zależną od intensywności, czasu trwania oraz regularności aktywności fizycznej.

Interferon gamma (IFN-γ), należący do interferonów typu II, pełni kluczową rolę w regulacji odpowiedzi immunologicznej, tradycyjnie uznawany jest za cytokinę prozapalną, lecz w kontekście regularnej aktywności fizycznej przypisuje mu się również działanie przeciwzapalne (Hermant & Michiels, 2014; Kline & Kitagaki, 2006; Liu, 2005; Parkin & Cohen, 2001; Vijayaraghava & K, 2014; Weerd i in., 2007). Dostępne badania wskazują, że pojedynczy wysiłek – zarówno umiarkowany, jak i intensywny – prowadzi do obniżenia ekspresji IFN-γ, przy czym spadek ten jest bardziej nasilony po wysiłku o wysokiej intensywności (Vijayaraghava & K, 2014). Odmienny charakter odpowiedzi obserwuje się

jednak w warunkach treningu regularnego: cykliczna aktywność o umiarkowanej intensywności powoduje stopniowy wzrost ekspresji i stężenia IFN-γ, przekraczający poziomy wyjściowe, natomiast zaprzestanie treningów ponownie wiąże się z jego redukcją (Vijayaraghava & K, 2014; Zamani i in., 2017). Zjawisko to sugeruje, że korzystny efekt immunomodulacyjny – wyrażający się podwyższeniem IFN-γ i potencjalnym wzmocnieniem nadzoru odpornościowego – jest charakterystyczny dla powtarzalnego bodźca wysiłkowego, podczas gdy pojedynczy epizod aktywności może prowadzić jedynie do przejściowego zahamowania tej cytokiny. Odpowiedź IFN-γ na różne wzorce wysiłku podkreśla znaczenie systematyczności treningu w utrzymaniu właściwej regulacji zapalnej oraz potencjalną potrzebę ostrożnego planowania obciążeń w populacjach narażonych na immunosupresję.

3. Stan zapalny a procesy adaptacji do treningu

Zjawisko stanu zapalnego odgrywa fundamentalną rolę w regulacji adaptacji organizmu do wysiłku fizycznego. Współczesna literatura wskazuje, że reakcja zapalna indukowana przez aktywność fizyczną stanowi nie tylko przejaw fizjologicznego obciążenia, lecz także istotny mechanizm warunkujący procesy przebudowy metabolicznej, immunologicznej i strukturalnej. Intensywny lub długotrwały wysiłek uruchamia przejściową odpowiedź prozapalną, charakteryzującą się wzrostem stężenia cytokin takich jak TNF-α, IL-6 czy IL-1β, a także aktywacją komórek układu odpornościowego, w tym monocytów, neutrofili i limfocytów T (Nieman & Wentz, 2019). Ostra reakcja zapalna jest jednak zjawiskiem krótkotrwałym, a jej wygaszenie umożliwia równoległa aktywacja systemów przeciwzapalnych, obejmująca m.in. wzrost poziomu IL-10, IL-1ra, TGF-β1 oraz zmianę fenotypu odpowiedzi immunologicznej na bardziej regeneracyjny i homeostatyczny (Steensberg i in., 2003; Walsh i in., 2011).

Zgodnie z aktualnymi koncepcjami fizjologii wysiłku, adaptacja treningowa jest efektem powtarzających się cykli ostrego stanu zapalnego i jego wygaszania. Odpowiedź ta pełni funkcję sygnału inicjującego procesy naprawcze, hipertroficzne i metaboliczne w tkankach obciążonych wysiłkiem, zwłaszcza w mięśniach szkieletowych. Cytokiny takie jak IL-6 czy TNF-α odgrywają podwójną rolę: z jednej strony działają jako mediatory stanu zapalnego, a z drugiej modulują metabolizm energetyczny, zwiększając mobilizację glukozy i lipidów, co sprzyja adaptacji metabolicznej do treningu wytrzymałościowego (Pedersen & Febbraio, 2008; Wang & Ye, 2015). IL-6, produkowana lokalnie w mięśniach, pełni dodatkowo funkcję miokiny, której działanie w kontekście wysiłku ma charakter przeciwzapalny poprzez indukcję IL-1ra i IL-10 oraz hamowanie wytwarzania TNF-α (Pedersen & Febbraio, 2008).

W procesach adaptacyjnych istotną rolę odgrywają także cytokiny metaboliczne, takie jak FGF21 czy GDF15, które integrują odpowiedź zapalną z regulacją metabolizmu energetycznego, mitochondrialnego oraz regeneracji mięśni. Wykazano, że ich stężenia ulegają dynamicznym zmianom w odpowiedzi na wysiłek i różnią się pomiędzy osobami wytrenowanymi a niewytrenowanymi, co wskazuje na ich potencjalne znaczenie jako markerów adaptacji treningowej (Campderrós i in., 2020; Małkowska i in., 2025).

Kluczowym elementem umożliwiającym korzystny przebieg adaptacji jest równowaga pomiędzy cytokinami pro- i przeciwzapalnymi. Utrzymujący się przewlekły stan zapalny, obecny m.in. w otyłości, insulinooporności czy przetrenowaniu, zaburza procesy regeneracyjne, sprzyja dysfunkcji metabolicznej i obniża jakość adaptacji do wysiłku (Hotamisligil., 2017; Meeusen i in., 2013). Z tego względu zrozumienie molekularnych determinant odpowiedzi zapalnej, w tym zmian ekspresji genów kodujących cytokiny oraz ich receptorów, jest kluczowe dla interpretacji indywidualnych reakcji organizmu na trening i prognozowania efektów długoterminowych.

4. Podsumowanie

Adaptacja do wysiłku fizycznego wynika z powtarzalnych, krótkotrwałych zmian molekularnych wywoływanych przez każdą sesję treningową. Choć reakcje te mają charakter przejściowy, ich kumulacja prowadzi do trwałej przebudowy metabolicznej i strukturalnej mięśni. Trening oporowy aktywuje głównie szlak mTORC1, inicjujący syntezę białek i hipertrofię, natomiast wysiłek wytrzymałościowy uruchamia sensory energetyczne i czynniki biogenezy mitochondrialnej, takie jak PGC-1α, wspierając rozwój fenotypu oksydacyjnego.

Istotnym elementem adaptacji jest również odpowiedź immunologiczna i zapalna. Mięśnie szkieletowe działają jak narząd wydzielniczy, uwalniając miokiny modulujące metabolizm oraz procesy naprawcze. Produkcja cytokin prozapalnych, takich jak IL-1β i IL-6, odzwierciedla stopień obciążenia i uczestniczy w regeneracji, ale nadmierna ich aktywacja może zaburzać homeostazę immunologiczną. Równowaga między sygnałami pro- i przeciwzapalnymi jest kluczowa, gdyż warunkuje prawidłową odpowiedź treningową oraz chroni przed przeciążeniem i zaburzeniami regeneracji.

Wszystkie te procesy – sygnalizacja metaboliczna, modulacja układu odpornościowego, stres oksydacyjny i regulacja syntezy białek – tworzą zintegrowaną sieć mechanizmów determinujących efektywność adaptacji do wysiłku. Zrozumienie ich interakcji jest kluczowe dla interpretacji indywidualnych różnic w odpowiedzi na trening i optymalizacji strategii treningowych.

5. Bibliografia

Adams, G. R., & Bamman, M. M. (2012). Characterization and regulation of mechanical loading-induced compensatory muscle hypertrophy. *Comprehensive Physiology*, *2*(4), 2829–2870. Scopus. https://doi.org/10.1002/cphy.c110066

Ajoolabady, A., Pratico, D., Lin, L., Mantzoros, C. S., Bahijri, S., Tuomilehto, J., & Ren, J. (2024). Inflammation in atherosclerosis: Pathophysiology and mechanisms. *Cell Death & Disease*, *15*(11), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41419-024-07166-8

Alexander, L. C., Han, A. J., Huebner, J. L., & Kraus, V. B. (2020). Transforming growth factor beta variation with physical activity in knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, *28*, S332. https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.02.513

Arend, W. P., & Gabay, C. (2000). Physiologic role of interleukin-1 receptor antagonist. *Arthritis Research*, *2*(4), 245–248. https://doi.org/10.1186/ar94

Baba, A. B., Rah, B., Bhat, Gh. R., Mushtaq, I., Parveen, S., Hassan, R., Hameed Zargar, M., & Afroze, D. (2022). Transforming Growth Factor-Beta (TGF-β) Signaling in Cancer-A Betrayal Within. *Frontiers in Pharmacology*, *13*, 791272. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.791272

Belizário, J. E., Fontes-Oliveira, C. C., Borges, J. P., Kashiabara, J. A., & Vannier, E. (2016). Skeletal muscle wasting and renewal: A pivotal role of myokine IL-6. *SpringerPlus*, *5*(1), 619. https://doi.org/10.1186/s40064-016-2197-2

Borges, L., Passos, M. E. P., Silva, M. B. B., Santos, V. C., Momesso, C. M., Pithon-Curi, T. C., Gorjão, R., Gray, S. R., Lima, K. C. A., de Freitas, P. B., & Hatanaka, E. (2019). Dance Training Improves Cytokine Secretion and Viability of Neutrophils in Diabetic Patients. *Mediators of Inflammation*, *2019*, e2924818. https://doi.org/10.1155/2019/2924818

Bruunsgaard, H., Galbo, H., Halkjaer-Kristensen, J., Johansen, T. L., MacLean, D. A., & Pedersen, B. K. (1997). Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *The Journal of Physiology*, *499 (Pt 3)*(Pt 3), 833–841. https://doi.org/10.1113/jphysiol.1997.sp021972

Cabral-Santos, C., de Lima Junior, E. A., Fernandes, I. M. da C., Pinto, R. Z., Rosa-Neto, J. C., Bishop, N. C., & Lira, F. S. (2019). Interleukin-10 responses from acute exercise in healthy subjects: A systematic review. *Journal of Cellular Physiology*, *234*(7), 9956–9965. https://doi.org/10.1002/jcp.27920

Camera, D. M., Smiles, W. J., & Hawley, J. A. (2016). Exercise-induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance. *Free Radical Biology and Medicine, Human Performance and Redox Signaling in Health and Disease*, *98*, 131–143. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.007

Campbell, J. P., & Turner, J. E. (2018). Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan. *Frontiers in Immunology*, *9*, 648. https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00648

Campderrós, L., Sánchez-Infantes, D., Villarroya, J., Nescolarde, L., Bayès-Genis, A., Cereijo, R., Roca, E., & Villarroya, F. (2020). Altered GDF15 and FGF21 Levels in Response to Strenuous Exercise: A Study in Marathon Runners. *Frontiers in Physiology*, *11*, 550102. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.550102

Cannon, J. G., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Orencole, S. F., Dinarello, C. A., & Evans, W. J. (1989). Increased interleukin 1 beta in human skeletal muscle after exercise. *The American Journal of Physiology*, *257*(2 Pt 2), R451-455. https://doi.org/10.1152/ajpregu.1989.257.2.R451

Castell, L. M., Poortmans, J. R., Leclercq, R., Brasseur, M., Duchateau, J., & Newsholme, E. A. (1997). Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *75*(1), 47–53. https://doi.org/10.1007/s004210050125

Cerqueira, É., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Lourenço, O. (2020). Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise—A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, *10*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01550

Chauvin, C., Koka, V., Nouschi, A., Mieulet, V., Hoareau-Aveilla, C., Dreazen, A., Cagnard, N., Carpentier, W., Kiss, T., Meyuhas, O., & Pende, M. (2014). Ribosomal protein S6 kinase activity controls the ribosome biogenesis transcriptional program. *Oncogene*, *33*(4), 474–483. https://doi.org/10.1038/onc.2012.606

Chavda, V. P., Feehan, J., & Apostolopoulos, V. (2024). Inflammation: The Cause of All Diseases. *Cells*, *13*(22), Artykuł 22. https://doi.org/10.3390/cells13221906

Chen, J., Zhou, R., Feng, Y., & Cheng, L. (2022). Molecular mechanisms of exercise contributing to tissue regeneration. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *7*(1), 1–24. https://doi.org/10.1038/s41392-022-01233-2

Chen, Z., Yang, L., Liu, Y., Huang, P., Song, H., & Zheng, P. (2022). The potential function and clinical application of FGF21 in metabolic diseases. *Frontiers in Pharmacology*, *13*, 1089214. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1089214

Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, *37*(9), 737–763. Scopus. https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00001

Cox, A. J., Pyne, D. B., Saunders, P. U., Callister, R., & Gleeson, M. (2007). Cytokine responses to treadmill running in healthy and illness-prone athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(11), 1918–1926. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f2aa

Czarkowska-Paczek, B., Zendzian-Piotrowska, M., Bartlomiejczyk, I., Przybylski, J., & Gorski, J. (2011). The influence of physical exercise on the generation of TGF-β1, PDGF-AA, and VEGF-A in adipose tissue. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(5), 875–881. https://doi.org/10.1007/s00421-010-1693-2

da Rocha, A. L., Pereira, B. C., Teixeira, G. R., Pinto, A. P., Frantz, F. G., Elias, L. L. K., Lira, F. S., Pauli, J. R., Cintra, D. E., Ropelle, E. R., de Moura, L. P., Mekary, R. A., de Freitas, E. C., & da Silva, A. S. R. (2017). Treadmill Slope Modulates Inflammation, Fiber Type Composition, Androgen, and Glucocorticoid Receptors in the Skeletal Muscle of Overtrained Mice. *Frontiers in Immunology*, *8*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2017.01378

de Luca, C., & Olefsky, J. M. (2008). Inflammation and Insulin Resistance. *FEBS letters*, *582*(1), 97–105. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.11.057

Díaz-Delfín, J., Hondares, E., Iglesias, R., Giralt, M., Caelles, C., & Villarroya, F. (2012). TNF-α Represses β-Klotho Expression and Impairs FGF21 Action in Adipose Cells: Involvement of JNK1 in the FGF21 Pathway. *Endocrinology*, *153*(9), 4238–4245. https://doi.org/10.1210/en.2012-1193

Egan, B., & Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*, *17*(2), 162–184. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012

Eka Widiastuti, I. A., Arsyad, A., Idris, I., Patellongi, I., Kadriyan, H., Buanayuda, G. W., Sari, D. P., & Rosyidi, R. M. (2021). Exercise adaptations and TGF-β1 levels in recreational cyclists. *Annals of Medicine and Surgery*, *70*, 102872. https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102872

Fang, Y., Vilella-Bach, M., Bachmann, R., Flanigan, A., & Chen, J. (2001). Phosphatidic acid-mediated mitogenic activation of mTOR signaling. *Science*, *294*(5548), 1942–1945. Scopus. https://doi.org/10.1126/science.1066015

Fensham, N. C., McKay, A. K. A., Tee, N., Lundy, B., Anderson, B., Morabito, A., Ross, M. L. R., & Burke, L. M. (2022). Sequential Submaximal Training in Elite Male Rowers Does Not Result in Amplified Increases in Interleukin-6 or Hepcidin. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *32*(3), 177–185. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0263

Ferreira, V. L., Borba, H. H. L., Bonetti, A. de F., P.Leonart, L., Pontarolo, R., Ferreira, V. L., Borba, H. H. L., Bonetti, A. de F., P.Leonart, L., & Pontarolo, R. (2018). Cytokines and Interferons: Types and Functions. W *Autoantibodies and Cytokines*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.74550

Garami, A., Zwartkruis, F. J. T., Nobukuni, T., Joaquin, M., Roccio, M., Stocker, H., Kozma, S. C., Hafen, E., Bos, J. L., & Thomas, G. (2003). Insulin activation of Rheb, a mediator of mTOR/S6K/4E-BP signaling, is inhibited by TSC1 and 2. *Molecular Cell*, *11*(6), 1457–1466. Scopus. https://doi.org/10.1016/S1097-2765(03)00220-X

Goodman, C. A. (2014). The Role of mTORC1 in Regulating Protein Synthesis and Skeletal Muscle Mass in Response to Various Mechanical Stimuli. W B. Nilius, T. Gudermann, R. Jahn, R. Lill, S. Offermanns, & O. H. Petersen (Red.), *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology 166* (s. 43–95). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/112_2013_17

Gough, P., & Myles, I. A. (2020). Tumor Necrosis Factor Receptors: Pleiotropic Signaling Complexes and Their Differential Effects. *Frontiers in Immunology*, *11*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2020.585880

Gurd, B. J., Perry, C. G., Heigenhauser, G. J., Spriet, L. L., & Bonen, A. (2010). High-intensity interval training increases SIRT1 activity in human skeletal muscle. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, *35*(3), 350–357. Scopus. https://doi.org/10.1139/H10-030

Halson, S. L., Lancaster, G. I., Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M. (2003). Immunological responses to overreaching in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(5), 854–861. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000064964.80040.E9

Hamada, K., Vannier, E., Sacheck, J. M., Witsell, A. L., & Roubenoff, R. (2005). Senescence of human skeletal muscle impairs the local inflammatory cytokine response to acute eccentric exercise. *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, *19*(2), 264–266. https://doi.org/10.1096/fj.03-1286fje

Hawley, J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, *29*(3), 218–222. Scopus. https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03623.x

Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., & Zierath, J. R. (2014). Integrative biology of exercise. *Cell*, *159*(4), 738–749. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.10.029

He, F., Li, J., Liu, Z., Chuang, C.-C., Yang, W., & Zuo, L. (2016). Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. *Frontiers in Physiology*, *7*, 486. https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00486

Heir, R., & Stellwagen, D. (2020). TNF-Mediated Homeostatic Synaptic Plasticity: From in vitro to in vivo Models. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, *14*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncel.2020.565841

Hermant, P., & Michiels, T. (2014). Interferon-λ in the Context of Viral Infections: Production, Response and Therapeutic Implications. *Journal of Innate Immunity*, *6*(5), 563–574. https://doi.org/10.1159/000360084

Hewett, S. J., Jackman, N. A., & Claycomb, R. J. (2012). Interleukin-1β in Central Nervous System Injury and Repair. *European journal of neurodegenerative disease*, *1*(2), 195–211.

Hornberger, T. A., Chu, W. K., Mak, Y. W., Hsiung, J. W., Huang, S. A., & Chien, S. (2006). The role of phospholipase D and phosphatidic acid in the mechanical activation of mTOR signaling in skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(12), 4741–4746. Scopus. https://doi.org/10.1073/pnas.0600678103

Hotamisligil., G. (2017). Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature*, *542*(7640), 177–185. https://doi.org/10.1038/nature21363

Inoki, K., Li, Y., Xu, T., & Guan, K.-L. (2003). Rheb GTPase is a direct target of TSC2 GAP activity and regulates mTOR signaling. *Genes & Development*, *17*(15), 1829–1834. https://doi.org/10.1101/gad.1110003

Jiménez-Maldonado, A., Montero, S., Lemus, M., Cerna-Cortés, J., Rodríguez-Hernández, A., Mendoza, M. A., Melnikov, V., Gamboa-Domínguez, A., Muñiz, J., Virgen-Ortiz, A., & de Alvarez-Buylla, E. R. (2019). Moderate and high intensity chronic exercise reduces plasma tumor necrosis factor alpha and increases the Langerhans islet area in healthy rats. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, *19*(3), 354–361.

Jürimäe, J., Vaiksaar, S., & Purge, P. (2018). Circulating Inflammatory Cytokine Responses to Endurance Exercise in Female Rowers. *International Journal of Sports Medicine*, *39*(14), 1041–1048. https://doi.org/10.1055/a-0723-4421

Karas, R. H., & Williams, R. S. (1991). Molecular mechanisms of skeletal muscle adaptations to exercise. *Trends in Cardiovascular Medicine*, *1*(8), 341–346. https://doi.org/10.1016/1050-1738(91)90072-M

Keller, C., Steensberg, A., Pilegaard, H., Osada, T., Saltin, B., Pedersen, B. K., & Neufer, P. D. (2001). Transcriptional activation of the IL-6 gene in human contracting skeletal muscle: Influence of muscle glycogen content. *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, *15*(14), 2748–2750. https://doi.org/10.1096/fj.01-0507fje

Kline, J., & Kitagaki, K. (2006). Interferons. W *Encyclopedia of Respiratory Medicine* (s. 346–350). Academic Press.

Koppelman, B., Neefjes, J. J., de Vries, J. E., & de Waal Malefyt, R. (1997). Interleukin-10 down-regulates MHC class II alphabeta peptide complexes at the plasma membrane of monocytes by affecting arrival and recycling. *Immunity*, *7*(6), 861–871. https://doi.org/10.1016/s1074-7613(00)80404-5

Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(10), 2920–2937. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122

Lehrskov, L. L., & Christensen, R. H. (2019). The role of interleukin-6 in glucose homeostasis and lipid metabolism. *Seminars in Immunopathology*, *41*(4), 491–499. https://doi.org/10.1007/s00281-019-00747-2

Li, B., Jones, L. L., & Geiger, T. L. (2018). IL-6 Promotes T Cell Proliferation and Expansion under Inflammatory Conditions in Association with Low-Level RORγt Expression. *Journal of Immunology (Baltimore, Md.: 1950)*, *201*(10), 2934–2946. https://doi.org/10.4049/jimmunol.1800016

Lightfoot, A. P., & Cooper, R. G. (2016). The role of myokines in muscle health and disease. *Current Opinion in Rheumatology*, *28*(6), 661–666. https://doi.org/10.1097/BOR.0000000000000337

Liu, Y.-J. (2005). IPC: Professional Type 1 Interferon-Producing Cells and Plasmacytoid Dendritic Cell Precursors. *Annual Review of Immunology*, *23*(1), 275–306. https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.23.021704.115633

Lopez-Castejon, G., & Brough, D. (2011). Understanding the mechanism of IL-1β secretion. *Cytokine & Growth Factor Reviews*, *22*(4), 189–195. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2011.10.001

Macêdo Santiago, L. Â., Neto, L. G. L., Borges Pereira, G., Leite, R. D., Mostarda, C. T., de Oliveira Brito Monzani, J., Sousa, W. R., Rodrigues Pinheiro, A. J. M., & Navarro, F. (2018). Effects of Resistance Training on Immunoinflammatory Response, TNF-Alpha Gene Expression, and Body Composition in Elderly Women. *Journal of Aging Research*, *2018*, 1467025. https://doi.org/10.1155/2018/1467025

Małkowska, P., & Sawczuk, M. (2023). Cytokines as Biomarkers for Evaluating Physical Exercise in Trained and Non-Trained Individuals: A Narrative Review. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(13), 11156. https://doi.org/10.3390/ijms241311156

Małkowska, P., Tomasiak, P., Tkacz, M., Zgutka, K., Tarnowski, M., Maciejewska-Skrendo, A., Buryta, R., Rosiński, Ł., & Sawczuk, M. (2025). Protective Effects of Regular Physical Activity: Differential Expression of FGF21, GDF15, and Their Receptors in Trained and Untrained Individuals. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(15), 7115. https://doi.org/10.3390/ijms26157115

Marchetti, L., Klein, M., Schlett, K., Pfizenmaier, K., & Eisel, U. L. M. (2004). Tumor necrosis factor (TNF)-mediated neuroprotection against glutamate-induced excitotoxicity is enhanced by N-methyl-D-aspartate receptor activation. Essential role of a TNF receptor 2-mediated phosphatidylinositol 3-kinase-dependent NF-kappa B pathway. *The Journal of Biological Chemistry*, *279*(31), 32869–32881. https://doi.org/10.1074/jbc.M311766200

Marklund, P., Mattsson, C. M., Wåhlin-Larsson, B., Ponsot, E., Lindvall, B., Lindvall, L., Ekblom, B., & Kadi, F. (2013). Extensive inflammatory cell infiltration in human skeletal muscle in response to an ultraendurance exercise bout in experienced athletes. *Journal of Applied Physiology*, *114*(1), 66–72. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01538.2011

McCoy, M. K., & Tansey, M. G. (2008). TNF signaling inhibition in the CNS: Implications for normal brain function and neurodegenerative disease. *Journal of Neuroinflammation*, *5*, 45. https://doi.org/10.1186/1742-2094-5-45

Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(1), 186–205. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a

Moldoveanu, A. I., Shephard, R. J., & Shek, P. N. (2000). Exercise elevates plasma levels but not gene expression of IL-1beta, IL-6, and TNF-alpha in blood mononuclear cells. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *89*(4), 1499–1504. https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.4.1499

Moldoveanu, A. I., Shephard, R. J., & Shek, P. N. (2001). The Cytokine Response to Physical Activity and Training. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, *31*(2), 115–144. https://doi.org/10.2165/00007256-200131020-00004

Morán, G. A. G., Parra-Medina, R., Cardona, A. G., Quintero-Ronderos, P., & Rodríguez, É. G. (2013). Cytokines, chemokines and growth factors. W *Autoimmunity: From Bench to Bedside [Internet]*. El Rosario University Press. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459450/

Mucci, P., Durand, F., Lebel, B., Bousquet, J., & Préfaut, C. (2000). Interleukins 1-beta, -8, and histamine increases in highly trained, exercising athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *32*(6), 1094.

Muñoz-Cánoves, P., Scheele, C., Pedersen, B. K., & Serrano, A. L. (2013). Interleukin-6 myokine signaling in skeletal muscle: A double-edged sword? *The Febs Journal*, *280*(17), 4131–4148. https://doi.org/10.1111/febs.12338

Nash, D., Hughes, M. G., Butcher, L., Aicheler, R., Smith, P., Cullen, T., & Webb, R. (2023). IL-6 signaling in acute exercise and chronic training: Potential consequences for health and athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *33*(1), 4–19. https://doi.org/10.1111/sms.14241

Natelson, B. H., Zhou, X., Ottenweller, J. E., Bergen, M. T., Sisto, S. A., Drastal, S., Tapp, W. N., & Gause, W. L. (1996). Effect of acute exhausting exercise on cytokine gene expression in men. *International Journal of Sports Medicine*, *17*(4), 299–302. https://doi.org/10.1055/s-2007-972850

Nieman, D. C., Dumke, C. I., Henson, D. A., McAnulty, S. R., McAnulty, L. S., Lind, R. H., & Morrow, J. D. (2003). Immune and oxidative changes during and following the Western States Endurance Run. *International Journal of Sports Medicine*, *24*(7), 541–547. https://doi.org/10.1055/s-2003-42018

Nieman, D. C., Konrad, M., Henson, D. A., Kennerly, K., Shanely, R. A., & Wallner-Liebmann, S. J. (2012). Variance in the Acute Inflammatory Response to Prolonged Cycling Is Linked to Exercise Intensity. *Journal of Interferon & Cytokine Research*, *32*(1), 12–17. https://doi.org/10.1089/jir.2011.0038

Nieman, D. C., & Wentz, L. M. (2019). The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of Sport and Health Science*, *8*(3), 201–217. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.009

O'neil, T. K., Duffy, L. R., Frey, J. W., & Hornberger, T. A. (2009). The role of phosphoinositide 3-kinase and phosphatidic acid in the regulation of mammalian target of rapamycin following eccentric contractions. *Journal of Physiology*, *587*(14), 3691–3701. Scopus. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.173609

Ostrowski, K., Rohde, T., Asp, S., Schjerling, P., & Pedersen, B. K. (1999). Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. *The Journal of Physiology*, *515*(1), 287–291. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.287ad.x

Ostrowski, K., Rohde, T., Zacho, M., Asp, S., & Pedersen, B. K. (1998). Evidence that interleukin-6 is produced in human skeletal muscle during prolonged running. *The Journal of Physiology*, *508*(3), 949–953. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.949bp.x

Pan, Y., Hui, X., Hoo, R. L. C., Ye, D., Chan, C. Y. C., Feng, T., Wang, Y., Lam, K. S. L., & Xu, A. (2019). Adipocyte-secreted exosomal microRNA-34a inhibits M2 macrophage polarization to promote obesity-induced adipose inflammation. *The Journal of Clinical Investigation*, *129*(2), 834–849. https://doi.org/10.1172/JCI123069

Parkin, J., & Cohen, B. (2001). An overview of the immune system. *The Lancet*, *357*(9270), 1777–1789. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)04904-7

Peake, J. M., Neubauer, O., Walsh, N. P., & Simpson, R. J. (2017). Recovery of the immune system after exercise. *Journal of Applied Physiology*, *122*(5), 1077–1087. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00622.2016

Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2008). Muscle as an Endocrine Organ: Focus on Muscle-Derived Interleukin-6. *Physiological Reviews*, *88*(4), 1379–1406. https://doi.org/10.1152/physrev.90100.2007

Pedersen, B. K., Steensberg, A., & Schjerling, P. (2001). Muscle-derived interleukin-6: Possible biological effects. *The Journal of Physiology*, *536*(Pt 2), 329–337. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0329c.xd

Pereira, B. C., Pauli, J. R., de Souza, C. T., Ropelle, E. R., Cintra, D. E., Rocha, E. M., Freitas, E. C., Papoti, M., da Silva, L., Lira, F. S., & Silva, A. S. R. da. (2014). Nonfunctional overreaching leads to inflammation and myostatin upregulation in swiss mice. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(2), 139–146. https://doi.org/10.1055/s-0033-1349077

Perry, C. G. R., Lally, J., Holloway, G. P., Heigenhauser, G. J. F., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2010). Repeated transient mRNA bursts precede increases in transcriptional and mitochondrial proteins during training in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, *588*(23), 4795–4810. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.199448

Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology*, *98*(4), 1154–1162. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00164.2004

Phillips, S. M. (2009). Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy: Impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects)This paper is one of a selection of papers published in this Special Issue, entitled 14th International Biochemistry of Exercise Conference – Muscles as Molecular and Metabolic Machines, and has undergone the Journal's usual peer review process. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *34*(3), 403–410. https://doi.org/10.1139/H09-042

Piccirillo, R. (2019). Exercise-Induced Myokines With Therapeutic Potential for Muscle Wasting. *Frontiers in Physiology*, *10*, 287. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00287

Pierce, A., & Pittet, J.-F. (2014). Inflammatory response to trauma: Implications for coagulation and resuscitation. *Current Opinion in Anaesthesiology*, *27*(2), 246–252. https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000047

Pretolani, M. (1999). Interleukin-10: An anti-inflammatory cytokine with therapeutic potential. *Clinical & Experimental Allergy*, *29*(9), 1164–1171. https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.1999.00456.x

Puhlmann, M., Weinreich, D. M., Farma, J. M., Carroll, N. M., Turner, E. M., & Alexander, H. R. (2005). Interleukin-1β induced vascular permeability is dependent on induction of endothelial Tissue Factor (TF) activity. *Journal of Translational Medicine*, *3*, 37. https://doi.org/10.1186/1479-5876-3-37

Pyrillou, K., Burzynski, L. C., & Clarke, M. C. H. (2020). Alternative Pathways of IL-1 Activation, and Its Role in Health and Disease. *Frontiers in Immunology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.613170

Ratnam, N. M., Peterson, J. M., Talbert, E. E., Ladner, K. J., Rajasekera, P. V., Schmidt, C. R., Dillhoff, M. E., Swanson, B. J., Haverick, E., Kladney, R. D., Williams, T. M., Leone, G. W., Wang, D. J., & Guttridge, D. C. (2017). NF-κB regulates GDF-15 to suppress macrophage surveillance during early tumor development. *The Journal of Clinical Investigation*, *127*(10), 3796–3809. https://doi.org/10.1172/JCI91561

Ren, Y., Zhao, H., Yin, C., Lan, X., Wu, L., Du, X., Griffiths, H. R., & Gao, D. (2022). Adipokines, Hepatokines and Myokines: Focus on Their Role and Molecular Mechanisms in Adipose Tissue Inflammation. *Frontiers in Endocrinology*, *13*, 873699. https://doi.org/10.3389/fendo.2022.873699

Robson-Ansley, P. J., de Milander, L., Collins, M., & Noakes, T. D. (2004). Acute interleukin-6 administration impairs athletic performance in healthy, trained male runners. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne De Physiologie Appliquee*, *29*(4), 411–418. https://doi.org/10.1139/h04-026

Roh, J. S., & Sohn, D. H. (2018). Damage-Associated Molecular Patterns in Inflammatory Diseases. *Immune Network*, *18*(4), e27. https://doi.org/10.4110/in.2018.18.e27

Ronsen, O., Lea, T., Bahr, R., & Pedersen, B. K. (2002). Enhanced plasma IL-6 and IL-1ra responses to repeated vs. Single bouts of prolonged cycling in elite athletes. *Journal of Applied Physiology*, *92*(6), 2547–2553. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01263.2001

Schnyder, S., & Handschin, C. (2015). Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1α, myokines and exercise. *Bone*, *80*, 115–125. https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.02.008

Sethi, J. K., & Hotamisligil, G. S. (2021). Metabolic Messengers: Tumour necrosis factor. *Nature Metabolism*, *3*(10), Artykuł 10. https://doi.org/10.1038/s42255-021-00470-z

Shaw, D. M., Merien, F., Braakhuis, A., & Dulson, D. (2018). T-cells and their cytokine production: The anti-inflammatory and immunosuppressive effects of strenuous exercise. *Cytokine*, *104*, 136–142. https://doi.org/10.1016/j.cyto.2017.10.001

Steensberg, A., Fischer, C. P., Keller, C., Møller, K., & Pedersen, B. K. (2003). IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, *285*(2), E433-437. https://doi.org/10.1152/ajpendo.00074.2003

Suzuki, K., Yamada, M., Kurakake, S., Okamura, N., Yamaya, K., Liu, Q., Kudoh, S., Kowatari, K., Nakaji, S., & Sugawara, K. (2000). Circulating cytokines and hormones with immunosuppressive but neutrophil-priming potentials rise after endurance exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *81*(4), 281–287. https://doi.org/10.1007/s004210050044

Tanaka, T., Narazaki, M., & Kishimoto, T. (2014). IL-6 in Inflammation, Immunity, and Disease. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, *6*(10), a016295. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a016295

Tiwari, R., Mondal, Y., Bharadwaj, K., Mahajan, M., Mondal, S., & Sarkar, A. (2025). Reactive Oxygen Species (ROS) and Their Profound Influence on Regulating Diverse Aspects of Cancer: A Concise Review. *Drug Development Research*, *86*(4), e70107. https://doi.org/10.1002/ddr.70107

Toft, A. D., Jensen, L. B., Bruunsgaard, H., Ibfelt, T., Halkjær-Kristensen, J., Febbraio, M., & Pedersen, B. K. (2002). Cytokine response to eccentric exercise in young and elderly humans. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *283*(1), C289–C295. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00583.2001

Ullum, H., Haahr, P. M., Diamant, M., Palmø, J., Halkjaer-Kristensen, J., & Pedersen, B. K. (1994). Bicycle exercise enhances plasma IL-6 but does not change IL-1 alpha, IL-1 beta, IL-6, or TNF-alpha pre-mRNA in BMNC. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *77*(1), 93–97. https://doi.org/10.1152/jappl.1994.77.1.93

Veerasammy, S., Van Steenwinckel, J., Le Charpentier, T., Seo, J. H., Fleiss, B., Gressens, P., & Levison, S. W. (2020). Perinatal IL-1β-induced inflammation suppresses Tbr2+ intermediate progenitor cell proliferation in the developing hippocampus accompanied by long-term

behavioral deficits. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*, *7*, 100106. https://doi.org/10.1016/j.bbih.2020.100106

Verma, R., Balakrishnan, L., Sharma, K., Khan, A. A., Advani, J., Gowda, H., Tripathy, S. P., Suar, M., Pandey, A., Gandotra, S., Prasad, T. S. K., & Shankar, S. (2016). A network map of Interleukin-10 signaling pathway. *Journal of Cell Communication and Signaling*, *10*(1), 61–67. https://doi.org/10.1007/s12079-015-0302-x

Vijayaraghava, A., & K, R. (2014). Alteration of Interferon Gamma (IFN-γ) in Human Plasma with Graded Physical Activity. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, *8*(6), BC05–BC07. https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/9502.4440

Vollmer-Conna, U., Fazou, C., Cameron, B., Li, H., Brennan, C., Luck, L., Davenport, T., Wakefield, D., Hickie, I., & Lloyd, A. (2004). Production of pro-inflammatory cytokines correlates with the symptoms of acute sickness behaviour in humans. *Psychological Medicine*, *34*(7), 1289–1297. https://doi.org/10.1017/s0033291704001953

Walsh, N. P., Gleeson, M., Shephard, R. J., Gleeson, M., Woods, J. A., Bishop, N. C., Fleshner, M., Green, C., Pedersen, B. K., Hoffman-Goetz, L., Rogers, C. J., Northoff, H., Abbasi, A., & Simon, P. (2011). Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exercise Immunology Review*, *17*, 6–63.

Walzik, D., Wences Chirino, T. Y., Zimmer, P., & Joisten, N. (2024). Molecular insights of exercise therapy in disease prevention and treatment. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *9*(1), 1–34. https://doi.org/10.1038/s41392-024-01841-0

Wang, H., & Ye, J. (2015). Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, *16*(1), 47–54. https://doi.org/10.1007/s11154-014-9306-8

Weerd, N. A. de, Samarajiwa, S. A., & Hertzog, P. J. (2007). Type I Interferon Receptors: Biochemistry and Biological Functions *. *Journal of Biological Chemistry*, *282*(28), 20053–20057. https://doi.org/10.1074/jbc.R700006200

Xiao, W., Chen, P., & Dong, J. (2012). Effects of overtraining on skeletal muscle growth and gene expression. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(10), 846–853. https://doi.org/10.1055/s-0032-1311585

Yang, W., & Hu, P. (2018). Skeletal muscle regeneration is modulated by inflammation. *Journal of Orthopaedic Translation*, *13*, 25–32. https://doi.org/10.1016/j.jot.2018.01.002

Zamani, A., Salehi, I., & Alahgholi-Hajibehzad, M. (2017). Moderate Exercise Enhances the Production of Interferon-γ and Interleukin-12 in Peripheral Blood Mononuclear Cells. *Immune Network*, *17*(3), 186–191. https://doi.org/10.4110/in.2017.17.3.186

Technologie cyfrowe jako narzędzia motywujące osoby starsze do podejmowania aktywności fizycznej

Magdalena Sochacka [1]

[1] Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński, email: magdalena.sochacka@phd.usz.edu.pl, ORCID: 0000-0003-4581-9194

Streszczenie: Starzenie się populacji zwiększa zapotrzebowanie na skuteczne działania wspierające zdrowie osób starszych, w tym na interwencje promujące regularną aktywność fizyczną. Celem artykułu jest omówienie strategii motywowania seniorów do podejmowania ruchu, ze szczególnym uwzględnieniem roli technologii cyfrowych. Badania wskazują, że aktywność fizyczna pozytywnie wpływa na funkcjonowanie organizmu, ogranicza ryzyko chorób przewlekłych oraz sprzyja zachowaniu samodzielności, jednak wielu seniorów pozostaje nieaktywnych z powodu barier psychologicznych, zdrowotnych i środowiskowych. Analiza literatury pokazuje, że technologie takie jak aplikacje mobilne, urządzenia monitorujące, systemy przypomnień oraz mechanizmy grywalizacji mogą skutecznie wzmacniać motywację osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej, pod warunkiem że są intuicyjne, spersonalizowane i dostosowane do ich potrzeb. Urządzenia wearable umożliwiają bieżący monitoring aktywności, przypomnienia pełnią funkcję bodźca inicjującego działanie, a grywalizacja zwiększa atrakcyjność podejmowanego wysiłku. Wnioski wskazują, że największy potencjał mają interwencje łączące różne elementy cyfrowego wsparcia, co sprzyja długoterminowej regularności i wzmacnia świadomość zdrowotną osób starszych. Technologie cyfrowe stanowią tym samym ważne narzędzie wspierające aktywne starzenie się.

Słowa kluczowe: aktywność fizyczna, osoby starsze, motywacja do ćwiczeń, technologie cyfrowe, urządzenia monitorujące, przypomnienia motywacyjne, grywalizacja

Abstract: The aging of the global population increases the demand for effective interventions that support the physical and psychological well-being of older adults, including strategies that promote regular physical activity. This article examines key approaches to motivating seniors to engage in physical activity, with particular emphasis on the role of digital technologies. Existing evidence demonstrates that physical activity enhances physiological functioning, reduces the risk of chronic diseases, and supports independence; however, many older adults remain insufficiently active due to psychological, health-related, and environmental barriers. A review of the literature indicates that technologies such as mobile applications, wearable activity trackers, reminder systems, and gamification elements can effectively enhance motivation when they are intuitive, personalized, and tailored to users' capabilities. Wearable devices facilitate real-time activity monitoring, reminders act as behavioral prompts, and gamification increases engagement by introducing elements of challenge and reward. The findings suggest that interventions combining multiple digital components offer the greatest potential for promoting long-term adherence and improving health awareness among older adults. Digital technologies therefore represent a valuable tool for supporting active aging and improving quality of life.

Key words: physical activity, older people, exercise motivation, digital technologies, wearable activity trackers, motivational reminders, gamification

1. Wstęp

Wzrost odsetka osób starszych w populacji stanowi wyzwanie dla systemów opieki zdrowotnej na całym świecie, co wskazuje na konieczność podjęcia działań profilaktycznych mających na celu wspieranie zdrowia fizycznego i psychicznego w tej grupie wiekowej (Lee i in., 2012). Aktywność fizyczna jest jednym z najważniejszych czynników warunkujących pomyślne starzenie się, ponieważ pozytywnie wpływa na funkcjonowanie organizmu, zmniejsza ryzyko upadków, zwiększa siłę mięśniową, poprawia samopoczucie oraz zmniejsza ryzyko rozwoju wielu chorób przewlekłych. Regularne podejmowanie ruchu sprzyja również utrzymaniu niezależności i wysokiej jakości życia w późniejszym wieku (Erickson in., 2018).

Mimo dobrze udokumentowanych korzyści aktywności fizycznej, znaczna część osób starszych pozostaje nieaktywna lub wykonuje ją jedynie sporadycznie. Skuteczne motywowanie seniorów wymaga uwzględnienia zarówno ich możliwości zdrowotnych, jak i specyficznych potrzeb psychologicznych (Marquez i in., 2020). Badania wskazują, że osoby starsze chętniej angażują się w aktywność, gdy mają możliwość samodzielnego wyboru form ruchu, mogą obserwować własne postępy oraz otrzymują wsparcie społeczne (de la Cámara i in., 2024). Interwencje wzmacniające poczucie autonomii i sprawczości okazują się szczególnie efektywne. Kluczowe znaczenie ma również identyfikacja barier, takich jak lęk przed urazem, niska wiara we własne możliwości, współistniejące choroby przewlekłe czy obniżona samoocena. Jednocześnie czynniki sprzyjające aktywności – m.in. poczucie przynależności, pozytywne doświadczenia ruchowe, wsparcie ze strony bliskich oraz czytelna informacja zwrotna – mogą w istotny sposób zwiększać skuteczność programów promujących aktywność fizyczną (Tan i in., 2025; Taylor, 2014). Technologie cyfrowe stają się jednym z ważniejszych narzędzi wspierających motywowanie osób starszych do podejmowania różnych form aktywności fizycznej. Rozwiązania te mogą odgrywać znaczącą rolę w procesie aktywnego starzenia się, ponieważ ułatwiają samoobserwację, podnoszą świadomość zdrowotną oraz zwiększają zaangażowanie w regularny ruch (Francess i in., 2020).

Niniejszy artykuł przedstawia cyfrowe narzędzia i metody wspierania motywacji osób starszych, ze szczególnym uwzględnieniem technologii umożliwiających zwiększenie ich zaangażowania w regularną aktywność fizyczną.

2. Materiał i metody

Strategia wyszukiwania: Przeprowadzono kompleksowy przegląd literatury w bazach naukowych PubMed, Scopus oraz Google Scholar. Wyszukiwanie obejmowało publikacje opublikowane w latach 2007–2025, zastosowano słowa kluczowe, takie jak: aktywność fizyczna, osoby starsze, motywacja do ćwiczeń, technologie cyfrowe, urządzenia monitorujące, przypomnienia motywacyjne, grywalizacja Wyszukiwanie miało na celu identyfikację badań analizujących wykorzystanie technologii cyfrowych jako narzędzia wspierającego aktywność fizyczną osób starszych.

Kryteria włączenia:

Uczestnicy badań w wieku ≥ 60 lat.

Interwencje wykorzystujące technologie cyfrowe wspierające aktywność fizyczną, takie jak aplikacje mobilne, urządzenia noszone (np. smartwatche, opaski monitorujące aktywność), systemy przypomnień lub rozwiązania wykorzystujące elementy grywalizacji.

Kryteria wykluczenia: uczestnicy badań <60 lat, interwencje niezwiązane z wykorzystaniem technologii cyfrowych.

Proces selekcji badań: W wyniku przeprowadzonego przeglądu literatury zidentyfikowano 112 publikacji. Po usunięciu duplikatów do dalszej analizy zakwalifikowano 83 rekordy. Następnie przeprowadzono analizę tytułów i streszczeń artykułów, w rezultacie której wykluczono 51 publikacji, głównie ze względu na brak związku z tematyką wykorzystania technologii cyfrowych w promowaniu aktywności fizycznej wśród osób starszych. Do kolejnego etapu zakwalifikowano 32 pełne teksty artykułów, które poddano szczegółowej ocenie pod kątem spełnienia przyjętych kryteriów włączenia. W wyniku tej analizy wykluczono 18 publikacji. Ostatecznie do przeglądu włączono 14 artykułów, które bezpośrednio odnosiły się do zastosowania technologii cyfrowych w motywowaniu osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej.

3. Wpływ technologii na motywację osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej

W ostatnich latach zauważa się dynamiczny wzrost zainteresowania wykorzystaniem technologii cyfrowych jako narzędzia wspierającego aktywność fizyczną osób starszych. Rozwój urządzeń noszonych, aplikacji mobilnych, platform internetowych oraz cyfrowych systemów treningowych stworzył nowe możliwości oddziaływania na zachowania zdrowotne tej grupy populacji (Pacheco i in., 2020). Odpowiednio zaprojektowane technologie mogą pełnić podwójną funkcję: ułatwiać monitorowanie codziennej aktywności oraz działać jako bodźce motywacyjne wspierając utrzymanie regularnego ruchu (Sullivan i in., 2017). Komercyjne urządzenia do monitorowania aktywności oferują szereg funkcji sprzyjających zwiększeniu zaangażowania użytkowników. Pozwalają na bieżące śledzenie poziomu aktywności fizycznej, dostarczają informacji zwrotnej w czasie rzeczywistym, wyznaczają osiągalne cele, a także umożliwiają monitorowanie postępów ich realizacji. Wiele narzędzi oferuje przypomnienia o konieczności przerwania siedzącego trybu życia, a niektóre rozwiązania dodatkowo zachęcają do interakcji społecznych czy podejmowania rywalizacji (Xu i in., 2022). Wyniki najnowszych badań wskazują, że osoby starsze są otwarte na korzystanie z technologii cyfrowych pod warunkiem, że narzędzia te są dopasowane do ich potrzeb funkcjonalnych i poznawczych, a także charakteryzują się intuicyjnym projektem oraz możliwością personalizacji. Technologie cyfrowe stanowią zatem wsparcie w promowaniu aktywnego stylu życia wśród seniorów, jednak ich skuteczność zależy od przemyślanego

projektowania interwencji, adekwatnego dostosowania do użytkownika oraz właściwej formy przekazu informacji (Campelo i in., 2023; Bravata i in., 2007).

3.1. Aplikacje mobilne i urządzenia monitorujące aktywność fizyczną

Aplikacje mobilne, smartwatche oraz opaski monitorujące aktywność stanowią obecnie jedne z najpowszechniej stosowanych narzędzi wspierających aktywność fizyczną osób starszych. Ich popularność wynika przede wszystkim z możliwości dostarczania użytkownikom natychmiastowej informacji zwrotnej oraz umożliwienia ciągłego monitorowania aktywności, co sprzyja regularnemu podejmowaniu ruchu (Kawaguchi i in., 2024) Liczne badania wskazują, że korzystanie z urządzeń monitorujących aktywność może istotnie zwiększać poziom ruchu wśród seniorów. W badaniu Zhang i wsp. (2022) osoby po 80. roku życia korzystające z opaski monitorującej odnotowały średni wzrost liczby kroków o około 900 dziennie przy bardzo wysokiej adherencji przekraczającej 97%. Seniorzy oceniali urządzenie jako intuicyjne i łatwe w obsłudze, a szczególną wartość przypisywali regularnej wizualizacji postępów, co wzmacniało poczucie kontroli nad podejmowaną aktywnością (Zhang i in., 2022). Zbliżone rezultaty przedstawili Ho i wsp. (2024) wykazując, że zastosowanie smartwatcha w połączeniu ze stopniowym zwiększaniem celów dziennych (np. 5000, 6500, 7500 kroków) prowadziło do istotnego wzrostu aktywności fizycznej, skrócenia czasu siedzącego, poprawy masy mięśniowej oraz redukcji BMI. Wyniki te potwierdzają, że interwencje łączące monitoring z jasno określonymi i realistycznymi celami są szczególnie skuteczne (Ho i in. 2024). Monitorowanie aktywności pełni również funkcję poznawczą - umożliwia seniorom obiektywne uświadomienie sobie faktycznego poziomu ruchu w ciągu dnia, co może stanowić bodziec do jego zwiększenia (Brickwood i wsp., 2020). Ponadto, badania wskazują, że technologie noszone wywierają umiarkowany i pozytywny wpływ na poziom aktywności wśród osób starszych, zwłaszcza w sytuacji, gdy interwencje są proste, spersonalizowane oraz zapewniają bieżącą informację zwrotną (Alley i in., 2024). Zebrane dane wskazują, że aplikacje mobilne i urządzenia monitorujące mogą stanowić skuteczne narzędzia motywacyjne dla osób starszych. Ich efektywność jest najwyższa wówczas, gdy łączą realistycznie dobrane cele, czytelną prezentację postępów oraz prosty, intuicyjny interfejs dostosowany do potrzeb tej grupy wiekowej.

3.2. Przypomnienia i komunikaty motywacyjne

Przypomnienia oraz komunikaty motywacyjne odgrywają istotną rolę w utrzymywaniu regularności aktywności fizycznej u osób starszych. Mogą one przyjmować formę wiadomości SMS, powiadomień aplikacyjnych lub automatycznych komunikatów systemowych. Tego typu

krótkie interwencje behawioralne pełnią funkcję zewnętrznego bodźca, ułatwiając wprowadzanie oraz utrwalanie zdrowych nawyków. W badaniu Brickwood i wsp. (2020) regularny kontakt ze specjalistą oraz systematyczna informacja zwrotna sprzyjały podtrzymaniu zaangażowania uczestników przez okres przekraczający 12 miesięcy. Seniorzy wskazywali, że przypomnienia stanowiły „łagodne popchnięcie", które ułatwiało podjęcie decyzji o aktywności nawet przy niskiej motywacji własnej (Brickwood i in. 2020). Podobne obserwacje przedstawiono w badaniu Haque i wsp. (2025), gdzie użytkownicy aplikacji Senior Fit za najbardziej skuteczne uznawali krótkie, jasne i pozytywne komunikaty, takie jak: „Czas na 5-minutowy spacer" czy „Wykonaj dziś jedno nowe ćwiczenie" (Haque i in. 2025). Interwencje zawierające regularne powiadomienia cechowały się wyższą skutecznością niż programy opierające się wyłącznie na samym monitorowaniu aktywności. Komunikaty pełnią w tym kontekście funkcję bodźca inicjującego działanie, a ponadto pomagają seniorom w planowaniu dnia tak, aby uwzględnić krótkie formy ruchu. Skuteczność przypomnień i komunikatów motywacyjnych wzrasta, gdy są one dostosowane do możliwości użytkownika, mają pozytywny charakter oraz są wysyłane w odpowiedniej częstotliwości, tak aby wspierać motywację, a jednocześnie nie prowadzić do przeciążenia informacyjnego (Alley i in., 2024).

3.3. Grywalizacja i elementy zabawy

Grywalizacja, definiowana jako wykorzystanie elementów charakterystycznych dla gier (takich jak system punktowy, odznaki, rankingi, poziomy trudności czy różnego rodzaju wyzwania) zyskuje coraz większą popularność jako narzędzie wzmacniające motywację do podejmowania aktywności fizycznej (Ramalho i in. 2024). Mechanizmy te mogą przyczyniać się do zwiększenia poczucia osiągnięć, podnoszenia satysfakcji z wykonywanych ćwiczeń oraz wprowadzania komponentu zabawowego, który czyni aktywność bardziej atrakcyjną i angażującą dla użytkownika. Dotychczasowe badania naukowe potwierdzają, że grywalizacja może być skutecznym narzędziem również w pracy z osobami starszymi, pod warunkiem jej odpowiedniego dostosowania do możliwości, ograniczeń i preferencji tej grupy (Di Pumpo i in. 2025). Badania Simões i wsp. (2019) wykazali, że aplikacje wyposażone w elementy gry, takie jak zdobywanie punktów czy graficzna wizualizacja postępów mogą zwiększać motywację do aktywności fizycznej poprzez natychmiastowe dostarczanie nagród oraz wzmacnianie poczucia progresu (Simões i in. 2019). Z kolei Zhang i współautorzy (2025), projektując system grywalizowanej aktywności dla osób starszych z chorobami przewlekłymi podkreślili kluczową rolę personalizacji - użytkownik powinien mieć możliwość realizowania celów zgodnych z własnymi predyspozycjami oraz aktualnym stanem zdrowia (Zhang i in.

2025). Grywalizacja zwiększania poziomu aktywności fizycznej to efekty te nie zawsze mają charakter długotrwały. Osoby starsze pozytywnie reagują na takie elementy jak odznaki, poziomy trudności czy paski obrazujące postępy, ponieważ wzmacniają one poczucie sprawczości i realnych osiągnięć. Jednocześnie nadmiernie złożone mechaniki gry lub zbyt wymagające wyzwania mogą działać demotywująco, zwłaszcza u osób o niższych kompetencjach cyfrowych (Koivisto i in. 2019). Badania wskazują również, że największą skuteczność osiągają interwencje, w których elementy grywalizacji są łączone z innymi technikami motywacyjnymi, takimi jak monitorowanie aktywności, ustalanie celów czy regularne przypomnienia (Chen i in. 2025). Grywalizacja stanowi istotny element technologicznych interwencji promujących aktywność fizyczną osób starszych, szczególnie wśród tych, którzy cenią możliwość śledzenia własnych postępów oraz otrzymywania symbolicznych nagród za wykonane zadania. Jej skuteczność jest jednak uwarunkowana adekwatnym dopasowaniem do potrzeb, możliwości funkcjonalnych i preferencji użytkownika, a także stosowaniem mechanizmów o odpowiednim stopniu złożoności i czytelności (Weber i in. 2023).

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wyników badań dotyczących wykorzystania technologii cyfrowych w motywowaniu osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań dot. wykorzystania technologii cyfrowych w motywowaniu osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej

Autorzy	**Typ technologii**	**Mechanizm motywacyjny**	**Grupa wiekowa**	**Czas interwencji**	**Miary**	**Wynik/ wniosek**
Kawaguchi i in. (2024); Zhang i in. (2022); Ho i in. (2024); Brickwood i in. (2020); Alley i in. (2024)	Technologie monitorujące aktywność fizyczną (urządzenia wearable, smartwatche, aplikacje mobilne)	monitoring aktywności, wizualizacja postępów, wyznaczanie celów, informacja zwrotna	≥60 lat	12 tygodni – 12 miesięcy	liczba kroków, BMI, masa mięśniowa, poziom aktywności fizycznej	zwiększenie poziomu aktywności fizycznej, poprawa wskaźników zdrowia oraz większa kontrola nad podejmowaną aktywnością

Haque i in. (2025); Alley i in. (2024); Brickwood i in. (2020)	Technologie komunikacyjne wspierające aktywność (przypomnienia, powiadomienia w aplikacjach)	komunikaty motywacyjne, przypomnienia, powiadomienia	≥60 lat	8 tygodni – 6 miesięcy	regularność ćwiczeń, poziom aktywności fizycznej	poprawa systematyczności aktywności oraz większe zaangażowanie uczestników
Ramalho i in. (2024); Di Pumpo i in. (2025); Simões i in. (2019); Zhang i in. (2025); Koivisto i in. (2019); Chen i in. (2025); Weber i in. (2023)	Technologie wykorzystujące grywalizację	punkty, nagrody, rankingi, poziomy trudności, personalizacja celów	≥60 lat	8–16 tygodni	poziom zaangażowania, aktywność fizyczna	zwiększenie motywacji do podejmowania aktywności fizycznej oraz większa satysfakcja z ćwiczeń

Źródło: opracowanie własne

4. Podsumowanie

Technologie cyfrowe odgrywają coraz większą rolę w motywowaniu osób starszych do podejmowania aktywności fizycznej. Narzędzia takie jak aplikacje mobilne, smartwatche czy opaski monitorujące dostarczają użytkownikom jasnych, zrozumiałych informacji o ich ruchu i pomagają im lepiej kontrolować codzienną aktywność. Dzięki prostym funkcjom takim jak liczenie kroków, prezentowanie postępów czy wyznaczanie małych, możliwych do osiągnięcia celów osoby starsze częściej angażują się w regularne ćwiczenia i zaczynają zwracać większą uwagę na własne zdrowie i styl życia. Istotnym uzupełnieniem monitorowania są przypomnienia i krótkie komunikaty motywacyjne, które pełnią rolę delikatnych zachęt do działania. Pomagają one utrzymać ciągłość programu aktywności, szczególnie wtedy, gdy wewnętrzna motywacja jest słabsza. Najlepiej sprawdzają się komunikaty proste, pozytywne i wysyłane z rozsądną częstotliwością, tak aby wspierać, a nie przytłaczać użytkownika. Coraz większe znaczenie zyskują także elementy grywalizacji. Wprowadzenie punktów, odznak czy

graficznych pasków postępu sprawia, że aktywność fizyczna staje się bardziej atrakcyjna i daje osobom starszym poczucie osiągnięć. Aby jednak rozwiązania te były skuteczne, muszą być dobrze dopasowane do indywidualnych możliwości osób starszych oraz oparte na jasnych, intuicyjnych zasadach. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na pewne ograniczenia związane z wykorzystaniem technologii cyfrowych w grupie osób starszych. Badania wskazują, że choć wielu seniorów wykazuje zainteresowanie korzystaniem z technologii zdrowotnych, ich rzeczywiste wykorzystanie może być ograniczone przez brak umiejętności cyfrowych, trudności w obsłudze urządzeń lub brak odpowiedniego wsparcia technicznego (Moore i in., 2021). Kolejnym istotnym czynnikiem ograniczającym szersze wdrożenie takich narzędzi mogą być koszty zakupu urządzeń lub korzystania z aplikacji. Badania dotyczące potrzeb użytkowników technologii mobilnych wskazują, że koszty należą do najczęściej wskazywanych barier korzystania z urządzeń monitorujących aktywność fizyczną przez osoby starsze (Wang i in., 2019). Istotnym aspektem jest również ochrona prywatności i bezpieczeństwo danych zdrowotnych. Urządzenia monitorujące aktywność oraz aplikacje mobilne gromadzą znaczne ilości danych dotyczących zdrowia, lokalizacji i codziennych nawyków użytkowników. W literatura wskazuje, że kwestie prywatności mogą wpływać na poziom akceptacji technologii cyfrowych wśród osób starszych (Fowe i in., 2022) . Dodatkowo analiza systemów wearable wskazuje na potencjalne ryzyko nieautoryzowanego dostępu do danych zdrowotnych oraz konieczność stosowania odpowiednich standardów bezpieczeństwa i transparentnych polityk prywatności (Zhang i in., 2025) .

Pomimo wskazanych ograniczeń technologie cyfrowe wykazują duży potencjał w zakresie wspierania aktywnego starzenia się oraz samodzielności osób starszych. Systemy monitorowania zdrowia i aktywności fizycznej mogą przyczyniać się do wcześniejszego wykrywania problemów zdrowotnych, a także wspierać działania profilaktyczne związane z chorobami przewlekłymi. Jednocześnie wyniki analizowanych badań wskazują, że największą skuteczność osiągają rozwiązania technologiczne łączące kilka mechanizmów motywacyjnych, takich jak monitorowanie aktywności, wyznaczanie celów, system powiadomień oraz proste elementy nagradzania. Takie podejście sprzyja nie tylko inicjowaniu aktywności fizycznej, ale także jej długoterminowemu utrzymaniu oraz zwiększaniu świadomości zdrowotnej wśród seniorów. W związku z tym dalszy rozwój technologii wspierających aktywność fizyczną powinien koncentrować się na zwiększaniu ich dostępności, bezpieczeństwa oraz dopasowania do potrzeb i możliwości użytkowników w starszym wieku. W rezultacie technologie cyfrowe mogą stać się ważnym narzędziem wspierającym aktywne starzenie się oraz poprawę jakości życia osób starszych.

5. Bibliografia

Alley, S. J., Waters, K. M., Parker, F., Peiris, D. L. I. H. K., Fien, S., Rebar, A. L., & Vandelanotte, C. (2024). The effectiveness of digital physical activity interventions in older adults: A systematic umbrella review and meta-meta-analysis. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 21(1), 144. https://doi.org/10.1186/s12966-024-01694-4

Bravata, D. M., Smith-Spangler, C., Sundaram, V., Gienger, A. L., Lin, N., Lewis, R., Stave, C. D., Olkin, I., & Sirard, J. R. (2007). Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA*, *298*(19), 2296–2304. https://doi.org/10.1001/jama.298.19.2296

Brickwood, K. J., Williams, A. D., Watson, G., & O'Brien, J. (2020). Older adults' experiences of using a wearable activity tracker with health professional feedback over a 12-month randomised controlled trial. Digital Health, 6, 2055207620921678. https://doi.org/10.1177/2055207620921678

Campelo, A. M., Weisberg, A., Sheehan, D. P., Schneider, K., Cossich, V. R. A., & Katz, L. (2023). Improvement in physical and affective fitness after a six-week expert game-based exercise program in older adults: Randomized controlled trial. Games for Health Journal, 12(5), 366–376. https://doi.org/10.1089/g4h.2022.0212

Chen, L., Wang, H., & Sun, Y. (2025). The effectiveness of mHealth-based gamified interventions on physical activity in older adults: A systematic review. JMIR Aging, 8(1), e78686. https://doi.org/10.2196/78686

de la Cámara, M. Á., Ortiz, C., Granero-Melcon, B., Martínez-Portillo, A., Neira-León, M., & Galán, I. (2024). Sitting less and moving more: The impact of physical activity on mortality in the population of Spain. BMC Public Health, 24(1), 3140. https://doi.org/10.1186/s12889-024-20600-y

Di Pumpo, M., Miatton, A., Riccardi, M. T., Graps, E. A., Baldo, V., Buja, A., & Damiani, G. (2025). Digital health interventions to promote physical activity in community-dwelling older adults: A systematic review and semiquantitative analysis. International Journal of Public Health, 69, 1607720. https://doi.org/10.3389/ijph.2024.1607720

Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 physical activity guidelines. Medicine & Science in Sports & Exercise, 51(6), 1242–1251. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936

Fowe, I. E., & Boot, W. R. (2022). Understanding older adults' attitudes toward mobile and wearable technologies to support health and cognition. *Frontiers in psychology*, *13*, 1036092. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1036092

Franssen, W. M. A., Franssen, G. H. L. M., Spaas, J., Solmi, F., & Eijnde, B. O. (2020). Can consumer wearable activity tracker-based interventions improve physical activity and cardiometabolic health in patients with chronic diseases? A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 17, 57. https://doi.org/10.1186/s12966-020-00955-2

Haque, S., Uddin, M., Lee, H., & Wu, P. (2025). What does it take? Developing a smartphone app that motivates older adults to be physically active (Senior Fit). JMIR Aging. https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.24638

Ho, M. H., Peng, C. Y., Liao, Y., & Yen, H. Y. (2024). Efficacy of a wearable activity tracker with step-by-step goal-setting on older adults' physical activity and sarcopenia indicators: Clustered trial. Journal of Medical Internet Research, 26, e60183. https://doi.org/10.2196/60183

Kawaguchi, K., Nakagomi, A., Ide, K., & Kondo, K. (2024). Effects of a mobile app to promote social participation on older adults: Randomized controlled trial. Journal of Medical Internet Research, 26, e64196. https://doi.org/10.2196/64196

Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. International Journal of Information Management, 45, 191–210. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013

Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. The Lancet, 380(9838), 219–229. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9

Marquez, D. X., Aguiñaga, S., Vásquez, P. M., Conroy, D. E., Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Sheppard, B. B., Petruzzello, S. J., King, A. C., & Powell, K. E. (2020). A systematic review of physical activity and quality of life and well-being. Translational Behavioral Medicine, 10(5), 1098–1109. https://doi.org/10.1093/tbm/ibz198

Moore, K., O'Shea, E., Kenny, L., Barton, J., Tedesco, S., Sica, M., Crowe, C., Alamäki, A., Condell, J., Nordström, A., & Timmons, S. (2021). Older Adults' Experiences With Using Wearable Devices: Qualitative Systematic Review and Meta-synthesis. *JMIR mHealth and uHealth*, *9*(6), e23832. https://doi.org/10.2196/23832

Morais Pereira Simões, M. D. S., de Barros Gonze, B., Leite Proença, N., Tonon Lauria, V., Demarchi Silva Terra, V., da Costa Padovani, R., & Zuniga Dourado, V. (2019). Use of a smartphone app combined with gamification to increase the level of physical activity of adults and older adults: protocol of a sequential multiple assignment randomized trial. *Trials*, *20*(1), 780. https://doi.org/10.1186/s13063-019-3879-1

Pacheco, T. B. F., de Medeiros, C. S. P., de Oliveira, V. H. B., Vieira, E. R., & de Cavalcanti, F. A. C. (2020). Effectiveness of exergames for improving mobility and balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Systematic reviews*, *9*(1), 163. https://doi.org/10.1186/s13643-020-01421-7

Ramalho, A., Paulo, R., Duarte-Mendes, P., Serrano, J., & Petrica, J. (2024). Age unplugged: A brief narrative review on the intersection of digital tools, sedentary behavior, and physical activity among community-dwelling older adults. Healthcare, 12(9), 935. https://doi.org/10.3390/healthcare12090935

Sullivan, A. N., & Lachman, M. E. (2017). Behavior change with fitness technology in sedentary adults: A review of the evidence for increasing physical activity. Frontiers in Public Health, 4, 289. https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00289

Tan, L., Mei, J., Tang, R., Huang, D., Qi, K., Ossowski, Z., & Wang, X. (2025). Can exercise as a complementary technique manage inflammatory markers in women with breast cancer who are overweight and obese? A systematic review and meta-analysis. Complementary Therapies in Medicine, 88, 103119. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2024.103119

Taylor, D. (2014). Physical activity is medicine for older adults. Postgraduate Medical Journal, 90(1059), 26–32. https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131366

Wang, J., Wang, Y., Wei, C., Yao, N. A., Yuan, A., Shan, Y., & Yuan, C. (2014). Smartphone interventions for long-term health management of chronic diseases: an integrative

review. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*, *20*(6), 570–583. https://doi.org/10.1089/tmj.2013.0243

Weber, M., Schmitt, K. U., Frei, A., Puhan, M. A., & Raab, A. M. (2023). Needs assessment in community-dwelling older adults toward digital interventions to promote physical activity: Cross-sectional survey study. *Digital health*, *9*, 20552076231203785. https://doi.org/10.1177/20552076231203785

Xu, L., Shi, H., Shen, M., Ni, Y., Zhang, X., Pang, Y., Yu, T., Lian, X., Yu, T., Yang, X., & Li, F. (2022). The effects of mHealth-based gamification interventions on participation in physical activity: Systematic review. JMIR mHealth and uHealth, 10(2), e27794. https://doi.org/10.2196/27794

Zhang, B., Chen, C., Lee, I., Lee, K., & Ong, K.-L. (2025). A survey on security and privacy issues in wearable health monitoring devices. *Computers & Security, 155*, 104453. https://doi.org/10.1016/j.cose.2025.104453

Zhang, G., Xia, Y., Li, X., Zhang, Y., Xu, X., & Sun, T. (2025). A Gamification mHealth Intervention to Enhance Adherence to Personalized Exercise for Older Adults with Chronic Diseases: A Randomized Controlled Trial Protocol. *Patient preference and adherence*, *19*, 3145–3157. https://doi.org/10.2147/PPA.S547361

Zhang, Z., Giordani, B., Margulis, A., & Chen, W. (2022). Efficacy and acceptability of using wearable activity trackers in older adults living in retirement communities: A mixed method study. BMC Geriatrics, 22(1), 231. https://doi.org/10.1186/s12877-022-02931-w

An Exploratory Study on Individualized Lesson Scenario Generation - Evaluating LLMs Potential

Paweł Kucharski [1], Filip Prątnicki [2], Julia Pakuła [3]

[1] Institute of Physics, Doctoral School, University of Szczecin; email: pawel.kucharski@phd.usz.edu.pl; ORCID: 0009-0003-6576-1724

[2] Institute of Physics, University of Szczecin; email: filip.pratnicki@usz.edu.pl; ORCID: 0000-0003-4451-4022

[3] Unaffiliated; email: pakulajuliajanina@gmail.com; ORCID: 0009-0009-9930-8657

Streszczenie: W niniejszej pracy przeprowadzono badanie eksploracyjne dotyczące możliwości wykorzystania dużych modeli językowych (LLM) do generowania spersonalizowanych scenariuszy lekcji fizyki dla uczniów szkół średnich oraz studentów. Na potrzeby analizy przygotowano zbiór dziesięciu syntetycznych przypadków opisujących poziom edukacji, indywidualny profil ucznia oraz temat lekcji. Trzy modele językowe: GPT-5.1, Gemini 3 Pro oraz Claude 4.5 Sonnet wygenerowały na tej podstawie plany zajęć, które następnie zostały ocenione przez autorów w sześciu kategoriach. Wyniki pokazują, że wszystkie modele osiągnęły co najmniej dobry poziom, wskazując na ich potencjał w zastosowaniach edukacyjnych związanych ze spersonalizowanym tutoringiem.

Słowa kluczowe: Nauczanie fizyki, Duże modele językowe, Spersonalizowany tutoring, Uczenie oparte na scenariuszach, Sztuczna inteligencja w edukacji

Abstract: In this study, we conducted an exploratory investigation into the potential use of large language models (LLMs) for generating personalized physics lesson scenarios for high-school and university students. For the purposes of the analysis, a set of ten synthetic cases was prepared, each describing the student's educational level, individual profile, and the lesson topic. Based on these cases, three language models: GPT-5.1, Gemini 3 Pro, and Claude 4.5 Sonnet generated lesson plans, which were subsequently evaluated by the authors across six categories. The results show that all models achieved at least a good quality, indicating their potential for educational applications involving personalized tutoring.

Key words: Physics Education, LLMs, Personalized Tutoring, Scenario-Based Learning, Educational AI

1. Introduction

In recent years, the rapid development of large language models (LLMs) has been transforming many areas of our lives. One of these areas is education (Dong et al., 2024; Kasneci et al., 2023), where artificial intelligence is reshaping traditional methods of knowledge assessment. Due to the high effectiveness of LLMs in solving homework assignments and tests, combined with the lack of fully reliable methods for verifying whether a text was generated by an LLM or written by a human, teachers relying on tools such as homework or online tests face significant challenges. This raises the question of whether large language models can be used in a constructive way in the context of physics education.

Recently, studies have begun to explore the use of large language models - still a relatively new development - in physics education at various educational levels (Bitzenbauer et al., 2023). Current research focuses on several directions, including the potential for collaborative problem solving, the role of LLMs as tutoring agents, and their ability to support teachers in the instructional process.

When it comes to solving and understanding physics problems, studies show that model capabilities are rapidly improving. Already GPT-3.5 is able to solve and generate problems at a level comparable to that of a typical high school or university student (Liang et al., 2023). Its successor, GPT-4, has significantly enhanced these abilities, achieving performance that far surpasses that of average high-school and university learners. On the one hand, this provides substantial support for students; on the other, it introduces the previously mentioned risks associated with copying solutions generated by large language models (Tong et al., 2023). Another emerging concern is students' tendency to trust LLM responses as infallible, even though these models do make mistakes (Ding et al., 2023). Nevertheless, research suggests that, despite these risks, the use of language models as support tools in secondary-school education yields positive outcomes (Alarbi et al., 2024).

On the other hand, large language models can be highly beneficial for physics teachers, enabling them to save time when preparing instructional materials while also allowing for greater personalization tailored to the specific needs of individual students (Guerrero-Zambrano et al., 2025). Another promising application in teachers' practice is learning through the analysis of incorrect examples generated by large language models, which stimulate students' capacity for critical thinking (MacIsaac, 2023).

Regarding tutoring supported by large language models, their use as virtual tutors or as tools assisting human tutors could make this form of education more accessible and affordable for a larger number of students, potentially bringing substantial benefits even within formal schooling. In this study, we aim to examine these possibilities through exploratory research. Specifically, we will use three state-of-the-art large language models to generate individualized lesson scenarios tailored to specific students - defined by their strengths, weaknesses, and interests - at a given educational level (secondary school or university) and for a selected topic in physics.

Our research hypotheses are as follows: First, we aim to determine whether the examined language models can achieve performance at a fair level or higher in generating personalized lesson scenarios. Second, we seek to establish whether statistically significant differences exist between the evaluated models across the assessed categories.

2. Methodology

To evaluate the potential of large language models in supporting individualized physics instruction, we prepared a dataset containing ten synthetic cases created by the authors. Each case consists of the following components:

Educational level – indicates the student's current level of education (high school or university).

Student profile – describes the student's strengths, weaknesses, and interests.

Lesson topic – the subject matter to be addressed in the prepared lesson.

Examples of the cases are presented in Table 1.

Table 1. Examples of cases from the test dataset.

Level of education	Student's characteristic	Topic of lesson
High school student, biology-chemistry profile	She achieves very high results in biology and chemistry, is systematic, and can work well with scientific texts. She easily memorizes definitions, processes, and sequences of laboratory procedures. In physics she feels confident when she can connect a phenomenon to a real biological process. At the same time, she experiences strong stress during calculation tasks, especially when she must rearrange formulas or choose the correct data on her own. She prefers a calm pace of learning and clear, step-by-step explanations.	Ohm's Law

The information contained in the cases was presented to the large language models in the form of a carefully designed prompt (see Appendix A). The prompt was developed using standard prompt-engineering techniques (Marvin et al., 2023). Additionally, we imposed two constraints on the generated outputs: (1) formulas were not allowed (the evaluator assessing the scenario is expected to know the relevant details of the topic and does not require explicit computational examples), and (2) the models were required to justify the chosen instructional techniques from the perspective of individualized lesson design, which may lead to improved model reasoning (Wei et al., 2022). For this study, we employed state-of-the-art language models: GPT-5.1 (OpenAI, 2025), Gemini 3 Pro (Anil et al., 2023), and Claude 4.5 Sonnet (Anthropic, 2025). Given the exploratory nature of the research, the responses generated were evaluated by the authors of the study, including experienced physics tutors and university instructors. The assessment was conducted across six categories, whose definitions are presented in Table 2.

Table 2. Categories for evaluating lesson scenarios generated by large language models, along with their definitions.

Criteria	Definition
Content coherence	Does the lesson plan contain correct definitions, phenomena, and physical relationships? Are the concepts within the lesson plan interconnected?
Adequacy to the level of instruction	Is the content appropriate for the level of high school or university students?
Balance between theory and practice	Does the lesson plan include both conceptual explanation and a practical component?
Individualization based on student needs	Does the lesson plan genuinely take into account the strengths and weaknesses of the specific student profile?
Clarity of instructions and lesson stages	Are the lesson steps presented in a logical sequence?
Student activation	Does the lesson plan include elements that require active student engagement?

In each category, ratings were assigned using a five-point Likert-type scale. The definitions of the individual rating levels are presented in Table 3.

Table 3. Definition of the rating scale used in the evaluation of the generated lesson scenarios.

Ranking	Description
1 - very poor	The model did not recognize key elements, produced random or irrelevant content, and showed no meaningful connection to the scenario.
2 - poor	The model captured a few relevant points but missed or misinterpreted important elements; the response was vague or partially inaccurate.
3 - fair	The model correctly identified the main aspects, but the response lacked depth, detail, or full alignment with the scenario.
4 - good	The model recognized most key points, considered the context well, and provided a logically structured and coherent response.
5 - very good	The model delivered an accurate, in-depth response that was strongly adapted to the scenario and incorporated subtle elements effectively.

For the purposes of this study, the authors assume that an overall mean score of 3 or higher for a model's responses indicates its potential for use in supporting and delivering

individualized tutoring. We assume that if a model can generate a personalized lesson plan, it is also potentially capable of conducting such a lesson.

A statistical analysis of the results was carried out to verify the research hypothesis. First, the mean score for each language model across all categories was equal to or greater than three, which allows us to consider the models promising for further investigation. Second, if significant differences are found between the tested language models in any category (see Table 2). To assess this, we employed the nonparametric Friedman test, which is appropriate for repeated measures across multiple categories. The use of nonparametric methods was motivated by the small number of observations (10 scenarios per category) and the potential violation of the normality assumption required for classical ANOVA.

For categories in which statistically significant differences were detected, we additionally conducted post-hoc pairwise Wilcoxon tests with Holm–Bonferroni correction for multiple comparisons. The threshold for statistical significance was set at $\alpha = 0.05$.

3. Results

The results of the models' average performance across all evaluated categories are presented in Figure 1 together with standard deviation for indication of the scores' variability.

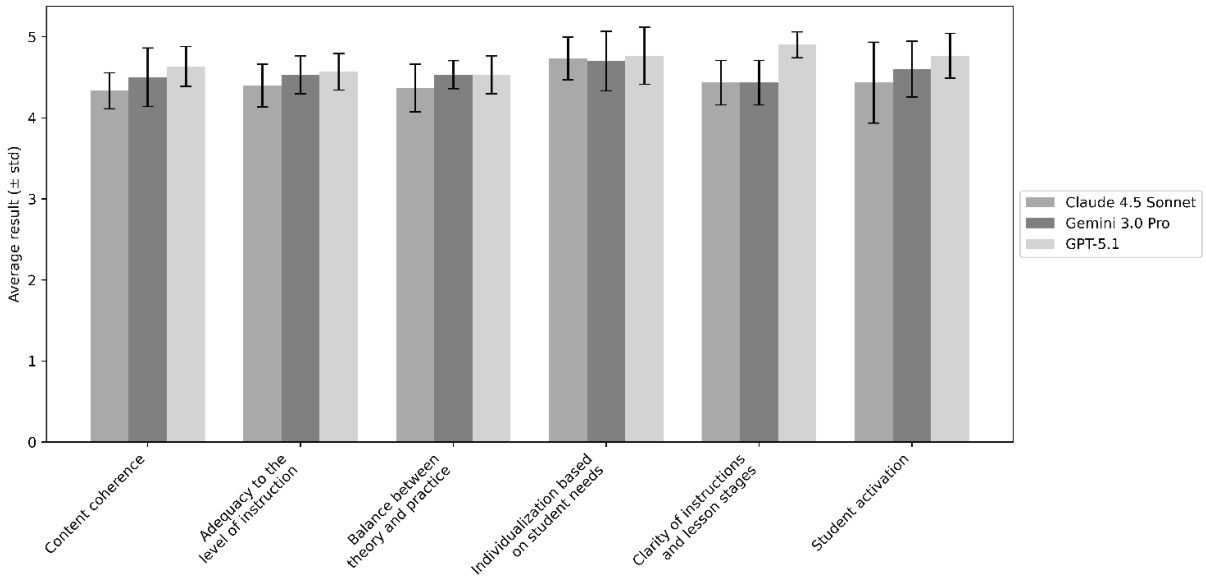


Figure 1. Average scores and standard deviations for all models in all six categories.

The obtained results indicate only minor differences between the models: the scores in most categories are similar and generally fall between 4 and 5. Only the category "Clarity of instructions and lesson stages" shows a noticeably better score for the GPT-5.1 model. Looking at the averages alone, GPT-5.1 appears to perform best, achieving higher mean scores in five

out of six categories, while Claude 4.5 Sonnet performs worst, with the lowest averages in four out of six categories. However, to determine whether the variability between models and categories is statistically significant, we applied the Friedman test. This statistical test was used to check whether the observed differences between the models are meaningful or whether they could simply be the result of random variation in the evaluations. The results of this test are presented in Table 4.

Table 4. Results of the Friedman test for significance level at $\alpha = 0.05$. Statistically important results are bolded.

Category	$\chi 2$ (df=2)	p
Content coherence	3.630	0.163
Adequacy to the level of instruction	3.391	0.183
Balance between theory and practice	1.188	0.552
Individualization based on student needs	0.783	0.676
Clarity of instructions and lesson stages	12.800	**0.002**
Student activation	5.793	0.055

According to the Friedman test, statistically significant differences were found only in the category “Clarity of instructions and lesson stages”. In simple terms, a low p-value (lower than 0.05 in our study) suggests that the difference between models is unlikely to be accidental and may reflect a real difference in their performance. The category “Student activation” also approached the threshold of statistical significance. For the categories and models in which statistically significant differences occurred, we conducted post-hoc pairwise Wilcoxon tests with Bonferroni correction to identify which model pairs differ significantly. This additional step allowed us to check exactly which models differ from each other in the category where a meaningful difference was detected. The Bonferroni correction was used to reduce the risk of false positive results when comparing multiple models. The results of this analysis are presented in Table 5.

Table 5. Post-hoc pairwise comparisons between models in categories with significant group-level differences (Wilcoxon tests with Holm-Bonferroni correction). Statistically important results are bolded**.**

Category	Model comparison	p Bonferroni
Clarity of instructions and lesson stages	GPT-5.1 vs Gemini 3.0 Pro	**0.047**
	GPT-5.1 vs Claude 4.5 Sonnet	**0.047**
	Gemini 3.0 Pro vs Claude 4.5 Sonnet	1.000

4. Discussion

The examined language models performed at a similarly high level, exceeding the authors' expectations set at the threshold score of 3, thereby proving to be a promising set of tools for generating individualized lesson scenarios and supporting instruction for students. Regarding similarities between the models, statistically significant differences were found in only one category "Clarity of instructions and lesson stages" in which GPT-5.1 achieved the best results. However, this difference may have limited practical implications given that all models reached satisfactory scores.

Future studies should naturally introduce several improvements relative to the present work. First, because the scenario evaluations were conducted by the authors themselves, the research sample is relatively small (10 scenarios generated by each of the three examined language models), and evaluator bias may have occurred. To improve this situation, subsequent studies could involve a larger group of experienced physics teachers. Increasing and diversifying the pool of evaluators would allow for more generalizable and reliable results.

Another limitation worth noting is the use of clearly defined and well-structured student profiles, which in practice may be difficult to determine. A potential solution to this issue could involve the tutoring system powered by language models conducting preliminary conversations with students and automatically inferring their profiles based on these interactions.

5. Conclusions

This study focuses on the potential of large language models to generate and conduct individualized physics lessons for high-school and university students. To this end, a dataset was created that captures a student's characteristics, educational level, and the physics topic to be covered. Using three different state-of-the-art language models, lesson plans were generated from this dataset and subsequently evaluated by the authors across three categories. Statistical analysis showed that all three models demonstrated good or very good ability to create

personalized lesson plans, and additionally, that GPT-5.1 outperformed the others in the category “Clarity of instructions and lesson stages.”

Future research could explore a system based on large language models that conducts lessons with students, gathers information about their characteristics through preliminary conversations, and then runs the lesson based on background-generated lesson scenarios, followed by an evaluation of the system’s instructional effectiveness. Another promising research direction involves the use of agent-based structures (Sypherd & Belle, 2024), in which the large language model conducting the lesson could be continuously monitored and corrected by a supervisory agent, potentially improving tutoring quality and helping students achieve better learning outcomes.

6. References

Alarbi, K., Halaweh, M., Tairab, H., Alsalhi, N. R., Annamalai, N., & Aldarmaki, F. (2024). Making a revolution in physics learning in high schools with ChatGPT: A case study in UAE. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20(9), em2499.

Anil, R., Borgeaud, S., Alayrac, J. -B., et al. (Gemini Team, Google DeepMind). (2023). Gemini: A family of highly capable multimodal models. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805

Anthropic. (2025). Introducing Claude Sonnet 4.5. Retrieved from: https://www.anthropic.com/news/claude-sonnet-4-5 (04.12.2025).

Bitzenbauer, P. (2023). ChatGPT in physics education: A pilot study on easy-to-implement activities. Contemporary Educational Technology, 15(3), ep430.

Ding, L., Li, T., Jiang, S., & Gapud, A. (2023). Students’ perceptions of using ChatGPT in a physics class as a virtual tutor. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20(1), 63.

Dong, Bingyu & Bai, Jie & Xu, Tao & Zhou, Yun. (2024). Large Language Models in Education: A Systematic Review. 131-134. 10.1109/CSTE62025.2024.00031.

Guerrero-Zambrano, M., Sanchez-Alvarado, L., Valarezo-Chamba, B., & Lamilla-Rubio, E. (2025). Transforming Physics Teacher Training Through ChatGPT: A Study on Usability and Impact. Education Sciences, 15(7), 887.

Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and individual differences, 103, 102274.

Liang, Y., Zou, D., Xie, H. et al. Exploring the potential of using ChatGPT in physics education. Smart Learn. Environ. 10, 52 (2023). https://doi.org/10.1186/s40561-023-00273-7

MacIsaac, D. (2023). Chatbots attempt physics homework—ChatGPT: chat generative pre-trained transformer. The Physics Teacher, 61(4), 318-318.

Marvin, G., Hellen, N., Jjingo, D., & Nakatumba-Nabende, J. (2023, June). Prompt engineering in large language models. In International conference on data intelligence and cognitive informatics (pp. 387-402). Singapore: Springer Nature Singapore.

OpenAI. (2025, November 12). GPT-5.1 Instant and GPT-5.1 Thinking System Card Addendum . Retrieved from: https://openai.com/pl-PL/index/gpt-5-system-card-addendum-gpt-5-1/ (04.12.2025).

Sypherd, C., & Belle, V. (2024). Practical considerations for agentic LLM systems. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.04093.

Tong, Dazhen & Pan, Sudong & Tao, Yang & Zhang, Kangkang & Dong, Xinxin & Hu, Yangyang & Liu, Qiaoyi. (2023). Investigating ChatGPT-4's performance in solving physics problems and its potential implications for education. Asia Pacific Education Review. 25. 1-11. 10.1007/s12564-023-09913-6.

Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., ... & Zhou, D. (2022). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. Advances in neural information processing systems, 35, 24824-24837.

7. APPENDIX A

PROMPT:

You are an expert in tutoring physics at both high-school and university levels. Taking into account the individual characteristics of a given student, create a lesson plan that will help them understand the selected topic as effectively as possible. Below you will find the necessary data enclosed in ```:

```
Level of study:
{level of study}
Student profile:
{student profile}
Lesson topic to cover:
{lesson's topic}
```

Do not include any formulas in the answer. Try to justify every point of the lesson based on student's profil

Molecular diagnostics of *Campylobacter* in urban and domestic pigeons (*Columba livia*)

Szymon Mazgaj [1,2,3], Julia Dwojak [1], Emilia Klimczak [1], Seweryn Gajda [1], Paulina Roszkowska [4], Iwona Wojciechowska-Koszko [4], Ewa Ostrycharz-Jasek [1], Andrzej Dybus [5], Beata Hukowska-Szematowicz [1,3]

[1] Institute of Biology, Laboratory of Infectious Biology, Molecular Biology and Immunology University of Szczecin, st. Z. Felczaka 3c, 71-412 Szczecin, Poland; email: juliadwojak@wp.pl, klimczak-emilia@wp.pl, seweryngajda@o2.pl, ewa.ostrycharz-jasek@usz.edu.pl, ORCID: 0000-0003-3378-1467, beata.hukowska-szematowicz@usz.edu.pl, ORCID: 0000-0002-2776-2799

[2] Molecular Biology and Biotechnology Center, University of Szczecin, st. Wąska 13, 71-412 Szczecin, Poland

[3] Doctoral School, University of Szczecin, st. A. Mickiewicz 16, 71-412 Szczecin, Poland;

[4] Department of Diagnostic Immunology, Pomeranian Medical University, St. Powstańców Wielkopolskich 72, 70-111 Szczecin, Poland; email: paulina.roszkowska@pum.edu.pl; ORCID: 0000-0002-2538-3808, iwona.wojciechowska.koszko@pum.edu.pl; ORCID: 0000-0003-4887-4113

[5] Department of Genetics, West Pomeranian University of Technology, St. Aleja Piastów 45, 70-311 Szczecin, Poland; email: andrzej.dybus@zut.edu.pl; ORCID: 0000-0002-1116-6933

Abstract: Bacteria of the *Campylobacter* genus are widespread in warm-blooded animals, including poultry, which constitute the main reservoir of infections in humans. The most frequently isolated pathogenic species are *C. jejuni* and *C. coli*. Due to the frequent occurrence of pigeons (*Columba livia*) in urbanized and rural environments, these birds may be a significant source of zoonotic transmission, especially *C. jejuni*, which poses a potential threat to public health. Human infection can occur via the oral or aerogenous route; it is important to determine the scale of *Campylobacter* occurrence in these birds. The aim of the study was to develop and evaluate the effectiveness of a two-stage molecular test for the detection of *Campylobacter jejuni* in pigeon feces, using conventional PCR followed by real-time PCR to verify the results. A total of 160 pigeon feces samples were collected from two locations: a city park in Szczecin (n = 88) and a rural dovecote in the West Pomeranian Voivodeship (n = 72), collected from April to December 2023. After DNA isolation, conventional PCR targeting the *hipO* gene, specific for *C. jejuni*, was performed. PCR products were visualized by electrophoresis. Positive results were verified by real-time PCR. Conventional PCR yielded 10 positive results (7.6%): 5/75 samples from the park (6.7%) and 5/56 from the dovecote (8.9%). Real-time PCR confirmed 8 of these, indicating an actual *C. jejuni* prevalence of 6.1%. Bacterial detection was limited to fresh samples, primarily from the summer and autumn months. The two-step molecular test proved effective for detecting *C. jejuni* in pigeon fecal samples. Real-time PCR eliminates false positives and provides faster, more sensitive, and quantitative analysis.

Keywords: *Campylobacter jejuni*, *Columba Livia*, pigeon, campylobacteriosis, real-time PC

1. Introduction

Campylobacter bacteria are aerobic and microaerophilic, helical, and twisted Gram-negative bacteria (Bergey, 1994). They are rods measuring 0.5-5 μm in length and 0.2-0.9 μm in width, which are motile but do not form spores. Their distinctive spiral shape is an important feature for microscopic identification. The optimal growth temperature for these bacteria is 42°C, classifying them as thermophiles. Additionally, the genus *Campylobacter* is microaerophilic, meaning it requires lower oxygen levels in its environment (Fischer et al., 2025; Szewczyk, 2019). It should be noted that 16 species of this genus are pathogenic to humans, causing diarrhea and gastroenteritis, as well as serious septic infections that can lead to campylobacteriosis. This condition presents with symptoms such as diarrhea (often with

blood), abdominal and muscle pain, elevated temperature, and general weakness (Szewczyk, 2019). Additionally, this bacterium can cause more serious diseases like hepatitis, pancreatitis, and Guillain-Barré syndrome (Szewczyk, 2019). Treating campylobacteriosis usually does not require antibiotics, as gastroenteritis is generally self-limiting, but antibiotics are used in cases of bacteremia or prolonged symptoms. This presents a challenge because of the increasing antibiotic resistance of *Campylobacter* strains isolated from humans, animals, and the environment (Chukwu et al., 2019).

The most commonly isolated species is *Campylobacter jejuni*, responsible for nearly 75% of all detected infections (Bruś-Chojnicka et al., 2011). Since 2018, the incidence of campylobacteriosis in Poland has declined, but the actual number of infections is likely underestimated due to the lack of routine diagnostics. Only a few counties in Poland routinely test for *Campylobacter* in cases of diarrhea. In most facilities, testing is only done when the patient is hospitalized (Gordat et al., 2022; Nowacka et al., 2025). *Campylobacter* infection spreads via the fecal-oral route, mainly through contaminated raw poultry, unpasteurized milk, or water (Chukwu et al., 2019; Szewczyk, 2019). Because *Campylobacter* bacteria are widespread among most warm-blooded animals, especially farm animals such as poultry, cattle, pigs, and sheep, as well as pets like cats and dogs (WHO, 2020), campylobacteriosis is classified as a zoonosis, meaning an animal-borne disease. Poultry is the primary reservoir for human infection, accounting for 50-80% of cases, followed by cattle with 20-30% (Ahmed & Gulhan, 2022). Unlike humans, poultry often carry *Campylobacter* without showing symptoms (Gliński & Żmuda, 2023; Mencía-Gutiérrez et al., 2021), whereas in cattle, *Campylobacter* infection can cause enteritis, mastitis, miscarriages, and infertility (Mendonça et al., 2015).

Previous studies have primarily focused on the occurrence of *Campylobacter* in poultry, which is understandable given the abundance and epidemiological importance of poultry as reservoirs of this pathogen. However, the role of pigeons in the spread of this disease cannot be overlooked, given their widespread presence. They are commonly found in both highly urbanised and rural areas. In addition, they can easily transmit *Campylobacter* over long distances. Meta-analyses indicate that the highest prevalence in pigeons was recorded for *Campylobacter* (24%), *Escherichia coli* (18%), *Salmonella* (17%), and *Chlamydia psittaci* (17%). All of these pathogens are of significant public health importance (Mia et al., 2022). This issue remains underrepresented in the scientific literature, as evidenced by a review of available publication databases using the keywords "*Campylobacter*" and "pigeons". Over the past decade, a PubMed search with the keywords "*Campylobacter*" and "poultry" resulted in 1,809 publications, of which only 23 were specifically related to pigeons (Fig. 1).

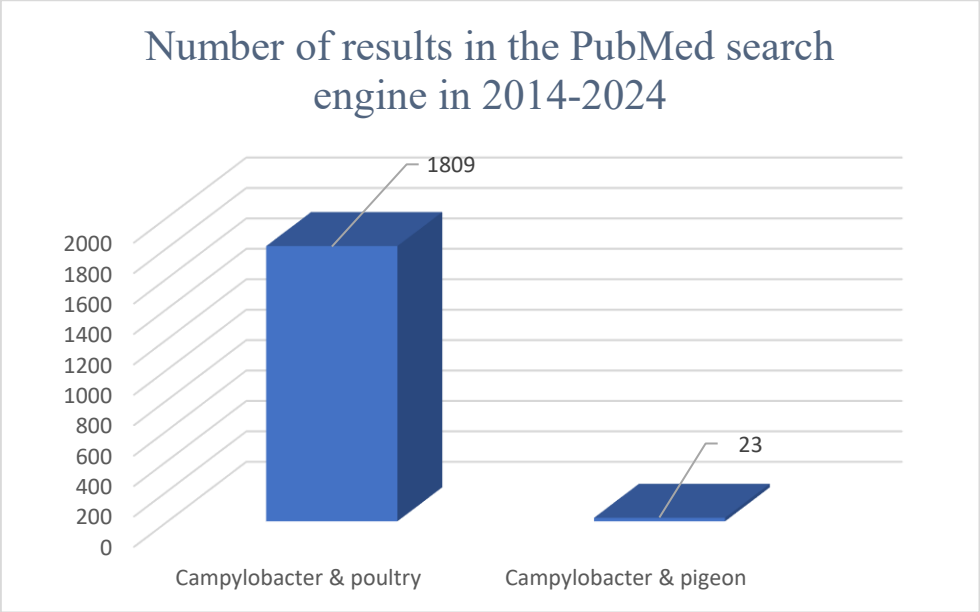


Figure 1. Number of PubMed search results for keywords related to the occurrence of *Campylobacter* in poultry and pigeons in 2014–2024.

Table 1 shows selected studies on the presence of *Campylobacter* in pigeons. Most studies were done in cities, mainly collecting fresh feces and cloacal swabs. Some studies rely only on cultures, while most also use molecular methods. For molecular identification, studies usually use specific genetic markers: the *mapA* and *HipO* genes for *C. jejuni*, the *ceuE* and *glyA* genes for *C. coli*, and the *23S rRNA* gene for the *Campylobacter* genus. The highest percentage of positive *C. jejuni* samples was observed in Lithuania (up to 30%) (Ramonaitė et al., 2015), whereas the lowest percentage was recorded in Spain, where only a few samples tested positive (Perez-Sancho et al., 2020). In Poland, studies from 10 years ago showed that *C. jejuni* infection was present in 15% of the studied population (Dudzic et al., 2016). The situation is completely different in the poultry industry (Table 1). Although the molecular targets and diagnostic methods used to detect *Campylobacter* remain largely the same, sampling sites are primarily concentrated in slaughterhouses and poultry markets. Additionally, unlike the previously discussed studies involving pigeon feces and cloacal swabs, industrial analyses are mainly based on samples or swabs taken from processed meat. It is important to note that the percentage of samples positive for *C. jejuni* is significantly higher in this case than in pigeons: in Poland (58.75%) (Wysok et al., 2020), and in South Korea (36.66%) (Chon et al., 2018).

Table 1. Overview of studies on the prevalence of Campylobacter and other pathogens in pigeons (Columba livia) and the poultry industry in different countries.

***Campylobacter* and other pathogens in pigeons (*Columba Livia*) in different countries.**

Country	Nnumber of samples	Place of collecting	Research material	Molecular target	Method	Results	Bibliography
Egypt	300 (100 subjets)	Live poultry markets	Intestinal content, liver, skin	*Campylobacter spp.: 23S rRNA* gene *C. jejuni: HipO* gene *C. coli: glyA* gene	Cultured Multiplesk PCR	*Campylobacter spp.*: 39/300 samples (13%) *C. jejuni*: 16/300 samples (5,33%) *C. coli*: 23/300 samples (7,7%)	Sayed et al., 2023
Poland	80	Slaughterhouses	Skin smear	*Campylobacter spp.: 16S rRNA* gene *C. jejuni: mapA* gene *C. coli: ceuE* gene	Cultured, PCR	*Campylobacter spp.*: 50/80 samples (62,5%) *C. jejuni*: 47/50 samples (94%) *C. coli*: 3/50 samples (6%)	Wysok et al., 2020
Estonia	429	Food retail outlets	Company packaged fresh meat	-------	Cultured, sequencing, genotyping	*Campylobacter spp.*: 141/429 samples (32,9%)	Tedersoo et al., 2022
Brazil	108	Slaughterhouses	Cloacal, carcasses and transport box smear	Comercial kit	Cultured, real-time PCR	Conventional microbiology: *Campylobacter spp.*: 75/108 samples (69.4%) qPCR: *Campylobacter spp.*: 47/108 samples (43.5%)	Borges et al., 2020
South Korea	240	Slaughterhouses	Carcass	Comercial kit	Cultured,multiplex PCR Rep-PCR	*Campylobacter spp.*:131/240 samples (54,5%) *C. jejuni*: 88/131 samples (67,18%) *C. coli*: 43/131 samples (32,82%)	Chon et al., 2018

***Campylobacter* in poultry industry in different countries**

Country	Nnumber of samples	Place of collecting	Research material	Molecular target	Method	Results	Bibliography
Poland	108 from domestic pigeons 72 from free-roaming pigeons Total: 180	Urban area Rural area	Cloacal smaer,feces	*C. jejuni: 16SrRNA* gene, *mapA* gene *C. coli: 16SrRNA* gene, *ceuE* gene	Cultured MALDI-TOF, multiplex PCR	*Campylobacter spp.* 35/180 samples (19,4%) *C. jejuni* 27/180 samples (15%) *C. coli* 8/180 samples (4,4%)	Dudzic et al., 2016
Lithuania	240	Urban area	Fresh feces	*Campylobacter spp.: 23S rRNA* gene *C. jejuni: HipO* gene *C. coli: glyA* gene	Cultured Multiplex PCR, PCR-RFLP	*Campylobacter spp.* 72/240 samples (30%) *C. jejuni* 72/72 samples (100%) *C. coli* 3/72 samples (4,2%)	Ramonaitė et al., 2015
Spain	1372	Urban area	Samples from the intestines, liver Cloacal and tracheal smear	*Campylobacter spp.: 23S rRNA* gene	Cultured, PCR	*Campylobacter spp.* (6.57%), *Salmonella spp.* (4,41%) *C. psittaci* (2,56%) *C. jejuni* and *C. coli* present	Perez-Sancho et al., 2020
Egypt	300 (100 subjets)	Live poultry markets	Intestinal content, liver and skin	*Campylobacter spp.: 23S rRNA* gene *C. jejuni: HipO* gene *C. coli: glyA* gene	Cultured Multiplesk PCR	*Campylobacter spp* 52/300 samples (17,3%) *C. jejuni* 28/300 samples (9,33%) *C. coli* 23/300 samples (7,7%)	Sayed et al., 2023
Canada	187	Urban area	Cloacal and oropharyngeal smear	----------	Cultured	*C. jejuni* 17 samples (9,1%)	Gabriele-Rivet et al., 2016
South Korea	144	Urban area	Fresh feces	*V4 16SrRNA* gene	Sequencing and amplification	*Campylobacter spp.* 19 samples (13,19%) *Listeriaceae* 7 samples (4,86%) *Chlamydia spp* 3 smaples (2,08%)	Oh et al., 2023

The final issue to be discussed is the choice of method for detecting *C. jejuni*. Classic microbiological methods based on culture and molecular methods based on the detection of specific genes are available. In both approaches, the ability of *C. jejuni* to hydrolyse hippuric acid via the hippuric acid hydrolase (*hipO* gene) is key. The *hipO* gene is a recognised specific marker used to identify *C. jejuni* (Jurinović et al., 2023; Ramonaitė et al., 2015; Sayed et al., 2023). Although a common biochemical test (differentiating *C. jejuni* from other non-hydrolysing *Campylobacter* species) relies on the activity of the hippuran hydrolase encoded by this gene, this method is error-prone. Transcription disorders of the *hipO* gene occurring in some *C. jejuni* strains can lead to false-negative hydrolysis reaction results. This indicates the inadequacy of traditional culture and biochemical methods and the need to verify the diagnosis using molecular biology techniques, such as amplification of the *hipO* sequence (Sayed et al., 2023). Considering the data presented, there is a justified need to develop a diagnostic test that would be specific, rapid, and sensitive, thereby enabling effective detection of *C. jejuni* in animals.

2. Aim

The aim of the study was to develop and evaluate the effectiveness of a two-stage molecular test for detecting Campylobacter jejuni in pigeon feces. The first stage involved designing a PCR test and performing electrophoretic separation of the amplified products. The second stage involved developing a real-time PCR-based test to verify positive PCR results.

3. Materials and methods

The research material included pigeon feces samples collected monthly from April to December 2023. A total of 160 samples, both fresh and dried, were gathered from two locations in the West Pomeranian Voivodeship: a rural pigeon cote (n=72) and a city park in Szczecin (n=88). The feces were collected in sterile containers and stored at -28°C. The experimental workflow included DNA isolation, PCR, electrophoresis, and real-time PCR.

DNA was isolated using the GeneMATRIX Stool DNA Purification Kit (Gdańsk, Poland). The next step involved measuring the concentration and purity (260/280 ratio) of the DNA with a NanoDrop 2000c/2000 UV-Vis Spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, USA) to determine if the isolates were suitable for further analysis. Samples with a DNA concentration above 10 ng/µl were selected, resulting in 131 samples being chosen for PCR testing.

PCR. The primers used for the PCR test were selected based on a review of the literature. The *hipO* gene (hippurate hydrolase) served as the molecular target for detecting *C. jejuni* (Ugarte-Ruiz et al., 2012). The primers amplify a 130-bp product. The sequences of the primers used in the study are: JEJ1-F: 5' CTCCTATGCTTACAACTGCTG 3' (21 nucleotides); JEJ1-R: 5' GGTGGTCATGGAAGTGCT 3' (18 nucleotides). The reagents and the temperature-time profile for the reaction were determined empirically. The PCR reaction mixture (per sample, volume 15.0 µl) consisted of: 10X Pol Buffer C (Euryx, Gdańsk, Poland) – 1.5 µl, dNTP Mix 2mM (Fermentas, Germany) – 0.3 µl, JEJ1-F primer (Genomed, Warsaw, Poland) – 0.2 µl, JEJ1-R primer (Genomed, Warsaw, Poland) – 0.2 µl, RUN polymerase 1000U, 1U/1µl (A&A Biotechnology, Gdańsk, Poland) – 0.35 µl, ultrapure water 9.45 µl. After preparing the reaction mixture in a 2.0 ml Eppendorf tube for the specified number of samples, it was divided into 0.2 ml tubes for PCR reactions. To each tube, 12.0 µl of the reaction mixture and 3.0 µl of DNA were added. The positive control consisted of DNA from *C. jejuni* strain ATCC 33560 and DNA from *C. jejuni* isolated from poultry. PCR reactions were carried out using a Mastercycler Pro thermocycler (Eppendorf, Germany) following this temperature-time profile: initial denaturation at 94°C for 5 minutes, one cycle; denaturation at 94°C for 25 seconds; primer annealing at 56°C for 45 seconds; elongation at 72°C for 30 seconds, repeated for 50 cycles; and final elongation at 72°C for 5 minutes, one cycle.

Electrophoresis. PCR products were visualized by running a 2% agarose gel (Basica LE, Prona, Spain) at 80 V for 45 minutes using an electrophoresis system (Bio-Rad, Germany). The DNA marker pUC/MspI (A&A Biotechnology, Gdańsk, Poland), covering 26 to 501 bp, served as a molecular size standard. Results were visualized and documented with a UV visualization system (Vilber Lourmat, France). PCR products measuring 130 bp were considered positive for *C. jejuni*.

Real-time PCR. The final step was to verify the positive PCR results using real-time PCR with melting curve analysis. The reaction was carried out using a protocol from Solid Biodyne (Tartu, Estonia) that included a ready-to-use mix: HOT FIREPol® EvaGreen® qPCR Supermix. The reaction mixture (per sample, 10.0 µl total volume) consisted of: 2 µl of HOT FIREPol® EvaGreen® qPCR Supermix, 0.2 µl of JEJ1-F primer (Genomed, Warsaw, Poland), 0.2 µl of JEJ1-R primer (Genomed, Warsaw, Poland), and 6.6 µl of ultrapure water. After preparing the reaction mixture in a 2.0 ml Eppendorf tube for the specified number of samples, it was dispensed into wells of a 96-well plate designed for real-time PCR. Each well received 9.0 µl of the mixture and 1.0 µl of DNA. Amplification was performed using the Quant Studio 5 Real-Time PCR system (Applied Biosystems, USA) with the following temperature-time

profile: pre-activation at 95°C for 12 minutes, followed by 40 cycles of denaturation at 95°C for 15 seconds, primer annealing at 60°C for 30 seconds, and elongation at 72°C for 30 seconds.

4. Results

As mentioned in the previous chapter, out of the total number of collected samples (160), only 131 samples (75 from the city park and 56 from the pigeon cote) met the criteria for further analysis. In conventional PCR, 10 positive results (7.6%) were obtained: 5 out of 75 samples from the park (6.7%) and 5 out of 56 samples from the pigeon cote (8.9%). The presence of a 130 bp product (Fig. 2) indicated a positive PCR result.

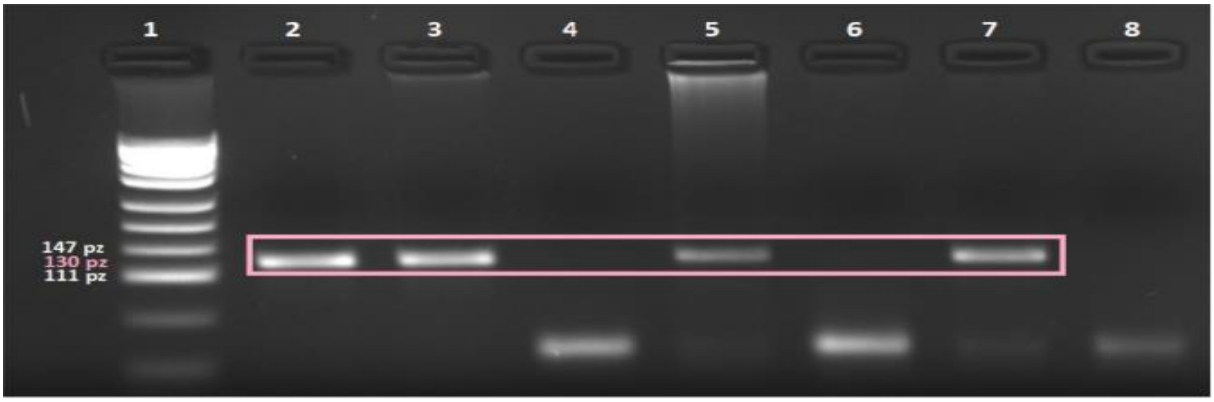


Figure 2. Representative electrophoretic separation of PCR products (130 bp) obtained with JEJ1-F and JEJ1-R primers specific for C. jejuni. Key: lane 1 – M1 – DNA marker (26 to 501 bp); lanes 2 and 3 – positive control (+); lanes 4, 6, 8 – negative control (-); lanes 5 and 7 – positive PCR test result for C. jejuni.

In the next stage of the study, the PCR results were verified using the developed real-time PCR. A positive result in this test was indicated by an exponential increase in fluorescence (Fig. 3). The specificity of the amplified products was assessed based on melting curve analysis (Fig. 4). Using the developed real-time PCR test, 8 samples were confirmed— including 3+/5 from the park and 5+/5 from the pigeon loft— which indicates the actual prevalence of *C. jejuni* at 6.1% (Fig. 5). The detection of bacteria concerned only fresh samples, mainly from the summer and autumn months.

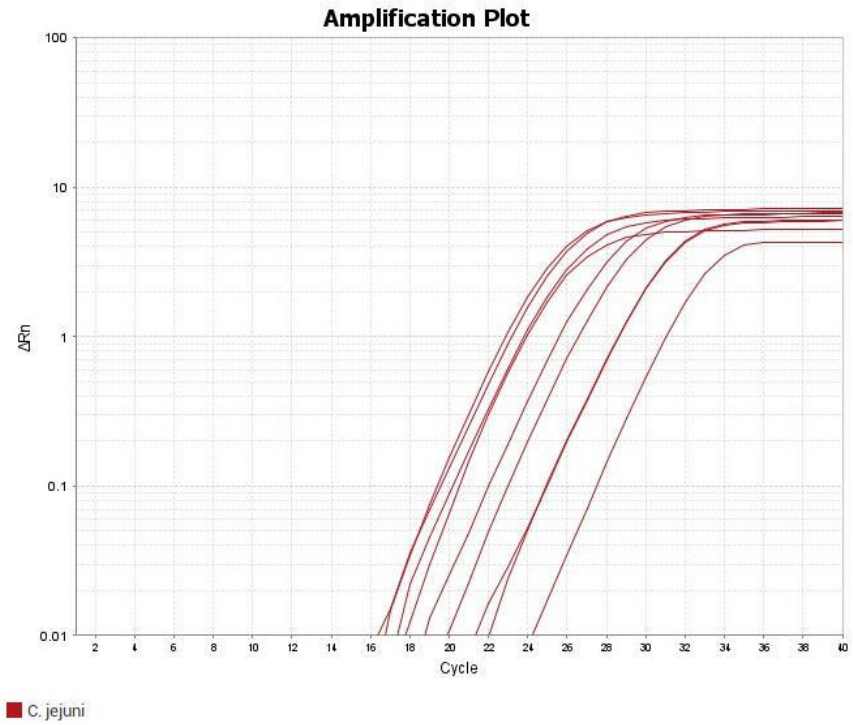


Figure 3. Representative amplification curves obtained for a sample positive for *C. jejuni* in the real-time PCR test.

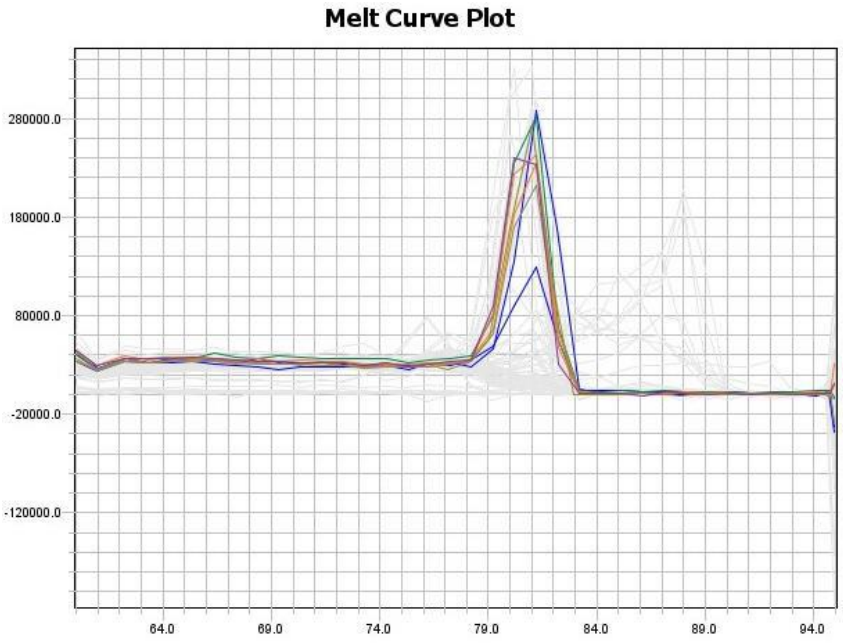
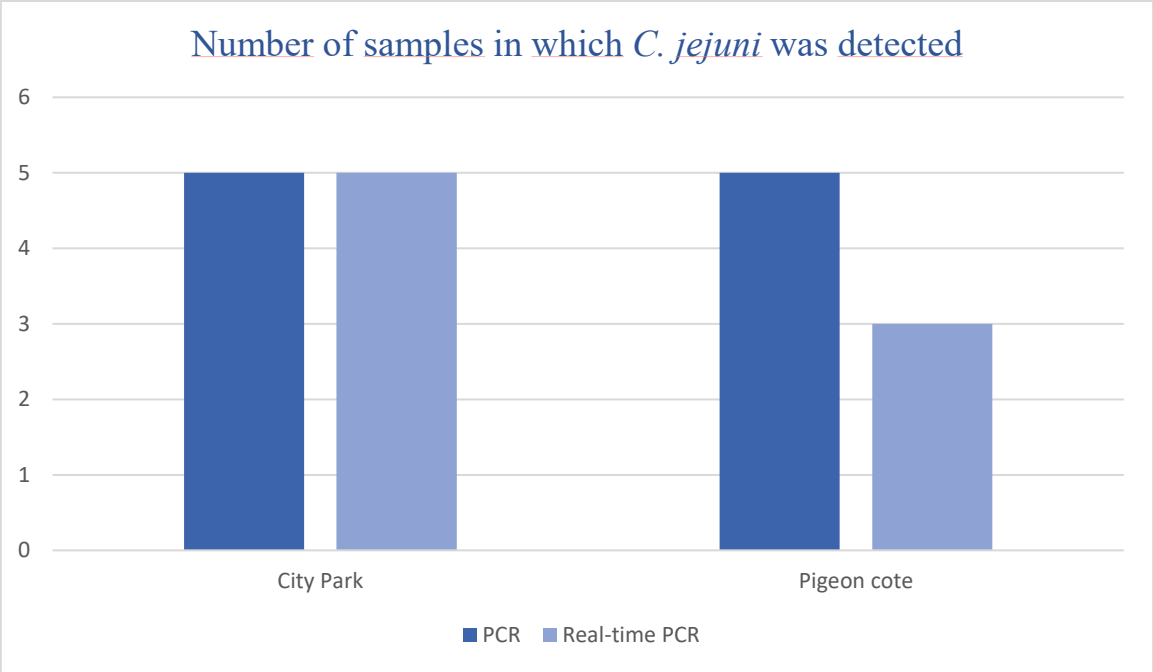


Figure 4. Representative melting curves obtained for a sample of positive for *C. jejuni* in the real-time PCR test.



Figue 5. Summary of PCR and real-time PCR test results for the molecular detection of *C. jejuni* in pigeon fecal samples collected from a city park and a pigeon cote.

5. Discussion

Because they are common in human environments, pigeons might contribute to the spread of zoonotic diseases. People can become infected by inhaling contaminated dust or eating improperly prepared or stored pigeon meat. A 2022 meta-analysis, which looked at the presence of zoonotic pathogens in pigeons from 2000 to 2021, found that among bacterial pathogens, *Campylobacter* had the highest rate of occurrence at 24%. Additionally, in Poland, the prevalence of zoonotic pathogens linked to pigeons was estimated at 15% (Mia et al., 2022). These results are similar to the prevalence of *C. jejuni* in pigeons reported in the studies above (Table 1). However, this rate is much lower than that found in poultry. Moreover, pigeon meat is eaten less often in Poland compared to chicken or turkey meat.

The conducted research supports the use of a double molecular test for the detection of *Campylobacter jejuni*. Performing real-time PCR allows rejection of false-positive results obtained with conventional PCR. The advantage of molecular tests over classical microbiological methods is not only their speed and ease of use, but also their high sensitivity and specificity (Renvoisé et al., 2013). A drawback of the C. jejuni differentiation test based on hippuric acid hydrolysis is that some strains may produce false-negative results. Although most C. jejuni strains exhibit hippuricase activity, certain strains may lack this enzyme and are therefore unable to hydrolyse hippuric acid, resulting in a negative biochemical test. (Sayed et

al., 2023). In addition, standard cultivation of *C. jejuni* takes 72 hours and requires special media such as blood agar and strictly controlled conditions (3-15% O2 and 3-5% CO2, 42°C) (Szewczyk, 2019). The results of molecular tests can be obtained on the same day or the following day. However, these methods have their drawbacks. Pigeon droppings are difficult to work with because they contain PCR inhibitors. Among all inhibitors, the most significant are plant metabolites, uric acid, bile salts, and nucleases (Eriksson et al., 2017; Khanuja et al., 1999). To reduce the impact of these substances on the PCR process, a smaller sample size can be used for DNA isolation, and a higher dilution of the isolate can be applied. An equally important factor appears to be the collection of fresh feces rather than dried feces. *C. jejuni* is highly sensitive to UVA (Kido et al., 2024) and UVB (Obiri-Danso et al., 2001) radiation, and DNA is further degraded by ultraviolet radiation (Ikehata & Ono, 2011). That's why feces exposed to prolonged sunlight may not give positive results for *C. jejuni*, reducing bacterial detection in samples. It's likely that the percentage of infected pigeons would be higher if fresh feces or cloacal swabs were used.

Despite limitations, the two-step molecular test (PCR and real-time PCR) effectively identifies *C. jejuni* in pigeon fecal samples. Real-time PCR eliminates false positive results and offers faster, more sensitive, and quantitative analysis. The detection of *C. jejuni* in pigeon fecal samples indicates that pigeons may constitute a potential reservoir of this bacterium in the environment; however, further studies are required to assess their role in zoonotic transmission. Due to the presence of inhibitors in fecal samples, further optimisation of DNA purification procedures is recommended to completely eliminate factors that interfere with the reliability of the molecular test. The limited number of studies about the occurrence of *Campylobacter* in pigeons highlights the need for additional research on this topic.

6. Acknowledgement

Financed by the Minister of Science under the "Regional Excellence Initiative" Program. Agreement No. RID/SP/0045/2024/01.

7. Bibliography

Ahmed, N. A., & Gulhan, T. (2022). Campylobacter in Wild Birds: Is It an Animal and Public Health Concern? *Frontiers in Microbiology*, *12*, 812591. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.812591

Bergey, D. H. (with Bergey's manual trust). (1994). *Bergey's manual of determinative bacteriology* (9th ed). Williams & Wilkins.

Borges, K. A., Cisco, I. C., Furian, T. Q., Tedesco, D. C., Rodrigues, L. B., Do Nascimento, V. P., & Dos Santos, L. R. (2020). Detection and quantification of *Campylobacter* spp. In Brazilian

poultry processing plants. *The Journal of Infection in Developing Countries*, *14*(01), 109–113. https://doi.org/10.3855/jidc.11973

Bruś-Chojnicka, A., Pauli, A., & Początek, B. (2011). Kampylobakterioza—Epidemiologia, Diagnostyka oraz leczenie w świetle najnowszych doniesień. *Nowiny Lekarskie*, *80*(6), 473–476.

Chon, J.-W., Lee, S.-K., Yoon, Y., Yoon, K.-S., Kwak, H.-S., Joo, I.-S., & Seo, K.-H. (2018). Quantitative prevalence and characterization of *Campylobacter* from chicken and duck carcasses from poultry slaughterhouses in South Korea. *Poultry Science*, *97*(8), 2909–2916. https://doi.org/10.3382/ps/pey120

Chukwu, M. O., Abia, A. L. K., Ubomba-Jaswa, E., Obi, L., & Dewar, J. B. (2019). Characterization and Phylogenetic Analysis of *Campylobacter* Species Isolated from Paediatric Stool and Water Samples in the Northwest Province, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(12), 2205. https://doi.org/10.3390/ijerph16122205

Dudzic, A., Urban-Chmiel, R., Stępień-Pyśniak, D., Dec, M., Puchalski, A., & Wernicki, A. (2016). Isolation, identification and antibiotic resistance of *Campylobacter* strains isolated from domestic and free-living pigeons. *British Poultry Science*, *57*(2), 172–178. https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1148262

Eriksson, P., Mourkas, E., González-Acuna, D., Olsen, B., & Ellström, P. (2017). Evaluation and optimization of microbial DNA extraction from fecal samples of wild Antarctic bird species. *Infection Ecology & Epidemiology*, *7*(1), 1386536. https://doi.org/10.1080/20008686.2017.1386536

Fischer, G. H., Hashmi, M. F., & Paterek, E. (2025). *Campylobacter* Infection. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537033/

Gabriele-Rivet, V., Fairbrother, J.-H., Tremblay, D., Harel, J., Côté, N., & Arsenault, J. (2016). Prevalence and risk factors for *Campylobacter spp*., *Salmonella spp*., *Coxiella burnetii*, and Newcastle disease virus in feral pigeons (Columba livia) in public areas of Montreal, Canada. *Canadian Journal of Veterinary Research*, *80*(1), 81–85.

Gliński, Z., & Żmuda, A. (2023). Choroby bakteryjne ptaków łownych. *Życie Weterynaryjne*, *98*(6), 355–365.

Gordat, K., Kosyra, M., & Sadkowska-Todys, M. (2022). Campylobacteriosis in Poland in 2018-2019. *Przeglad Epidemiologiczny*, *75*(4), 656–664. https://doi.org/10.32394/pe.75.61

Ikehata, H., & Ono, T. (2011). The Mechanisms of UV Mutagenesis. *Journal of Radiation Research*, *52*(2), 115–125. https://doi.org/10.1269/jrr.10175

Jurinović, L., Duvnjak, S., Humski, A., Ječmenica, B., Taylor, L. T., Šimpraga, B., Krstulović, F., Zelenika, T. A., & Kompes, G. (2023). Genetic Diversity and Resistome Analysis of *Campylobacter lari* Isolated from Gulls in Croatia. *Antibiotics*, *12*(8), 1310. https://doi.org/10.3390/antibiotics12081310

Khanuja, S. P. S., Shasany, A. K., Darokar, M. P., & Kumar, S. (1999). Rapid Isolation of DNA from Dry and Fresh Samples of Plants Producing Large Amounts of Secondary Metabolites and Essential Oils. *Plant Molecular Biology Reporter*, *17*(1), 74–74. https://doi.org/10.1023/A:1007528101452

Kido, J., Shimohata, T., Aihara, M., Tsunedomi, A., Hatayama, S., Amano, S., Sato, Y., Fukushima, S., Kanda, Y., Tentaku, A., Ishida, K., Iba, H., Harada, Y., Uebanso, T., Mawatari, K., Akutagawa, M., & Takahashi, A. (2024). Reduction of *Campylobacter jejuni* contamination by using UVA-LED and sodium hypochlorite on the surface of chicken meat. *Journal of Microorganism Control*, *29*(2), 91–97. https://doi.org/10.4265/jmc.29.2_91

Mencía-Gutiérrez, A., Martín-Maldonado, B., Pastor-Tiburón, N., Moraleda, V., González, F., García-Peña, F. J., Pérez-Cobo, I., Revuelta, L., & Marín, M. (2021). Prevalence and antimicrobial resistance of *Campylobacter* from wild birds of prey in Spain. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, *79*, 101712. https://doi.org/10.1016/j.cimid.2021.101712

Mendonça, E. P., Melo, R. T. D., Prado, R. R., Monteiro, G. P., Brasão, S. C., Timoteo, M. F., & Rossi, D. A. (2015). Campylobacteriosis: An emerging zoonosis, underdiagnosed and underreported by public health agencies in Brazil. *Bioscience Journal*, *31*(5), 1458–1474. https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-27524

Mia, Md. M., Hasan, M., & Hasnath, M. R. (2022). Global prevalence of zoonotic pathogens from pigeon birds: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, *8*(6), e09732. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09732

Nowacka, Z., Kosyra, M., & Sadkowska-Todys, M. (2025). Campylobacteriosis in Poland in 2020-2022. *Przeglad Epidemiologiczny*. https://doi.org/10.32394/pe/204094

Obiri-Danso, K., Paul, N., & Jones, K. (2001). The effects of UVB and temperature on the survival of natural populations and pure cultures of *Campylobacter jejuni*, *Camp*. *Coli*, *Camp*. *Lari* and urease-positive thermophilic campylobacters (UPTC) in surface waters. *Journal of Applied Microbiology*, *90*(2), 256–267. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01239.x

Oh, S., Park, S. H., Choi, J. H., Kim, S. L., Kim, M., Lee, S., Yi, M., Lee, I.-Y., Yong, T.-S., & Kim, J. Y. (2023). The microbiota in feces of domestic pigeons in Seoul, Korea. *Heliyon*, *9*(4). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14997

Perez-Sancho, M., García-Seco, T., Porrero, C., García, N., Gomez-Barrero, S., Cámara, J. M., Domínguez, L., & Álvarez, J. (2020). A ten-year-surveillance program of zoonotic pathogens in feral pigeons in the City of Madrid (2005–2014): The importance of a systematic pest control. *Research in Veterinary Science*, *128*, 293–298. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.12.006

Ramonaitė, S., Novoslavskij, A., Zakarienė, G., Aksomaitienė, J., & Malakauskas, M. (2015). High Prevalence and Genetic Diversity of *Campylobacter jejuni* in Wild Crows and Pigeons. *Current Microbiology*, *71*(5), 559–565. https://doi.org/10.1007/s00284-015-0881-z

Renvoisé, A., Brossier, F., Sougakoff, W., Jarlier, V., & Aubry, A. (2013). Broad-range PCR: Past, present, or future of bacteriology? *Médecine et Maladies Infectieuses*, *43*(8), 322–330. https://doi.org/10.1016/j.medmal.2013.06.003

Sayed, A. S. M., Ibrahim, A. I., Sobhy, M. M., Elmahallawy, E. K., Alsowayeh, N., Alarjani, K. M., El-khadragy, M. F., & Youseef, A. G. (2023). Circulation of thermophilic *Campylobacter* in pigeons, turkeys, and humans at live bird markets in Egypt. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1150077. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1150077

Szewczyk, E. (Ed.). (2019). *Diagnostyka bakteriologiczna* (Wydanie III). Wydawnictwo Naukowe PWN.

Tedersoo, T., Roasto, M., Mäesaar, M., Kisand, V., Ivanova, M., & Meremäe, K. (2022). The prevalence, counts, and MLST genotypes of *Campylobacter* in poultry meat and genomic comparison with clinical isolates. *Poultry Science*, *101*(4), 101703. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101703

Ugarte-Ruiz, M., Gómez-Barrero, S., Porrero, M. C., Álvarez, J., García, M., Comerón, M. C., Wassenaar, T. M., & Domínguez, L. (2012). Evaluation of four protocols for the detection and isolation of thermophilic *Campylobacter* from different matrices: Protocols for isolation of

Campylobacter. *Journal of Applied Microbiology*, *113*(1), 200–208. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05323.x

WHO. (2020). *Campylobacter*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter

Wysok, B., Wojtacka, J., & Kivistö, R. (2020). Pathogenicity of *Campylobacter* strains of poultry and human origin from Poland. *International Journal of Food Microbiology*, *334*, 108830. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108830

Rozdział III

Sekcja nauk społecznych

Nowoczesne cyfrowe rozwiązania w Krajowej Administracji Skarbowej w kontekście unowocześniania i uszczelniania systemu podatkowego na wybranych przykładach

Jarosław Gorący [1]

[1] Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński, jaroslaw.goracy@phd.usz.edu.pl, https://orcid.org/0009-0009-6650-8046

Streszczenie: Artykuł omawia rozwój cyfrowych narzędzi stosowanych przez Krajowa Administrację Skarbową, koncentrując się na trzech kluczowych rozwiązaniach: Jednolitym Pliku Kontrolnym (JPK), systemie monitorowania przewozu towarów SENT oraz Krajowym Systemie e-Faktur (KSEF). Przedstawiono rolę tych systemów w automatyzacji procesów analitycznych oraz kontrolnych, zwiększaniu przejrzystości rozliczeń podatników oraz ograniczaniu nadużyć podatkowych. Wspomniano także o wybranych inicjatywach i dyrektywach unijnych, które wpisują się w szerszy trend cyfryzacji w krajach Unii Europejskiej. Analiza dostępnych danych oraz literatury wskazuje, że wdrażanie nowoczesnych narzędzi cyfrowych ma wpływ na zwiększenie efektywności kontroli podatkowych oraz stanowi jeden z kluczowych elementów uszczelniania systemu podatkowego.

Słowa kluczowe: JPK, SENT, KSEF, administracja podatkowa, cyfryzacja podatków

Abstract: This article discusses the development of digital tools used by the National Revenue Administration, focusing on three key solutions: the Standard Audit File (JPK), the SENT freight monitoring system, and the National e-Invoice System (KSEF). It outlines the role of these systems in automating analytical and audit processes, increasing the transparency of taxpayer settlements, and reducing tax fraud. It also highlights selected EU initiatives and directives that align with the broader digitalization trend in European Union countries. The analysis of available data and literature indicates that the implementation of modern digital tools has an impact on increasing the effectiveness of tax audits and is one of the key elements of tightening the tax system.

Keywords: JPK, SENT, KSEF, tax administration, tax digitization

1. Wprowadzenie

Postępująca cyfryzacja gospodarki oraz administracji publicznej wpływa również na sposób funkcjonowania administracji podatkowej. Niniejszy artykuł przedstawia rozwój cyfrowych narzędzi w polskiej administracji skarbowej, koncentrując się na Jednolitym Pliku Kontrolnym (JPK), systemie SENT oraz Krajowym Systemie e-Faktur (KSeF).

Analizie poddano ich znaczenie dla uszczelniania systemu podatkowego, zwalczania przestępczości gospodarczej i usprawnienia nadzoru fiskalnego. Oceniono efekty wdrożenia JPK i SENT, a także potencjalne implikacje pełnego uruchomienia KSeF jako centralnego rejestru faktur. Wskazano możliwe kierunki dalszej cyfryzacji oraz wyzwania w zakresie bezpieczeństwa danych i współpracy międzynarodowej.

W niniejszym artykule zastosowano metodę analizy literatury przedmiotu, aktów prawnych oraz dostępnych danych statystycznych dotyczących funkcjonowania narzędzi cyfrowych stosowanych przez Krajową Administrację Skarbową. W szczególności wykorzystano:

- analizę źródeł literaturowych dotyczących cyfryzacji administracji skarbowej,

- analizę aktów prawnych regulujących funkcjonowanie systemów JPK, SENT oraz KSeF,
- analizę ogólnodostępnych danych statystycznych publikowanych przez Ministerstwo Finansów,
- metodę porównawczą w odniesieniu do rozwiązań funkcjonujących w innych państwach Unii Europejskiej.

Zastosowane metody pozwoliły na ocenę znaczenia wybranych narzędzi cyfrowych w procesie uszczelniania systemu podatkowego oraz identyfikację potencjalnych kierunków dalszej cyfryzacji administracji skarbowej.

Celem artykułu jest analiza znaczenia wybranych narzędzi cyfrowych stosowanych przez Krajową Administrację Skarbową – Jednolitego Pliku Kontrolnego (JPK), systemu SENT oraz Krajowego Systemu e-Faktur (KSeF) – w procesie uszczelniania systemu podatkowego w Polsce.

W artykule postawiono następujące pytania badawcze:

- W jaki sposób wdrożenie narzędzi cyfrowych wpłynęło na skuteczność działań kontrolnych administracji skarbowej?
- Czy systemy JPK i SENT przyczyniły się do zwiększenia efektywności identyfikacji nadużyć podatkowych?
- Jakie potencjalne znaczenie dla systemu podatkowego może mieć pełne wdrożenie systemu KSeF?

W artykule przyjęto tezę, że rozwój narzędzi cyfrowych stanowi jeden z kluczowych elementów zwiększania efektywności kontroli podatkowych oraz ograniczania skali nadużyć podatkowych.

Problematyka cyfryzacji administracji podatkowej oraz wykorzystania narzędzi analitycznych w zwalczaniu nadużyć podatkowych jest szeroko opisywana w literaturze ekonomicznej i administracyjnej.

O problemach z ustalaniem wielkości obrotu towarami z poszczególnych grup towarowych w krajach UE (w celu naliczenia VAT czy akcyzy) pisali np. Javorcik, Narciso [2008], Gorący, Markowicz [2024]. Wartym wspomnienia są prace mówiące o konieczności dostosowywania statystyki obrotu wewnątrzwspólnotowego do procedur unijnych po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej (Baran, Markowicz, 2020).

Inni autorzy wskazują, że rozwój technologii informatycznych umożliwia analizę dużych zbiorów danych oraz identyfikację schematów charakterystycznych dla przestępczości podatkowej (Fijałkowska, 2017).

W literaturze podkreśla się również znaczenie narzędzi raportowania elektronicznego, takich jak Jednolity Plik Kontrolny, które umożliwiają administracji podatkowej automatyczną analizę danych księgowych przedsiębiorstw (Ćwiąkała-Małys, Piotrowska, 2017). W dalszych częściach artykułu będą wspominani także inni autorzy, poruszający tę tematykę.

2. Jednolity Plik Kontrolny

Pierwszym elementem głębokiej modernizacji i unowocześniania aparatu podatkowego w Polsce było niewątpliwie wprowadzenie Jednolitego Pliku Kontrolnego 1 lipca 2016 roku. Był to kamień milowy w intensyfikacji działań organów podatkowych w celu ograniczenia luki podatkowej i uszczelnieniu całego systemu podatkowego (Pałys, Daniek, 2018).

Cały system stopniowo się zmieniał przez zastąpienie wyłącznie papierowych deklaracji obowiązkiem wysyłania JPK oraz deklaracji VAT-7 w wersji elektronicznej aż do całkowitej likwidacji obowiązku przesyłania deklaracji VAT-7 i pozostawienie wyłącznie JPK_VAT (Góralska, 2017).

Polski Jednolity Plik Kontrolny to odpowiednik SAF-T, tj. Standard Audit File for Tax, który został opracowany przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju już w 2005 roku. Celem zaproponowania takiego standardu przekazywania danych podatkowych przez podatników do swoich organów podatkowych było uszczelnienie systemów podatkowych oraz poprawa efektywności prowadzonych kontroli przez te organy. Na moment wprowadzania w Polsce JPK system taki obowiązywał już w Portugalii, a także m.in. we Francji, Niemczech, czy Austrii (Ćwiąkała-Małys, Piotrowska, 2017). Dane publikowane od ponad 15 lat przez Komisję Europejską w corocznym raportach „Luka VAT" (GAP VAT Reports) pokazują iż działania te mają wpływ na zmniejszanie luki w podatku VAT – średnio spadła ona z blisko 13% we wszystkich krajach UE w roku 2015 do ok 9,5% w 2023 roku (VAT Compliance, 2025).

Warto dodać, że sam plik również ewoluował i dziś JPK_VAT z deklaracją to dokument elektroniczny, który składa się z dwóch części – części ewidencyjnej, zawierającej informacje o zakupach i sprzedaży, który wynika z ewidencji VAT przedsiębiorcy za dany okres, oraz części deklaracyjnej VAT-7 lub VAT-7K (Podatki Gov 2024). JPK_VAT mają postać XML.

Obowiązek wysyłania JPK wprowadzono ustawą z dnia 10 września 2015 r. o zmianie ustawy – Ordynacja podatkowa oraz niektórych innych ustaw. Na początku podatnicy zobowiązani byli przesyłać JPK wyłącznie na żądanie organu podatkowego (Ustawa 2015).

Natomiast obowiązek regularnego przekazywania został wprowadzony ustawą z dnia 13 maja 2016 r. o zmianie ustawy – Ordynacja podatkowa oraz niektórych innych ustaw – przy czym obwiązek wprowadzano stopniowo, mali i średni przedsiębiorcy zostali objęci tym obowiązkiem od dnia 1 stycznia 2017 r., a mikroprzedsiębiorcy – od dnia 1 stycznia 2018 r. (Ustawa 2016). Kolejna zmiana nastąpiła od 2020 roku, kiedy to zlikwidowano odrębne deklaracje VAT-7 i JPK i zastąpione je plikiem JPK_VAT, dużych podatników objęto tym obowiązkiem od 1 kwietnia 2020, a mniejszych – od 1 lipca 2020 roku (Ustawa 2019, Rozporządzenie 2019).

JPK_VAT zawiera:

zestaw informacji o zakupach i sprzedaży, który wynika z ewidencji VAT za dany okres,

pozycje z dotychczasowej deklaracji VAT-7 (VAT-7K),

dodatkowe dane, które są potrzebne do analizy poprawności rozliczenia.

Istnieją dwie wersje plików, są to JPK_V7M dla rozliczających się miesięcznie oraz JPK_V7K, dla rozliczających się kwartalnie. JPK_VAT składa się wyłącznie w wersji elektronicznej za okresy miesięczne do 25. dnia miesiąca za miesiąc poprzedni (lub w kolejny dzień roboczy, jeśli wypada w dzień wolny od pracy). Natomiast podatnicy, którzy rozliczają się kwartalnie wypełniają tylko część ewidencyjną za pierwsze dwa miesiące każdego kwartału, a po zakończeniu kwartału wypełniają część ewidencyjną za 3. miesiąc kwartału oraz część deklaracyjną JPK_VAT za cały kwartał. W celu obsługi plików JPK_VAT można korzystać z całej gamy bezpłatnych aplikacji lub dedykowanych formularzy rządowych (Podatki Gov).

Nadrzędnym celem JPK_VAT jest szybszy dostęp do danych z ksiąg podatkowych, a co za tym idzie efektywniejsze, sprawniejsze i bardziej trafne przeprowadzanie kontroli u nierzetelnych podatników.

Jak słusznie zauważył Paweł Szymanek, wraz z postępem w zakresie informatyzacji administracji podatkowej nie szedł za tym wzrost poziomu nadzoru nad podatnikami, bowiem likwidacja obowiązku składania deklaracji na zaliczki w podatku dochodowym w wersji papierowej zmniejszyła ten nadzór, co zostało naprawione częściowo dopiero wprowadzeniem plików JPK-VAT (Szymanek, 2021).

Dzięki wprowadzeniu pliku JPK_VAT zmniejszyła się liczba kontroli oraz czynności sprawdzających i stały się one bardziej trafne. Ministerstwo Finansów tylko za ostatni okres, pierwszego półrocza 2025 roku poinformowało, iż wszczęto 4271 kontroli podatkowych i jest to o 16,4% mniej niż rok wcześniej. Jednocześnie wzrasta liczba czynności sprawdzających, które szybciej i w krótszym czasie weryfikują ewentualne nieprawidłowości u podatników. Jak stwierdziła Renata Burchart pomiędzy 2022 rokiem a 2024 liczba kontroli podatkowych spadła

o połowę. Ponadto w 2020 roku 85,8% kontroli podatkowych kończyło się pozytywnie a w 2024 roku już 98,1% kontroli (Podatki Biz).

Przez ostatnie lata dzięki wprowadzeniu usprawnienia, jakim jest JPK_VAT zmniejszyła się także liczba kontroli wszczynanych po czynnościach sprawdzających z 37,7 tys. w 2019 roku do 6,6 tys. w 2024 roku. Wzrosła jednak liczba postepowań podatkowych wszczynanych po zakończeniu czynności sprawdzających, co pokazuje, iż materiał dowodowy jest gromadzony już na etapie wspomnianych czynności. Tak więc decyzje zapadają o wiele szybciej niż zaledwie pięć lat wcześniej (Kędzierski, 2025).

Dane empiryczne, publikowane przez Ministerstwo Finansów potwierdzają zasadność wprowadzenie Jednolitego Pliku Kontrolnego. Najświeższe dane, opublikowane w lutym 2026 roku mówią, m.in. iż w 2025 roku w porównaniu do 2024 roku:

odnotowano wzrost ustaleń z działań kontrolnych (łącznie kontroli celno-skarbowych, podatkowych i czynności sprawdzających) KAS o 29,1% - z 14,76 mld zł do 19,05 mld zł.

wzrosła kwota ustaleń dokonana w toku kontroli celno-skarbowych o 46,4% z 4,45 mld zł do 6,52 mld zł oraz wzrost wpłat o 18,5% - z 1,7 mld zł do 2 mld zł – przy jednoczesnym spadku liczby kontroli celno-skarbowych o 27,4 % , tj. z 7043 w 2024 r. do 5113 w 2025 r.

w ramach czynności sprawdzających ustalenia wzrosły o 28%, tj. o ponad 2,4 mld zł, a liczba przeprowadzonych czynności wzrosła o ponad 228 tys. – co daje wzrost o 9,6% w analogicznych okresach.

wykryto 376,8 tys. fikcyjnych faktur, więcej o 85,2 tys., co przekłada się na wzrost o 29,2%, przy czym wartość tychże faktur wzrosła z 8,71 mld zł do 10,9 mld zł.

W powyższym kontekście najważniejsza jest jednak informacja, iż liczba wykrytych fikcyjnych faktur w 2025r. jest najwyższa od 2017 r., tj. niemalże od początku wprowadzenia Jednolitego Pliku Kontrolnego (Gov.pl, 2026).

Tak więc oficjalne dane statystyczne potwierdzają zarówno efektywność kontroli prowadzonych przez administrację podatkową w Polsce dzięki stosowaniu cyfrowych narzędzi, oraz trafność typowania podmiotów w ramach analizy ryzyka przed przystąpieniem do czynności prowadzonych przez KAS.

3. SENT – System Elektronicznego Nadzoru Transportu

Kolejnym przykładem wprowadzania nowoczesnych rozwiązań w polskiej administracji jest System Elektronicznego Nadzoru Transportu, w skrócie SENT. Został on wprowadzony ustawą z dnia 9 marca 2017 roku o systemie monitorowania drogowego i kolejowego przewozu towarów oraz obrotu paliwami opałowymi. W ustawie tej określono

zasady nowego systemu monitorowania drogowego oraz kolejowego, w tym jakie podmioty i towary objęte są tym monitorowaniem (Ustawa SENT). System ten obsługuje Szef Krajowej Administracji Skarbowej.

Towarami wrażliwymi, które objęto wspomnianym monitoringiem, są według ustawy SENT produkty o kodach Nomenklatury Scalonej CN:

a) 2207 nieoznaczonych znakami akcyzy, b) 2707, c) 2710, d) 2905, e) 2917, f) 3403, g) 3811, h) 3814 zawierających alkohol etylowy, i) 3820 zawierających alkohol etylowy, j) 3824, k) 3826

- jeżeli masa brutto przesyłki towarów objętych tymi pozycjami przekracza 500 kg lub jej objętość przekracza 500 litrów (Ustawa SENT).

Są to różnego rodzaju paliwa, produkty ropopochodne, kwasy, preparaty smarowe, spoiwa, alkohole w tym alkohol etylowy i tym podobne.

Ponadto systemem monitorowania objęto także, bez względu na ilość przewożonego towaru:

susz tytoniowy nieoznaczony znakami akcyzy;

produkty lecznicze, środki spożywcze specjalnego przeznaczenia żywieniowego oraz wyroby medyczne, objęte obowiązkiem wynikającym z art. 37av ust. 1 ustawy z dnia 6 września 2001 r. – Prawo farmaceutyczne, tj. zgłoszeniem Głównemu Inspektorowi Farmaceutycznemu zamiaru wywozu tych towarów poza terytorium Rzeczypospolitej Polskiej lub zbycia podmiotowi prowadzącemu działalność poza terytorium Rzeczypospolitej Polskiej;

inne towarów, w stosunku do których zachodzi uzasadnione prawdopodobieństwo wystąpienia naruszeń przepisów prawa podatkowego w zakresie podatku od towarów i usług lub podatku akcyzowego, mogących powodować, ze względu na skalę lub częstotliwość obrotu tymi towarami, znaczne uszczuplenia tych podatków (Ustawa SENT)

Co warte zaznaczenia, ustawodawca w opisie towarów posługuje się Nomenklaturą Scaloną (Combined Nomenclature), stosowaną na terytorium Unii Europejskiej. Jest to dokładniejsze, bo ośmiocyfrowe rozwinięcie Zharmonizowanego Systemu Określania i Kodowania Towarów (HS). Nadzór nad CN sprawuje Komisja Europejska (Rozporządzenie 1719/2005). Nigdzie w opisie towarów nie występuje sformułowanie „Towary wrażliwe", podobnie jak w przepisach prawa podatkowego (Macudziński, 2019).

Twórcy ustawy SENT chcieli, by w założeniu było to narzędzie do walki z nieuczciwymi podatnikami, którzy dokonują nielegalnego obrotu alkoholem, paliwami czy suszem tytoniowym, a tym samym miało to skutkować ułatwieniem walki z „szarą strefą" i zmniejszeniem uszczupleń podatkowych. Obowiązkiem udostępniania danych w systemie

SENT objęci są przewoźnicy oraz podmioty wysyłające i odbierające towary wymienione w ustawie, także w tranzycie. Podmioty te mają obowiązek zarejestrować się na Platformie Usług Elektronicznych Skarbowo-Celnych.

System SENT wykorzystuje technologie GPS, lokalizatory, a także automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych (ANPRS), umożliwiając bieżącą weryfikację zgodności danych (Chackiewicz, 2021).

System również ewoluował, dodawano do niego nowe grupy towarów objęte monitoringiem. Od 22 lutego 2022 r. objęty nim jest przywóz do Polski oraz przewóz przez terytorium Polski odpadów. Ten obowiązek dotyczy wszystkich rodzajów odpadów, także tych z tzw. „zielonej listy", na które nie trzeba uzyskać zezwolenia Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Wyjątkiem jest przywóz śmieci z „zielonej listy" o masie nie większej niż 20 kg (GIOŚ 2023). Była to odpowiedź na coraz częstsze przypadki nielegalnego składowania odpadów w Polsce.

Po wybuchu wojny w Ukrainie i późniejszych protestach rolników wprowadzono 21 kwietnia 2023 w obszar monitoringu zboża, jaja, mięso drobiowe i produkty pszczele, co miało przeciwdziałać napływowi tych produktów na terytorium Polski (Ojczyk, 2023). Biorąc jednak pod uwagę wspólny rynek unijny można powątpiewać w skuteczność tego monitoringu, bowiem towar po przekroczeniu granic wewnątrzunijnych mógł w majestacie prawa wrócić do kraju odsprzedany przez podmioty z krajów unijnych. Co ważne, w 2025 roku uznano, że można wykreślić z monitoringu niektóre rodzaje towarów, jak np. maliny i inne owoce miękkie (Chlebosz, 2025).

Dane statystyczne, dostępne publicznie za ostatnie trzy lata wyglądają następująco:

Tabela1. Liczba zgłoszeń, kontroli i nieprawidłowości w SENT w latach 2023-2025

Rok	Liczba zarejestrowanych zgłoszeń w rejestrze SENT	Liczba kontroli SENT	Liczba kontroli SENT, podczas których stwierdzono nieprawidłowości
2023	4 319 736	515 730	1 834
2024	4 342 863	636 777	2 188
2025	4 400 261	550 832	1 364

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych https://dane.gov.pl/pl/dataset/3287,dane-sent [dostęp na dzień 10.03.2026 r.]

Widzimy więc, że z roku na rok wzrasta liczba zgłoszeń w SENT, natomiast niekoniecznie idą za tymi liczbami kontrole w SENT oraz stwierdzone nieprawidłowości. Jednakże mniejsza liczba stwierdzonych naruszeń nie musi oznaczać automatycznie mniejszej efektywności takich kontroli, pokazuje raczej rosnącą skalę zgłoszeń, a ta z kolei spowodowana może być rosnącą liczbą towarów, które należy zgłaszać w ramach SENT.

Nawiązując do tego nadmienić warto, że od 17 marca 2026 roku przewiduje się włączenie w obszar monitoringu nowy katalog grup towarów, takich jak odzież i obuwie, jeśli masa przekraczać będzie 10 kg lub 20 sztuk obuwia, czyli 10 par bądź np. 20 sztuk prawego buta. Tak więc od marca 2026 roku obowiązkowa będzie rejestracja firmy i jej danych na Platformie Usług Elektronicznych Skarbowo-Celnych – PUESC (Izba Łódź Gov, 2025).

Zmiana ta ma na celu głównie walką z nieuczciwymi podmiotami, trudniącymi się transportem towarów w ramach unijnej procedury 42 z innego kraju unijnego do Polski, która to procedura jest trudno uchwytna i stwarza duże pole do nadużyć. Domniemywać można, iż jest to wymierzone w dużą skalę sprowadzania towarów z Chin i Wietnamu, którymi handlują takie centra odzieżowe jak np. Wólka Kosowska (Rochowicz, 2025).

Mimo trudności ze wskazaniem wiarygodnych kwot uszczupleń wynikłych tylko z kontroli SENT oraz spadku liczby nieprawidłowości stwierdzonych w trakcie kontroli SENT w 2025 roku przyznać trzeba, że jest to niezwykle pomocne narzędzie do wali z przemytem towarów, choćby z uwagi na śledzenie transportu w czasie rzeczywistym poprzez wspomnianą geolokalizację, a co za tym idzie próbę weryfikacji faktycznej trasy transportu. Bez tego systemu skala szarej strefy w przemycie nie byłaby możliwa w ogóle do oszacowania, a co dopiero do prób jej ograniczenia.

4. KSEF – Krajowy System e-Faktur

Najnowszym etapem wdrażanie w strukturach Krajowej Administracji Skarbowej cyfryzacji jest KSEF – Krajowy System e-Faktur.

Komisja Europejska w ramach tzw. „Zielonej Księgi” zalecała stworzenie Centralnych Rejestrów Faktur. W celu zwalczania oszustw podatkowych w ramach podatku od towarów i usług, zaproponowano m.in.:

stworzenie jednej hurtowni danych i wprowadzenie obowiązku przesyłania danych w formie ustrukturyzowanej do tej hurtowni przez podatników w celu weryfikacji zawartych tam informacji przez organy państwowe,

stworzenie faktur elektronicznych i przesyłanie ich do bazy administracji podatkowych poszczególnych państw UE celem weryfikacji poprawności danych i faktu przesyłania faktury do kontrahentów przez podatnika (Komisja Europejska, Zielona księga 2010).

Prace nad wdrożeniem w Polsce systemu KSEF, początkowo pod nazwa Centralnego Rejestru Faktur, trwają od 2016 roku, czyli od momentu wdrażania Jednolitego Pliku Kontrolnego. Do realizacji wdrażania zarówno JPK, jak i planowanego w tamtym momencie CRF powołano spółkę o nazwie Aplikacje Krytyczne Spółka z o.o. Ta powstała spółka miała zajmować się budową i rozbudową systemów teleinformatycznych i wspomagać w tym celu Ministerstwo Finansów (Ustawa 2016). Jak więc widać wdrożenie tego systemu spotkało się najwidoczniej z wieloma problemami, skoro ostatecznie wdrażane będzie 10 lat później.

Jednakże już od stycznia 2022 roku istnieje możliwość dobrowolnego korzystania ze ustrukturyzowanej e-faktury, która jest alternatywą do tradycyjnych metod fakturowania. Tylko w okresie styczeń 2022-sierpień 2023 roku przez system KSeF przeszło 67 tysięcy faktur i skorzystało z tej możliwości 1000 firm (KSEF).

W systemie tym faktury tworzone są według formatu elektronicznego, podobnie zresztą jak pliki JPK_VAT, w formie xml, następnie wysyłane z lokalnych programów księgowych do centralnej bazy danych w Ministerstwie Finansów. Po tym faktura staje się dostępna w systemie i może być pobrana przez przedsiębiorcę, który jest odbiorcą faktury.

System KSeF pozwala na przechowywanie faktur przez 10 lat, co obniża, a właściwie likwiduje koszty archiwizacji u przedsiębiorców. Ponadto ujednolica standardy tych faktur, co również upraszcza proces księgowania u przedsiębiorców. Same procesy księgowania są krótsze, bo w czasie rzeczywistym kontrahent poprzez system KSeF ma dostęp do faktur, co też ma wpływ na wyeliminowanie problemu zagubienia bądź zniszczenia faktury i jednocześnie daje pewność przedsiębiorcom, iż faktura dotarła do odbiorcy, co w różnych sytuacjach nieporozumień pomiędzy kontrahentami mogło być argumentem podnoszonym przez nich w sporach. Warto nadmienić, że Polska była czwartym krajem członkowskim UE, który wdrożył e-fakturę (KSEF).

Pierwotnie obowiązkowy dla wszystkich podatników KSeF miał zacząć obowiązywać 1 lipca 2024 roku, jednakże Ministerstwom Finansów w kwietniu 2024 roku przesunęło ten termin z uwagi na wątpliwości co do płynności przyszłego systemu dla wszystkich uczestników obrotu gospodarczego. Nowym terminem obowiązkowego dla wszystkich systemu KSeF jest 1 lutego 2026 roku dla największych podatników podatku od towarów i usług o obrotach rocznych powyżej 200 milionów złotych oraz dwa miesiące później, 1 kwietnia 2026 roku dla pozostałych przedsiębiorców (KSEF).

Wystawianie faktur ustrukturyzowanych poprzez KSeF będzie obowiązkowe dla:

czynnych podatników VAT,

podatników zwolnionych z VAT

Jednakże od powyższych będą miały miejsce wyjątki. Według wytycznych art. 106ga ustawy o VAT z obowiązku tego zwolnione będą faktury wystawione:

1) przez podatnika nieposiadającego siedziby działalności gospodarczej ani stałego miejsca prowadzenia działalności gospodarczej na terytorium kraju;

2) przez podatnika nieposiadającego siedziby działalności gospodarczej na terytorium kraju, który posiada stałe miejsce prowadzenia działalności gospodarczej na terytorium kraju, przy czym to stałe miejsce prowadzenia działalności nie uczestniczy w dostawie towarów lub świadczeniu usług, dla których wystawiono fakturę;

3) przez podatnika korzystającego z procedur szczególnych, o których mowa w dziale XII w rozdziałach 7, 7a i 9, dokumentujących czynności rozliczane w tych procedurach (czyli procedury VAT OSS i VAT IOSS);

4) na rzecz nabywcy towarów lub usług będącego osobą fizyczną nieprowadzącą działalności gospodarczej;

5) w przypadku odpowiednio udokumentowanych dostaw towarów lub świadczenia usług, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 106s (czyli w sytuacji podatnik nie ma obowiązku wystawiania faktur ustrukturyzowanych);

6) przez podatnika korzystającego ze zwolnienia, o którym mowa w art. 113a ust. 1 (tj. przez podatnika posiadającego siedzibę działalności gospodarczej na terytorium państwa członkowskiego innym niż terytorium RP, a jednocześnie korzystającego ze zwolnienia z podatku od towarów i usług na terytorium RP).

Należy w tym momencie zaznaczyć, że ustawodawca wprowadził tymczasowe odstępstwa od obowiązku wystawiania faktur ustrukturyzowanych. Na mocy art. 145l ustawy o VAT w okresie od 1 lutego 2026 do końca tego roku podatnicy obowiązani do wystawiania faktur ustrukturyzowanych, ale dokonujący czynności fakturami uproszczonymi (o wartości do 450 zł lub 100 EUR), w tym także paragonami fiskalnymi uznanymi za faktury, maja prawo wystawiać faktury elektroniczne lub faktury w postaci papierowej. Brak tego obowiązku występuje także w przypadku czynności dokumentowanych fakturami wystawionymi przy zastosowaniu kas rejestrujących.

Ponadto zgodnie z art. 145m ustawy o VAT w tym samym okresie faktury sprzedaży wystawiane przy zastosowaniu kasy rejestrującej, w przypadkach gdy wartość sprzedaży i kwota podatku VAT są zewidencjonowane w fiskalnym raporcie dobowym kasy, podatnik

ujmuje te faktury w ewidencji JPK_V7X w okresie rozliczeniowym, w którym zostały wystawione.

Ponadto Ministerstwo Finansów pozostawiło sobie swego rodzaju furtkę w art. 106s ustawy o podatku od towarów i usług, uznając, że Minister Finansów może na drodze rozporządzenia określić inne przypadki odpowiednio udokumentowanych dostaw towarów lub świadczenia usług, w których podatnik nie ma obowiązku wystawiania faktur ustrukturyzowanych, uwzględniając m.in. specyfikę rodzajów działalności, czy konieczność udokumentowania tych czynności. Daje to możliwość utworzenia w przyszłości dodatkowych wytycznych w zakresie odstępstw od KSeF (Ulicki 2025).

Warto nadmienić, że według Pawła Szymanka funkcjonowanie obu modeli wydaje się zbędne. Według niego, od dnia 1 stycznia 2022 r. w Polsce funkcjonują obydwa modele zaproponowane w *Zielonej księdze*. Jeśli chodzi o faktury ustrukturyzowane w Polsce zdecydowano się na wersję polegającą na akceptacji i nadawaniu specjalnego numeru e-fakturom po dokonanej weryfikacji, a jeszcze przed wprowadzeniem ich w obieg, co niejako zdublowało czynności podatników i obsługujących ich organy państwa. Jak zauważa Szymanek założeniem *Zielonej księgi* było stworzenie w każdym kraju unijnym jednej bazy danych o podatnikach, która gromadziłaby informacje na podstawie e-faktur lub zbiorów danych, u nas występujących w formie plików JPK_VAT. Natomiast w Polsce przez etapowe wprowadzanie JPK_VAT oraz późniejsze i opóźnione wprowadzanie faktur ustrukturyzowanych istnieją oba modele. Zdaniem Szymanka powinien istnieć jeden model, zaproponowany przez Komisję Europejską, który łączyłby wszystkie istotne informacje w jednej hurtowni danych (Szymanek, 2023).

Jak starano się pokrótce opisać system KSeF ma na celu bieżący monitoring rozliczeń VAT w czasie rzeczywistym i stanowi krok ku pełnej automatyzacji zarówno procesów księgowych, jak i analitycznych po stronie administracji podatkowej oraz służyć będzie dalszemu ograniczeniu oszustw podatkowych. Wydaje się, że system ten może być niezwykle pomocny w efektywniejszym analizowaniu danych przesyłanych przez przedsiębiorców, głównie z uwagi na dostęp do nich w czasie rzeczywistym, czego nie zapewnia Jednolity Plik Kontrolny. To ta zmiana może mieć w przyszłości duży wpływ na kolejne zwiększenie efektywności prowadzonych kontroli przez administrację podatkową w Polsce.

5. Podsumowanie

Nowoczesne cyfrowe rozwiązania w polskiej administracji skarbowej znacząco zwiększyły skuteczność systemu podatkowego. JPK, SENT i KSeF tworzą trzon

nowoczesnego, zintegrowanego modelu zarządzania danymi fiskalnymi. Ich dalszy rozwój powinien koncentrować się na automatyzacji, bezpieczeństwie informacji i współpracy międzynarodowej. Integracja tych narzędzi umożliwi automatyczne krzyżowanie danych, analizę przepływu towarów i wykrywanie niezgodności pomiędzy deklarowanymi i rzeczywistymi transakcjami.

Cyfryzacja administracji skarbowej w Polsce stanowi jedno z najważniejszych przedsięwzięć modernizacyjnych państwa. Wdrożenie Jednolitego Pliku Kontrolnego (JPK), systemu SENT oraz Krajowego Systemu e-Faktur (KSeF) jest odpowiedzią na potrzebę zwiększenia transparentności obrotu gospodarczego, ograniczenia luki VAT i zwalczania przestępczości gospodarczej.

W ostatnich latach literatura, dotykająca pracy polskiej administracji podatkowej jest coraz bogatsza, głównie jednak na łamach czasopism specjalistycznych.

Dane dostępne publicznie wskazują wpływ zwłaszcza Jednolitego Pliku Kontrolnego na zwiększenie efektywności prowadzonych działań przez Krajową Administrację Skarbową, bowiem pokazują one, że mniejsza liczba kontroli ma przełożenie na większe ustalenia z tychże kontroli, a więc są one bardziej trafne, a co za tym idzie mniej dolegliwe dla uczciwych przedsiębiorców.

Dane dotyczące systemu SENT nie są tak dokładnie prezentowane publicznie, jednakże zwiększenie liczby zgłoszeń w tym systemie przy jednoczesnej mniejszej wykrywalności nieprawidłowości może wskazywać również na uszczelnianie systemu podatkowego. Ponadto sam nakaz zgłaszania przewozu coraz to nowych towarów do sytemu ma niewątpliwie wpływ na rezygnację z próby oszustwa.

Można także łączyć duże nadzieję z wprowadzanym systemem KSeF w kontekście dalszego uszczelniania systemu podatkowego i zwiększania efektywności kontroli podatkowych i celno-skarbowych, głównie z powodu na dostęp do danych w czasie rzeczywistym, a nie z opóźnieniem, niewielki, ale jednak, jak przy JPK.

Kluczowymi wyzwaniami cyfryzacji administracji skarbowej są interoperacyjność systemów, bezpieczeństwo danych i ochrona prywatności. W przyszłości możliwe jest wdrożenie algorytmów sztucznej inteligencji do automatycznej analizy faktur i identyfikacji oszustw podatkowych. Wydaje się jednak, że dopiero integracja z europejskimi bazami mogłaby zwiększyć skuteczność zwalczania przestępczości transgranicznej, co jednak w najbliższej przyszłości wydaje się wątpliwe, choć pewne pomysły mają być wdrażane, jak system VIDA z nowym systemem VIES.

Polska administracja podatkowa musi ewoluować i wdrażać nowe narzędzia cyfrowe, żeby móc skutecznie reagować na zmieniającą się rzeczywistość i zwalczać oszustwa podatkowe. Jest to także zgodne z zaleceniami zarówno OECD, jak i Komisji Europejskiej. Co prawda podejmowane działania, jak i nowe narzędzia niewątpliwie odbierane będą przez przedsiębiorców także jako dodatkowe obciążenia dla prowadzonych przezeń działalności, ale rolą Państwa jest wskazanie, że służyć ma to przede wszystkim eliminacji oszustw podatkowych i zabezpieczenie przedsiębiorców przed nieuczciwą konkurencją, a co za tym idzie daje to możliwość poprawy postrzegania KAS w oczach przedsiębiorców jako administracji sprawnej przyjaznej polskim podatnikom.

6. Bibliografia

Baran P., Markowicz I., Jakość danych dotyczących wymiany towarowej między krajami Unii Europejskiej. Analiza statystyczna. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2020,

Chackiewicz M., Zwalczanie międzynarodowej przestępczości w logistyce na wybranych przykładach — narzędzia, metody, system kar, Gospodarka Materiałowa i Logistyka 2021(4):26-35, DOI 10.33226/1231-2037.2021.4.3,

Chlebosz M., Zmiany w systemie SENT. Rolnicy ostrzegają: To poluzowanie kontroli dla importu z Ukrainy, 2025, https://www.farmer.pl/prawo/przepisy-i-regulacje/zmiany-w-systemie-sent-rolnicy-ostrzegaja-to-poluzowanie-kontroli-dla-importu-z-ukrainy,165817.html, [dostęp 10.03.2026 r.],

Ćwiąkała-Małys A., Piotrowska I., Jednolity Plik Kontrolny i Centralny Rejestr Faktur jako elektroniczne narzędzia wspierające skuteczność administracji skarbowej, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie" 2017, 18(7), 81-100,

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2023, https://www.gov.pl/web/gios/system-sent-w-odpadach-podsumowanie-rocznej-dzialalnosci-systemu-w-transgranicznym-przemieszczaniu-odpadow, [dostęp 10.03.2026 r.],

Gorący J., Markowicz I. Problems of excise tax on the example of import of plastic lubricants. Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych (Quantitative Methods in Economics) 2024, 25(3), 134–143,

GOV.pl, KAS w 2025 r. przeprowadziła 2,64 mln działań w zakresie weryfikacji prawidłowości rozliczeń podatkowych, https://www.gov.pl/web/kas/kas-w-2025-r-przeprowadzila-264-mln-dzialan-w-zakresie-weryfikacji-prawidlowosci-rozliczen-podatkowych, [dostęp 10.03.2026 r.],

Góralska J., Wdrożenie jednolitego pliku kontrolnego w praktyce działalności gospodarczej małych i średnich przedsiębiorstw, „Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia" 2017, nr 4 (88), DOI: 10.18276/frfu.2017.88/1-25,

Izba Administracji Skarbowej w Łodzi, Zmiany w systemie SENT od 17 marca 2026 r., 2025, https://www.gov.pl/web/ias-lodz/zmiany-w-systemie-sent-od-17-marca-2026-r, [dostęp 10.03.2026 r.],

Javorcik, B. S., Narciso, G. (2008) Differentiated Products and Evasion of Import Tariffs. Journal of International Economics, 76(2), 208–222,

Kędzierski R., Rewolucja dla firm nadchodzi. Oto jak wpłynie na kontrole skarbówki, 2025, https://www.money.pl/gospodarka/ksef-ma-wielkie-oczy-ekspert-wyjasnia-czy-kontroli-bedzie-wiecej-7216831436393056a.html?fbclid=IwVERDUAN_K1BleHRuA2FlbQIxMABzcnRjBmFwcF9pZAwzNTA2ODU1MzE3MjgAAR7wX4e-l4b9rACeK3fG7xzkOaY4aLjVtGUEsYJMqI49DdGHORybXcsChoTpSw_aem_d-ZfdjT44yfFSohqCerGVQ, [dostęp 10.03.2026 r.],

Komisja Europejska, Zielona księga w sprawie przyszłości podatku VAT. W stronę prostszego, solidniejszego i wydajniejszego systemu podatku VAT, Bruksela, dnia 1.12.2010, KOM(2010) 695 wersja ostateczna, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=-CELEX:52010DC0695

KSEF, https://ksef.pl

Macudziński, M., System monitorowania przewozu drogowego i kolejowego niektórych towarów (SENT) – eksplikacja de lege lata. Studia Administracji i Bezpieczeństwa, 2019, 7(7), 25-41,

Ojczyk J, Zboże i jajka będą śledzone przez GPS, 2023, https://businessinsider.com.pl/prawo/firma/kryzys-zbozowy-jest-rozporzadzenie-w-sprawie-przewozu-towarow/6k1047r, [dostęp 10.03.2026 r.],

Pałys A., Daniek Ł., Krok milowy w stronę elektronicznych rozliczeń podatkowych. Czy ewidencja JPK_VAT może zastąpić deklarację VAT?, „Przegląd Podatkowy" 2018, nr 11, 35-40,

Podatki Gov, JPK z deklaracją, https://www.podatki.gov.pl/jednolity-plik-kontrolny/jpk-vat-z-deklaracja/jpk-vat-z-deklaracja-info, [dostęp 10.03.2026 r.],

Podatki.biz, Spada ilość kontroli podatkowych, rośnie ich skuteczność, https://www.podatki.biz/artykuly/spada-ilosc-kontroli-podatkowych-rosnie-ich-skutecznosc_16_59749.htm, [dostęp 10.03.2026 r.],

Rochowicz P., Odzież w systemie SENT to nadregulacja, 2025, https://legalis.pl/odziez-w-systemie-sent-to-nadregulacja , [dostęp 10.02.2026 r.],

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1719/2005 z dnia 27 października 2005 r. zmieniającego załącznik I do rozporządzenia Rady (EWG) nr 2657/87 w sprawie nomenklatury taryfowej i statystycznej oraz w sprawie Wspólnej Taryfy Celnej.

Rozporządzenie Ministra Finansów, Inwestycji i Rozwoju z dnia 15 października 2019 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych zawartych w deklaracjach podatkowych i w ewidencji w zakresie podatku od towarów i usług, Dz.U. poz. 1988 ze zm.

Szymanek, P., Ewolucja analizy danych nadsyłanych przez podatników organom w podatku od towarów i usług oraz podatkach dochodowych, Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych Nr 4/2021, DOI 10.5604/01.3001.0014.8547

Szymanek, P., Krajowy System e-Faktur jako model centralnego rejestru faktur. Doradztwo Podatkowe – Biuletyn ISP, nr 8/2023, DOI:10.5604/01.3001.0053.8577

Ulicki K., Brak obowiązku korzystania z KSeF - kogo będzie dotyczyć?, 2025, https://poradnikprzedsiebiorcy.pl/-brak-obowiazku-korzystania-z-ksef-kogo-dotyczy, [dostęp 10.03.2026 r.],

Ustawa z dnia 10 września 2015 r. o zmianie ustawy – Ordynacja podatkowa oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. poz. 1649 ze zm.

Ustawa z dnia 11 marca 2004 r. o podatku od towarów i usług, tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 685 ze zm.

Ustawa z dnia 13 maja 2016 r. o zmianie ustawy – Ordynacja podatkowa oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. poz. 846 ze zm.

Ustawa z dnia 29 kwietnia 2016 r. o szczególnych zasadach wykonywania niektórych zadań z zakresu informatyzacji działalności organów administracji podatkowej, Służby Celnej i kontroli skarbowej (Dz. U. z 2016 r., poz. 781).
Ustawa z dnia 4 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o podatku od towarów i usług oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. poz. 1520 ze zm.
Ustawa z dnia 9 marca 2017 r. o systemie monitorowania drogowego i kolejowego przewozu towarów (Dz.U.2024.1218 t.j.) https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/system-monitorowania-drogowego-i-kolejowego-przewozu-towarow-oraz-18585280
VAT compliance gap in Europe, https://taxation-customs.ec.europa.eu/taxation/vat/fight-against-vat-fraud/vat-gap_en#reports-2009---2025, [dostęp 10.03.2026 r.]

Menstruation: Lived experiences of negotiating participation and work in the marine space

Sarah Ater[1]

[1] School of Humanities and Social Sciences, Technical University of Mombasa: email: atersy@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8024-6630

Abstract: There is increasing recognition of the need to engage the full spectrum of local community groups in the governance of marine and coastal resources. Whereas the gendering of marine and coastal spaces is often attributed to social, cultural and economic factors, this paper explores the barriers that can be attributed to human bodies by addressing the question of how menstruation experiences can influence participation and how women negotiate work during menses. The study is a qualitative enquiry using autoethnography which draws from the author's lived experiences. The findings show that women may make choices related to their menstrual experiences, provide examples of actions that can facilitate women's participation and highlight the need for more conversations around menses in marine and coastal spaces.

Keywords: autoethnography; gendered perspective; menstruation; culture; ocean governance; marine spaces

1. Introduction

Gender integration is an important consideration when thinking about sustainability in the marine and coastal spaces (Gissi et al., 2018). Different groups consisting of varied genders, ages, cultures and values use and interact with resources in converging and diverging ways while forming ocean identities (Kelly et al., 2023). Individual and collective identities and experiences around the ocean then shape future interactions. Additionally, the benefits from resources as well as the risks and negative side effects associated with their use are not universal but instead differentiated across the groups (Maldonado, 2025). In fisheries for example, women are more likely to be involved in mollusc fishing in near shore areas whereas men are more likely to engage in finfishing around the coral reef areas (Alati et al., 2023). Among the local youth, young men are more likely than women to engage in water related activities such as operating glass-bottom boats that take tourists snorkelling. Within both marine science and the maritime sector, female representation particularly in leadership remains lower than male representation (Ojwala et al., 2022). Whereas the differences in participation of women and men across sectors are often attributed to issues such as cultural norms around gender roles, access to capital and development of technical capacity, there is limited literature on how embodied experiences affect women's participation in the marine and coastal space. This paper addresses that gap by exploring the following research questions. Firstly, how do menstruation related experiences shape women's access to and participation in and around marine and coastal spaces? Secondly, how do women negotiate work in marine and coastal spaces during menstruation?

2. Literature review

2.1. Women in fisheries

In the local coastal community, small-scale fisheries is an important livelihood activity. It is mainly carried out on small boats or no boats in near shore areas (Fondo et al., 2025). The boats may use portable engines which are carried to and from the shore and fishing expeditions can take several hours, be conducted as overnight trips or in away locations as migrant fishing (Wanyonyi et al., 2021). Hence, actual fishing and crew management are male dominated. Consequently, women's participation in the fisheries value chain is mainly evident in secondary activities such as processing and trading (Adisa et al., 2025). This is largely attributed to social barriers where fishing is considered labour intensive and difficult hence suited for men while women's roles in fisheries bear in mind that they are expected to be care givers hence should remain close to their homes in order to meet family responsibilities. Additionally, economic barriers limit women's access to capital and determine the quantity and quality of fish that women can process or trade, eventually keeping them in a low earning loop.

2.2. Women in community conservation

Different stakeholders are involved in marine and coastal conservation driven by varying interests. At the national policy level Beach Management Units (BMUs) provide a governance structure for local communities to oversee their marine resources together with other resource users and state actors (Kanyange et al., 2014). However, in many cases, leadership of the BMUs are male dominated. Training programs on group dynamics, leadership and financial management are sometimes offered through workshops in away locations making it complicated for women to participate. When held in more accessible locations, timings do not necessarily take into consideration chores around preparing children or food hence women opt out when meetings start too early or delay in the evenings. Additionally, when community initiatives include patrols women may not feel safe in female only gender groups while the women's partners may be uncomfortable when women are grouped with other men causing the women to shy away from certain conservation activities (L. Mainye, personal communication March 23, 2026).

2.3. Women in formal professions

The global gender gap index indicates that more than one century is needed to attain gender parity (WEF, 2025). Additionally, the challenge of the leaky pipeline remains where the numbers of women reduce higher up the academic ladder as well as in leadership positions. In

some professions such as seafaring there is very little female representation (Kitada, 2013). Challenges faced by women in formal professions include chilbearing tax where they fall behind when taking time off during pregnancy and baby care; reports of sexual abuse and violence as as well as the absence of suitable infrastructure such as separate lockable rooms on research vessels.

2.4. Theoretical framing of the work

In some cultures, one of the markers of the transition from girlhood to womanhood is the onset of menses which commences in girls from the early teens (Pao, 2023). From that time, menses are part of the monthly ritual, interrupted only during pregnancy or extraordinary circumstances until the onset of menopause anywhere from the late thirties. Despite menses being a significant component of the lived experience of women, work planning, community activities and facilities development do not always put into consideration the needs of menstruating women.

Feminism recognises bodies not just as biological objects but also spaces of expression and resistance where the physical body is seen, norms are formed and power as well as control is displayed (Denzin, 2014). Bodies provide voices for people disadvantaged by power dynamics and are an avenue to address inequality and injustice. Bodies also reveal social issues when interpretations of actions and expressions of individual bodies are made. Feminist embodiment theory is focused on the lived bodily experience that includes feelings and interpretations that are drawn from lived experiences. Hence, it explores how social inequalities are lived through the body. This study uses feminist embodiment theory to examine how menstruation is lived, negotiated and managed through women's bodies in day to day bodily experiences.

Menstruation and issues around it are strongly shaped by cultural norms, economic circumstances and infrastructural designs making it a potential site of gender inequality. Given the dearth of literature on menstrual experiences and embodiment of its intersectionality with the social and political issues, this study amplifies the voices of women facing challenges around menstruation.

3. Methodology

This study adopts a qualitative research design to explore how menstruation is experienced, managed and negotiated by women who interact with marine and coastal spaces. The qualitative approach allows for in-depth examination of lived experiences and embodied

practises as well as meaning making. The study uses the feminist embodiment methodology which is grounded in reflexivity and centering of participants' voices. The study is conducted at the Kenya coast where the author's life experiences provide data that is described and then interpreted. Hence, the specific approach adopted in this study is autoethnography.

Autoethnography is a distinct method of studying human experience where the author records and makes sense of their life while reflecting on the biases and values in society. It provides narrative representation of social, cultural or political issues (Luitel & Dahal, 2020). Evocative autoethnography does not separate the emotional components of the researcher but instead reveals the embodiment of the story being told (Ellis & Bochner, 2006). Autoethnography is thus an important way of representing the voices of those who would otherwise not be heard or not have a platform to speak. It is appropriate for this study given that menstruation and how it affects or influences women's choices in marine and coastal spaces is not openly talked about. The author uses their personal bodily experience in different places, spaces and contexts to highlight social norms, tension around power and barriers that limit women's engagement.

4. Results and reflections

4.1. How do menstruation related experiences shape women's access to and participation in and around marine and coastal spaces?

My career started off as a marine educator working with students and teachers then later working with youth groups and women groups to raise awareness and reduce reliance on marine resources through peer learning, harnessing information technology and supporting livelihood development. With my work focused on marine and coastal sustainability, the ocean was an integral part of work, together with my moments of rest and reflection. Looking back, now as a social science researcher, I see how the lived experience of my menses shaped my choices in day-to-day work and recreation engagements.

Snorkelling sessions were an important activity during guided excursions to expose teachers and students to the seagrass beds, coral reef and fish species. Excursions were planned around convenient times for schools and the practicalities of ocean tides. Due to the collaborative nature of our work, we accessed the ocean through water sports venues where a short video and safety briefing was provided. We had access to toilets and changing facilities and the opportunity to wear tampons to take care of the menstrual bleeding while in water. It was not unusual that female students would be afraid of getting into the water either because

they were not confident swimmers or due to ‘other undisclosed reasons’. In hindsight, it was a missed opportunity for me to encourage the girls to embrace their femininity and advise them on how to secure themselves to explore the ocean even during their menstrual flow.

My experience of working with community groups was mostly a full day’s program that required travelling to the community site early morning and returning late afternoon. Sometimes it involved moving from one community group to another group or holding activities in open areas. Public toilets were not always readily available so sometimes I would request permission to use a toilet in someone’s homestead- often by whispering my request to a female participant. Generally, my norm would be to use the toilet at the restaurant where we would have lunch at the end of our working day some time late in the afternoon. Although the urinal remained open, the toilet would be locked and one needed to get the key from the cashier in order to access the toilet.

In Kenya, the gendered access in fisheries is displayed in men fishing and women engaging in post-harvest activities. In gender discourse it is argued that women’s interaction with the ocean is most visible along the shoreline while men’s interaction extends from the coastline to beyond the reef (Alati et al., 2023). It is also generally accepted that the women’s choice of area of operation is driven by compatibility with domestic tasks such as taking care of children and the need for a flexible time schedule (Chambon et al., 2024). While both considerations are valid, my experiences of conscious choice-making during my menstruation shows that the participation and involvement of women is also influenced by invisible factors such as menses. Indeed, the absence of physical infrastructure like a toilet or clean water may cause women to opt out of activities hence missing out on critical capacity development and networking opportunities that build on agency.

4.2. How do women negotiate work in marine and coastal spaces during menstruation?

I always planned my field work around my menses typically avoiding the second day which was the heaviest. On this particular day, I recall having doubly secured myself with a tampon and sanitary pad which was the case whenever I was unsure of where I would have access to a toilet to change. While waiting to board the ferry with a male colleague, there was a gentle tap on my shoulder and a lady offered me a ‘leso’ while whispering ‘umejichafua’ which literally means ‘you have made yourself dirty’. She said, I could have the ‘leso’ to cover the blood stain on my dress and keep the ‘leso’ and so I have kept it for well over a decade.



Figure 1: Local cloth (leso) that I was given by a stranger lady during ferry crossing. Photo by S. Ater

The 'leso' is a rectangular cloth of approximately 3 feet by 5 feet normally with floral or geometric designs and a single sentence written across its bottom side. It is synonymous with local coastal culture and a vital component of the local women's wardrobe who tie it around the waist, wrap around the body or head as a covering, while others use it to strap and carry babies. It is also adopted as some type of apron or spread on the ground or as a sitting mat by others. Beyond those functional uses, the 'leso' tells stories, offers appreciation or gives warnings through the written messages. Whereas the 'leso' I was offered had a gentle message, the choice of words by the lady who offered it sounded accusatory.

My experience of a stained dress and a stranger lady whispering to me about having made myself dirty and offering her 'leso' to me were indicative of her care and kindness. Yet for me, the experience was laced with shame and embarrassment - what would people, especially those who know me think of me with a blood-stained dress? What do people think of me now as they read this?

In my interaction with students, I have seen teenage school girls often having sweaters even in hot coastal environments. Additionally, you would observe the girls tying sweaters around their waists, a behaviour uncommon among boys. It is possible that the leso version for girls is sweaters and hence there is a need to reflect on why both girls and women consider it necessary to cover menstrual related blood stains. Why is menstrual blood considered 'dirty' whereas there is no visible effort to cover blood in situations where accidents occur? Who exactly is embarrassed by the spotting?

Language and narratives are an important component of culture helping to shape identities and create shared meanings (Kumari, 2024). Referring to menstrual bleeding as dirty implies that it should not be aspired to or associated with. If society considers menstrual bleeding to be shameful, then perhaps there is a need to make menstrual products affordable and accessible so that women can change more frequently to reduce the possibility of leaks and stains. This should include the possibility of free to pick menstrual products at strategic points to address unexpected commencement of menses. There is also a need for awareness to reduce the stigma associated with menses and to encourage consistent participation of women by making available water and toilets.

5. Discussion

As one drawn to autoethnography where the researcher's experience is the data (Cooper & Lilyea, 2022), I have reflected on the experiences I share to address the questions of how menses shape women's participation and how women negotiate work spaces during menses. I have suffered discomfort on behalf of readers who may not feel so comfortable with my descriptions and revised them in an attempt to present them in a dignified manner. I have thought about readers who may feel like my words actually make them dirty as the lady at the ferry referred to me making myself dirty. Or readers who would dismiss these narrations and reflections as personal and irrelevant in the face of seemingly bigger marine challenges and 'real' research.

Alongside collective norms, individual choices can either reinforce or dismember social systems. Drawing from my own lived experiences during menstruation, it is possible that women make choices about their interaction in marine and coastal spaces guided by how menses shape their participation and what they perceive to be enabling or disempowering factors around menstruation as well as what they consider to be practical requirements during menstruation. Do women for example experience the feeling of shame or uncleanliness during menstruation? Are they therefore likely to diminish their visibility and hush their voices thus

missing out on critical conversations regarding marine resource use, allocation and control? The embodiment of menstruation can also reveal cramps which are pains associated with the onset or presence of menses. In some cases, medical attention may be required, a scenario that should be accorded the necessary medical treatment rather than an opportunity to shame women for impacted work outputs. In such instances, are women courageous enough to request time from work when needed to address menstrual related challenges without fear of being penalised?

Enabling and disempowering factors around menstruation include awareness of what to use in the water during menses. Tampons and menstrual cups are able to hold the flow of blood without leaks in water yet require proper placement that is a taught and mastered skill. Additionally, tampons are costly and menstrual cups may require disinfection and careful handling to prevent infections. Toilets and clean water are physical infrastructures that address the needs of menstruating women. However, availability must be accompanied by access. To be aware of how to use a tampon without being able to afford it is pointless just like having a locked toilet. Hence both economic and social structures should be in place to support women during menstruation.

In my case, menstruation did not have much impact on my plans as I could afford tampons for snorkelling activities, toilet facilities were cavailable and the expeditions required at most 3-4 hours. However, my participation in full day activities was determined by the anticipated heaviness of my menses on that particular day and access to toilets. These experiences highlight the possibility that women would forego participation and engagement due to menstrual related challenges. The likely absence of women's voices in decision making around marine resources is a cost that needs to be evaluated.

6. Conclusion

As key users, the voices and presence of women and girls in the marine and coastal spaces is critical for sustainability. Addressing barriers through structural interventions that ensure dignity during menstruation as well as challenging narratives that shape social norms which promote exclusion of menstruating women is necessary to support women's real engagement. Finally, we need to normalise conversations about menstruation in marine and coastal spaces. After all, menstruation is a part of life that cannot be wished away for women.

7. Acknowledgements

This is part of the work I carried out during my experience as an Erasmus Mobility student at the Doctoral School of the University of Szczecin. I am grateful to have been nominated by the School of Humanities and Social Sciences, Technical University of Mombasa and integrated into the Doctoral school community in the University of Szczecin. Much appreciation to Dr. Colette Szczepaniak for introducing me to Creativity in Science and providing much guidance in autoethnography.

8. Bibliography

Adisa, S., Kadagi, N. I., Ater, S., Wambiji, N., Okeri, M. N., & Serra, R. (2025). Artisanal billfish fisheries: gender roles, challenges, and opportunities. *Frontiers in Marine Science*, *12*, 1658666.

Agarwal, B. (2001). Participatory exclusions, community forestry, and gender: An analysis for South Asia and a conceptual framework. *World development*, *29*(10), 1623-1648.

Alati, V. M., Osuka, K., Otwoma, L. M., Tuda, P., & Nordlund, L. M. (2023). Gender analysis in fisheries: The case of the shelled mollusc fisheries in Kenya. *Marine Policy*, *158*, 105863.

Chambon, M., Ziveri, P., Fernandez, S. A., Chevallier, A., Dupont, J., Wandiga, J. N., ... & Reyes-Garcia, V. (2024). The gendered dimensions of small-scale fishing activities: A case study from coastal Kenya. *Ocean & Coastal Management*, *257*, 107293.

Cooper, R., & Lilyea, B. (2022). I'm interested in autoethnography, but how do I do it. *The qualitative report*, *27*(1), 197-208.

Denzin, Norman K. (2014) Interpretive Autoethnography. University of Illinois at rbana-Champaign. SAGE Publishers

Ellis, C. S., & Bochner, A. P. (2006). Analyzing analytic autoethnography: An autopsy. *Journal of contemporary ethnography*, *35*(4), 429-449.

Fondo, E. N., Bitoun, R. E., Kimani, E. N., Munga, C. N., Wambiji, N., Ishmael, N., ... & Devillers, R. (2025). The contributions of coastal small-scale fisheries toward the sustainable development goals: a Kenyan Case Study. *npj Ocean Sustainability*, *4*(1), 14.

Gissi, E., Portman, M. E., & Hornidge, A. K. (2018). Un-gendering the ocean: Why women matter in ocean governance for sustainability. *Marine Policy*, *94*, 215-219.

Kanyange, N., Kimani, P., Onyango, P., Sweenarain, S., & Yvergniaux, Y. (2014). Performance assessment of Beach Management Units along the coastlines of Kenya and Tanzania.

Kelly, M. R., Kasinak, J. M., McKinley, E., McLaughlin, C., Vaudrey, J. M., & Mattei, J. H. (2023). Conceptualizing the construct of ocean identity. *npj Ocean Sustainability*, *2*(1), 17.

Kitada, M. (2013). Code of behaviour at sea: women seafarers' shipboard identity management. *WMU Journal of Maritime Affairs*, *12*(2), 213-227.

Kumari, R. (2024). Shaping societal realities: The dynamic relationship between language and social norms. *International Journal of Cultural Studies and Social Sciences*, *20*(2), 118-123.

Luitel, B. C., & Dahal, N. (2020). Conceptualising transformative praxis. *Journal of Transformative Praxis*, *1*(1), 1-8.

Maldonado, O. (2025, September 27-28). *Integrating Gender and DEI in the Risk and Negative Side Effect Assessment tool.* Workshop. 13th WIOMSA Symposium, Mombasa, Kenya

Pao, P. S. (2023). Social stigma centred around menstruation: A reflective review. *Frontier Anthropology*, *11*, 51-58.

Ojwala, R. A., Kitada, M., Neat, F., & Buckingham, S. (2022). Effectiveness of gender policies in achieving gender equality in ocean science programmes in public universities in Kenya. *Marine Policy*, *144*, 105237

Rocheleau, D., Thomas-Slayter, B., & Wangari, E. (Eds.). (2013). Gender and Environment in *Feminist Political Ecology: Global Issues and Local Experience*. Routledge.

Sultana, F. (2011). Suffering for water, suffering from water: Emotional geographies of resource access, control and conflict. *Geoforum*, *42*(2), 163-172.

Wanyonyi, I. N., Wamukota, A., Mwakha Alati, V., & Osuka, K. (2021). The influence of 'space'on migrant fisher livelihoods. *African Identities*, *19*(3), 359-374.

WEF (2025). Global Gender Gap Report 2025 https://www.weforum.org/publications/global-gender-gap-report-2025/in-full/

Legitymacja czynna organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym a prowadzenie przez nie działalności gospodarczej

Jakub Cieśla [1]

[1] Instytut Nauk Prawnych, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Szczeciński; email: jakub.ciesla@outlook.com, ORCID: 0000-0003-4406-8843

Streszczenie: Artykuł analizuje legitymację czynną organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym, koncentrując się na relacji między ich statutowym charakterem non profit a dopuszczalnością prowadzenia działalności gospodarczej. Przedstawiono dwa zasadnicze kierunki wykładni: restrykcyjny, eliminujący z udziału w postępowaniu podmioty łączące działalność społeczną i gospodarczą, oraz liberalny, dopuszczający ich udział, gdy aktywność zarobkowa ma charakter uboczny i służebny względem celów pożytku publicznego.

Słowa kluczowe: organizacje pozarządowe; działalność gospodarcza; funkcja ochronna postępowania cywilnego

Abstract: The article examines the standing of non-governmental organisations in civil proceedings, focusing on the relationship between their statutory non-profit character and the admissibility of conducting economic activity. It outlines two principal interpretative approaches: a restrictive one, which excludes from participation in proceedings entities that combine social and economic activity, and a liberal one, which allows their participation where profit-oriented activity is ancillary and instrumental to public-benefit objectives.

Key words: non-governmental organisations; standing; civil procedure; economic activity; protective function

1. Wprowadzenie

Udział organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym stanowi punkt styku między konstrukcją procesu cywilnego jako instrumentu ochrony praw jednostki a rozwojem społeczeństwa obywatelskiego oraz organizacji działających w interesie określonych grup społecznych. W szczególności dotyczy to spraw z zakresu prawa pracy i ubezpieczeń społecznych, w których pozycja pracownika jako słabszej strony stosunku prawnego uzasadnia wzmocnioną ingerencję ustawodawcy w kształt mechanizmów ochronnych postępowania (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82).

Podstawową regulacją normującą udział organizacji pozarządowych w procesie cywilnym jest art. 8 k.p.c., który – w powiązaniu z art. 61 i 462 k.p.c. – określa przesłanki ich występowania w charakterze podmiotów na prawach strony. Jednocześnie przepis ten zawiera kontrowersyjne zastrzeżenie, że organizacje te mogą działać jedynie wówczas, gdy ich zadanie statutowe nie polega na prowadzeniu działalności gospodarczej. Na tle tej regulacji powstał spór, czy jakakolwiek działalność gospodarcza prowadzona przez organizację pozarządową wyłącza możliwość korzystania z uprawnień wynikających z art. 8 k.p.c., czy też decydujące znaczenie ma charakter tej działalności i jej relacja do zasadniczych celów statutowych organizacji (Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

Znaczenie praktyczne tego sporu trudno przecenić. Wiele współczesnych organizacji pozarządowych, w tym fundacje, stowarzyszenia czy związki zawodowe, prowadzi – obok

działalności statutowej – działalność gospodarczą, której celem jest pozyskiwanie środków na realizację zadań pożytku publicznego. Przyjęcie restrykcyjnej wykładni art. 8 k.p.c. prowadziłoby do pozbawienia takich podmiotów możliwości występowania w procesie, mimo że to właśnie one dysponują największym potencjałem eksperckim i organizacyjnym w zakresie ochrony praw swoich beneficjentów (Gajda-Roszczynialska, 2012, passim).

2. Cel i metodologia badania

Celem artykułu jest rekonstrukcja i krytyczna ocena przesłanek legitymacji czynnej organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym z uwzględnieniem kryterium braku „zadania statutowego polegającego na prowadzeniu działalności gospodarczej". Artykuł zmierza do udzielenia odpowiedzi na cztery zasadnicze pytania badawcze: po pierwsze – jak rozumieć pojęcie organizacji pozarządowej na gruncie k.p.c. w świetle definicji zawartych w ustawach ustrojowych; po drugie – czy prowadzenie działalności gospodarczej przez organizację zawsze wyklucza jej legitymację z art. 8 k.p.c.; po trzecie – jaki jest aktualny kierunek wykładni prezentowany w judykaturze Sądu Najwyższego; po czwarte – jakie są konsekwencje przyjęcia określonej koncepcji wykładni dla realizacji funkcji ochronnej postępowania cywilnego.

W warstwie metodologicznej zastosowano przede wszystkim metodę dogmatycznoprawną, obejmującą analizę przepisów Kodeksu postępowania cywilnego[1], Ustawy o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie[2], ustawy – Prawo przedsiębiorców[3] oraz ustawy – Prawo o stowarzyszeniach[4]. Analiza ta została uzupełniona o ujęcia systemowe i funkcjonalne prezentowane w doktrynie i orzecznictwie.

3. Ramy normatywne udziału organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym

3.1. Art. 8, art. 61 i art. 462 k.p.c. jako podstawa legitymacji procesowej

Art. 8 k.p.c. stanowi, że organizacje pozarządowe, których zadanie statutowe nie polega na prowadzeniu działalności gospodarczej, mogą dla ochrony praw obywateli, w wypadkach przewidzianych w ustawie, wszcząć postępowanie oraz wziąć udział w toczącym się postępowaniu. Przepis ten ma charakter ogólny i wymaga dopełnienia przez regulacje

[1] Ustawa z dnia 17 listopada 1964 r. – Kodeks postępowania cywilnego (Dz.U. 2023, poz. 1550, t.j. ze zm.).
[2] Ustawa z dnia 24 kwietnia 2003 r. o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie (Dz.U. 2023, poz. 571, t.j.).
[3] Ustawa z dnia 6 marca 2018 r. – Prawo przedsiębiorców (Dz.U. 2023, poz. 221, t.j. ze zm.).
[4] Ustawa z dnia 7 kwietnia 1989 r. – Prawo o stowarzyszeniach (Dz.U. 2020, poz. 2261, t.j.).

szczegółowe, określające rodzaje spraw oraz formy aktywności procesowej danych organizacji. W odniesieniu do spraw z zakresu prawa pracy i ubezpieczeń społecznych przepisem takim jest przede wszystkim art. 462 k.p.c., który – odsyłając do art. 61–63 k.p.c. – wskazuje, że organizacje pozarządowe mogą wytaczać powództwa na rzecz pracownika lub ubezpieczonego, wnosić odwołania od decyzji organów rentowych, przystępować do toczącego się postępowania, a także przedstawiać sądowi pogląd istotny dla sprawy (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3; Feliga, 2023, nb 1–3; Pogonowski, 2021; Sychowicz & Kulski, 2019, nb 1–3; Zieliński & Flaga-Gieruszyńska, 2025, nb 1, 7; Aniukiewicz, Flaga-Gieruszyńska, Klich, & Radkiewicz, 2024, cz. 2, D, Organizacje pozarządowe).

Art. 61 k.p.c. normuje udział organizacji pozarządowych w sprawach o alimenty, ochronę środowiska, ochronę konsumentów, ochronę praw z zakresu własności przemysłowej oraz ochronę równości i niedyskryminacji. Z kolei art. 63 k.p.c. umożliwia przedstawienie sądowi poglądu istotnego dla sprawy. Na tym tle art. 462 k.p.c. pełni funkcję przepisu szczególnego, który w sprawach z zakresu prawa pracy i ubezpieczeń społecznych rozszerza katalog form aktywności organizacji, przyznając im status podmiotów na prawach strony i wprowadzając szczególne gwarancje ochronne dla pracownika jako słabszej strony stosunku prawnego (Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

3.2. Pojęcie organizacji pozarządowej i dopuszczalność działalności gospodarczej

Kodeks postępowania cywilnego nie zawiera własnej definicji organizacji pozarządowej. W doktrynie zgodnie przyjmuje się, że należy sięgnąć do art. 3 ust. 2 ustawy o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie, zgodnie z którym organizacjami pozarządowymi są podmioty nienależące do sektora finansów publicznych i niedziałające w celu osiągnięcia zysku, w szczególności fundacje i stowarzyszenia. Jak trafnie wskazuje A. Góra-Błaszczykowska, o niezarobkowym charakterze takich organizacji przesądza nie tyle brak jakiejkolwiek działalności zarobkowej, ile zakaz przeznaczania osiągniętego dochodu do podziału między członków lub założycieli – środki te muszą służyć finansowaniu działalności statutowej o charakterze pożytku publicznego (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Sychowicz & Kulski, 2019, nb 1–3; Feliga, 2023, nb 1–3; Pogonowski, 2021).

Sama ustawa o działalności pożytku publicznego i wolontariacie dopuszcza w art. 8 kilka przypadków prowadzenia działalności odpłatnej przez takie podmioty (sfera zadań publicznych, sprzedaż przedmiotów darowizny, sprzedaż wytworzonych towarów lub świadczenie usług w zakresie rehabilitacji społecznej i zawodowej osób niepełnosprawnych

oraz w zakresie integracji i reintegracji zawodowej i społecznej osób zagrożonych wykluczeniem społecznym). Zasadą jest, że działalność pożytku publicznego nie jest działalności gospodarczą, choć art. 9 ww. ustawy stanowi od tej zasady wyjątki.

Przepisy ustrojowe wprost dopuszczają możliwość prowadzenia działalności gospodarczej przez organizacje pozarządowe. Przykładowo art. 34 ustawy – Prawo o stowarzyszeniach stanowi, że stowarzyszenie może prowadzić działalność gospodarczą, jeżeli dochód z tej działalności służy realizacji celów statutowych. Podobne rozwiązania przewidziano dla fundacji. Pojęcie działalności gospodarczej na gruncie ustawy – Prawo przedsiębiorców wiąże się z przesłankami zarobkowego, zorganizowanego i ciągłego charakteru aktywności. W konsekwencji ustawodawca dopuszcza model, w którym organizacja pozarządowa łączy działalność statutową z działalnością gospodarczą, o ile ta ostatnia ma charakter służebny względem celów pożytku publicznego (Kruszewski, 2019; Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Sychowicz & Kulski, 2019, nb 1–3; Feliga, 2023, nb 1–3).

Zestawienie tych regulacji z brzmieniem art. 8 k.p.c. prowadzi do wniosku, że sformułowanie „organizacje pozarządowe, których zadanie statutowe nie polega na prowadzeniu działalności gospodarczej" nie może być rozumiane jako całkowity zakaz podejmowania przez nie działalności gospodarczej. Przepis ten należy interpretować w ten sposób, że wyklucza on z zakresu zastosowania art. 8 k.p.c. jedynie takie podmioty, których głównym, dominującym celem statutowym jest prowadzenie działalności gospodarczej, a nie organizacje, które wykorzystują ją pomocniczo do finansowania działań prospołecznych (Bodio, 2017; Gajda-Roszczynialska, 2012, passim; Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Pogonowski, 2021; Feliga, 2023, nb 1–3; Zieliński & Flaga-Gieruszyńska, 2025, nb 1, 7).

4. Problematyka „zadania statutowego niepolegającego na działalności gospodarczej"

Na tle art. 8 k.p.c. wykształciły się dwa konkurencyjne kierunki wykładni. Zgodnie z pierwszym, restrykcyjnym podejściem, jakiekolwiek prowadzenie działalności gospodarczej przez organizację pozarządową powoduje utratę możliwości korzystania z uprawnień procesowych z art. 8 k.p.c. Zwolennicy tego rozwiązania wskazują, że użyty w przepisie zwrot „zadanie statutowe nie polega na prowadzeniu działalności gospodarczej" należy rozumieć w ten sposób, iż ustawodawca chciał wyłączyć z zakresu zastosowania art. 8 k.p.c. wszystkie podmioty prowadzące działalność gospodarczą, niezależnie od jej zakresu i funkcji. Koncepcję tę prezentowano zwłaszcza w komentarzach powstałych na tle nowelizacji z 2004 r.

(Jędrzejewska, 2004, uwagi 4–7; Korus, 2005, komentarz do art. 8 (LEX/el.); Pogonowski, 2021).

Druga, liberalna koncepcja, prezentowana w nowszej doktrynie oraz judykaturze, opiera się na rozróżnieniu między działalnością zasadniczą a działalnością uboczną organizacji. W tym ujęciu art. 8 k.p.c. wyklucza z zakresu zastosowania jedynie te organizacje, których podstawową, dominującą funkcją jest prowadzenie działalności gospodarczej, natomiast dopuszcza udział tych podmiotów, które prowadzą ją pomocniczo, w celu finansowania działalności statutowej o charakterze niezarobkowym. Koncepcja ta koresponduje z systemową definicją organizacji pozarządowej oraz z konstrukcją działalności pożytku publicznego (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

4.1. Funkcja ochronna postępowania cywilnego a wykładnia art. 8 k.p.c.

Analizując problem wykładni art. 8 k.p.c., nie można abstrahować od funkcji ochronnej postępowania cywilnego w sprawach z zakresu prawa pracy. Jak wskazuje M. Mędrala, udział organizacji społecznych i związków zawodowych w tych sprawach stanowi istotny element personalno-ustrojowego wymiaru funkcji ochronnej, wzmacniający pozycję pracownika w sporze z pracodawcą. Organizacje te, jako podmioty na prawach strony, mogą wytaczać powództwa na rzecz pracowników, przystępować do toczących się postępowań oraz przedstawiać sądowi pogląd istotny dla sprawy, co daje im realny wpływ na przebieg i wynik procesu (Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

Szczególnie interesujący jest postulat de lege ferenda formułowany przez M. Mędralę, zgodnie z którym wszczęcie postępowania na rzecz pracownika oraz przystąpienie do postępowania przez organizację społeczną powinno być we wszystkich przypadkach uzależnione od zgody zainteresowanego, wyrażonej na piśmie. Propozycja ta ma na celu lepsze zrównoważenie funkcji ochronnej z zasadą dyspozycyjności procesu cywilnego, a zarazem podkreśla osobisty charakter roszczeń pracowniczych (Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3). W kontekście analizowanego problemu świadczy ona o tym, że ustawodawca dopuszcza daleko idące wzmocnienie pozycji pracownika poprzez udział organizacji pozarządowych, co z kolei przemawia za interpretacją art. 8 k.p.c. sprzyjającą ich aktywności, a nie ją ograniczającą.

5. Orzecznictwo Sądu Najwyższego

W najnowszym orzecznictwie Sądu Najwyższego widoczny jest wyraźny zwrot w kierunku liberalnej wykładni art. 8 k.p.c. Na przykład w wyrokach z 18 maja 2021 r., I PSKP 30/21 i I PSKP 31/21, oraz z 30 czerwca 2021 r., I PSKP 47/21, Sąd Najwyższy wskazał, że

prowadzenie przez organizację pozarządową działalności gospodarczej nie wyklucza jej legitymacji do występowania w sprawach z zakresu prawa pracy i ubezpieczeń społecznych, jeżeli działalność ta ma charakter uboczny wobec statutowej działalności. Orzeczenia te akcentują znaczenie celu działalności organizacji oraz realizowanej przez nią funkcji ochronnej, a nie formalnego faktu wpisania działalności gospodarczej do statutu. Kierunek ten dostrzegają również komentatorzy analizujący art. 8 k.p.c. po nowelizacjach, akcentując odejście od czysto formalnego rozumienia kryterium działalności gospodarczej (Feliga, 2023, nb 1–3; Pogonowski, 2021; Zieliński & Flaga-Gieruszyńska, 2025, nb 1, 7).

Postanowienie Sądu Najwyższego z 5 sierpnia 2021 r., II PSK 77/21, choć dotyczyło odmowy przyjęcia skargi kasacyjnej do rozpoznania, zawiera istotne wskazówki interpretacyjne. Sąd Najwyższy podkreślił, że art. 8 k.p.c. ma charakter normy ogólnej, której zastosowanie wymaga odwołania do przepisów szczególnych, oraz że przy ocenie statusu organizacji pozarządowej należy badać całokształt jej działalności statutowej, w tym relację między działalnością niezarobkową a ewentualną działalnością gospodarczą. Tym samym Sąd Najwyższy opowiedział się za wykładnią, w której decydujące znaczenie ma funkcja pełniona przez organizację w systemie ochrony praw jednostki, a nie formalny zakaz jakiejkolwiek działalności gospodarczej.

Z kolei w wyroku SN z 18 stycznia 2022 r., II USKP 126/21 sąd zauważył, że „[d]ziałalność gospodarcza jako działalność zarobkowa powinna być nastawiona na osiąganie zysku, co nie wyklucza czasowo jej deficytowego charakteru. Stąd konieczne jest rozróżnienie motywu zysku od efektu zysku". Sąd wyraźnie akcentuje, że o zarobkowym charakterze decyduje motyw zysku, rozumiany jako zamiar prowadzenia działalności w sposób podporządkowany regułom opłacalności, a nie faktyczny rezultat ekonomiczny w postaci dodatniego bilansu w danym okresie rozliczeniowym. Innymi słowy, czasowy deficyt nie przekreśla kwalifikacji danej aktywności jako działalności gospodarczej, o ile da się zrekonstruować racjonalny plan dojścia do rentowności i podporządkowanie działań zasadzie gospodarności. Rozróżnienie „motywu zysku" od „efektu zysku" ma doniosłe znaczenie także na gruncie innych gałęzi prawa – pozwala oddzielić sytuacje, w których strata jest naturalnym etapem rozwoju przedsięwzięcia (np. początkowa faza inwestycji, ponoszenie nakładów), od tych, w których brak ekonomicznego sensu działalności wskazuje na instrumentalne wykorzystywanie określonego reżimu prawnego (tu: systemu ubezpieczeń społecznych). Na tle art. 8 k.p.c. ta linia rozumowania wzmacnia tezę, że ustawowe kryterium „niedziałania w celu osiągnięcia zysku" w odniesieniu do organizacji pozarządowych powinno być wiązane przede wszystkim z celem statutowym i przeznaczeniem ewentualnej nadwyżki, a nie z samym faktem

osiągania – bądź nie – dodatniego wyniku finansowego. Skoro SN dopuszcza prowadzenie działalności gospodarczej mimo czasowej deficytowości, byle tylko motywem był zysk, to tym bardziej należy przyjąć, że inkasowanie opłat, wynagrodzeń czy dotacji przez organizację pozarządową nie zmienia automatycznie jej charakteru, jeżeli ustawowo i statutowo nie jest ona nastawiona na zysk jako cel sam w sobie, a ewentualne nadwyżki przeznacza na działalność statutową. Komentowana teza stanowi więc ważny punkt odniesienia dla wykładni art. 8 k.p.c. w kierunku, który pozwala odróżnić dopuszczalną działalność odpłatną (służącą finansowaniu celów statutowych) od działalności stricte zarobkowej, a tym samym ogranicza ryzyko nadmiernie formalistycznego wyłączania organizacji pozarządowych z kręgu podmiotów uprawnionych do działania w procesie cywilnym. Przy czym wydaje się, że nie można tego podziału utożsamiać z podziałem na odpłatną i nieodpłatną działalność pożytku publicznego ze względu na to, że nie każda odpłatna działalność pożytku publicznego służy celom zarobkowym.

Na uwagę zasługuje też wyrok Sądu Najwyższego z 11 maja 2022 r., II PSKP 95/21. Sąd Najwyższy odwołuje się do sytuacji, w której faktyczna działalność stowarzyszenia sprowadza się wyłącznie do wytaczania powództw przez profesjonalnych pełnomocników – członków stowarzyszenia – z wnioskiem o zasądzanie kosztów procesu. Taki model działalności zostaje jednoznacznie zakwalifikowany jako działalność komercyjna (zarobkowa), prowadząca do utraty statusu organizacji pożytku publicznego w rozumieniu art. 8 i art. 462 k.p.c. W istocie Sąd Najwyższy piętnuje tu zjawisko wykorzystywania formy NGO do prowadzenia działalności quasi-kancelaryjnej, korzystającej z przywilejów procesowych przewidzianych dla organizacji pozarządowych (np. zwolnień od opłat), przy jednoczesnym transferze korzyści finansowych do wąskiej grupy profesjonalnych pełnomocników. Sąd Najwyższy sygnalizuje tym samym sądom powszechnym konieczność badania nie tylko treści statutu i wpisu do KRS, lecz także rzeczywistego profilu działalności stowarzyszenia, struktury finansowania oraz kierunku przepływu środków. Jeżeli dominującą funkcją organizacji jest generowanie wynagrodzeń z działalności procesowej na rzecz osób powiązanych, a komponent działalności społecznie użytecznej jest w istocie iluzoryczny, to podmiot taki powinien zostać uznany za działający w celu osiągnięcia zysku i wyłączony z kręgu organizacji uprawnionych do działania na podstawie art. 8 k.p.c. Tego rodzaju kwalifikacja pełni w ocenie autora podwójną rolę: z jednej strony chroni spójność systemową konstrukcji organizacji pozarządowej jako podmiotu non profit, z drugiej zaś zapobiega deformacji rynku usług prawnych poprzez wykorzystywanie przywilejów procesowych przeznaczonych dla rzeczywistych podmiotów społeczeństwa obywatelskiego.

Sądy coraz częściej przyjmują, że prowadzenie przez organizację pozarządową działalności gospodarczej nie stanowi samoistnej podstawy do odmowy dopuszczenia jej do udziału w postępowaniu, o ile wykazuje ona, że działa w zakresie swoich zadań statutowych na rzecz ochrony praw konkretnych osób fizycznych. W literaturze zwraca się uwagę, że tego rodzaju wykładnia wzmacnia model procesu o funkcji ochronnej, w którym NGO pełnią rolę pośredników między interesem jednostkowym a interesem publicznym (Aniukiewicz, Flaga-Gieruszyńska, Klich, & Radkiewicz, 2024, cz. 2, D, Organizacje pozarządowe; Knapp & Włodawiec, 2023, s. 83–97).

6. Konsekwencje przyjęcia restrykcyjnej wykładni art. 8 k.p.c.

Przyjęcie restrykcyjnej wykładni art. 8 k.p.c., wykluczającej z udziału w postępowaniu wszystkie organizacje prowadzące działalność gospodarczą, wywoływałoby szereg negatywnych konsekwencji systemowych. Po pierwsze, prowadziłoby do swoistej sankcji za profesjonalizację i stabilizację finansową organizacji pozarządowych. Podmioty, które – w celu uniezależnienia się od zmiennych źródeł finansowania publicznego – zdecydowały się na prowadzenie działalności gospodarczej, zostałyby pozbawione możliwości korzystania z instrumentów procesowych mających służyć ochronie praw jednostek (Gajda-Roszczynialska, 2012, passim; Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3; Knapp & Włodawiec, 2023, s. 83–97).

Po drugie, restrykcyjna wykładnia pozostawałaby w sprzeczności z systemową definicją organizacji pozarządowej, która – jak wskazuje A. Góra-Błaszczykowska – nie wyklucza prowadzenia działalności zarobkowej, o ile dochód jest przeznaczany na realizację celów statutowych, a nie na zysk członków (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82). Taki rozdźwięk między prawem ustrojowym a prawem procesowym powodowałby niepożądaną niespójność systemu prawa i utrudniałby praktyczne stosowanie przepisów dotyczących organizacji pozarządowych. Przeciwko takiemu podejściu przemawia również praktyka postępowań sektorowych, w których ustawodawca wprost zwiększa rolę organizacji pozarządowych jako strażników interesu słabszych uczestników obrotu (Knapp & Włodawiec, 2023, s. 83–97).

Po trzecie, konsekwentne wdrożenie restrykcyjnego podejścia prowadziłoby do nieuzasadnionego zróżnicowania sytuacji prawnej podmiotów podobnych. Dwie organizacje realizujące identyczne cele statutowe – z których jedna prowadzi w niewielkim zakresie działalność gospodarczą, a druga nie – byłyby traktowane odmiennie wyłącznie ze względu na przyjęty model finansowania działalności statutowej. Trudno znaleźć przekonujące argumenty

aksjologiczne, które usprawiedliwiałyby takie zróżnicowanie z punktu widzenia funkcji ochronnej procesu cywilnego.

Wreszcie, restrykcyjna wykładnia mogłaby skłaniać organizacje do ukrywania rzeczywistej działalności gospodarczej lub jej formalnego wyłączania ze statutów, aby zachować możliwość działania na podstawie art. 8 k.p.c. Taki stan rzeczy byłby sprzeczny z zasadą transparentności życia publicznego i mógłby prowadzić do zjawisk pozorności, utrudniających kontrolę prawidłowości funkcjonowania organizacji pozarządowych.

7. Wnioski de lege lata i de lege ferenda

Przeprowadzona analiza prowadzi do wniosku, że art. 8 k.p.c. należy interpretować wsposób dopuszczający udział w postępowaniu cywilnym organizacji pozarządowych prowadzących działalność gospodarczą, o ile nie stanowi ona ich zasadniczego zadania statutowego, lecz ma charakter uboczny i służebny względem działalności o charakterze pożytku publicznego. Chodzi przy tym o faktyczny cel działalności, a nie jedynie cel deklarowany. Bowiem zgodnie z art. 34 Prawa o stowarzyszeniach „[d]ochód z działalności gospodarczej stowarzyszenia służy realizacji celów statutowych i nie może być przeznaczony do podziału między jego członków". Co za tym idzie prawidłowo zarejestrowany statut stowarzyszenia nigdy jako główny cel nie będzie wskazywał prowadzenia działalności gospodarczej dla zysku, choć praktyka w tym zakresie może być niekiedy inna.Taka wykładnia pozostaje w zgodzie z definicją organizacji pozarządowej na gruncie ustawy o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie, z regulacjami Prawa o stowarzyszeniach i Prawa przedsiębiorców, a także z funkcją ochronną postępowania cywilnego w sprawach z zakresu prawa pracy (Góra-Błaszczykowska, 2023, nb 79–82; Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

De lege lata należy postulować konsekwentne stosowanie przez sądy powszechne liberalnej wykładni art. 8 k.p.c., potwierdzonej w najnowszym orzecznictwie Sądu Najwyższego. Powinna ona opierać się na ocenie rzeczywistego profilu działalności organizacji, w tym relacji między działalnością statutową a działalnością gospodarczą, a nie na formalnym stwierdzeniu, że organizacja prowadzi lub może prowadzić działalność zarobkową. Z kolei de lege ferenda zasadne wydaje się doprecyzowanie treści art. 8 i art. 462 k.p.c. poprzez jednoznaczne wskazanie, że chodzi o organizacje, których podstawowa działalność ma charakter niezarobkowy, oraz uzależnienie wszczynania i przystępowania do postępowania w sprawach z zakresu prawa pracy od zgody pracownika, zgodnie z postulatem formułowanym w doktrynie (Mędrala, 2011, rozdz. IV, pkt 3.3).

Udział organizacji pozarządowych w postępowaniu cywilnym stanowi ważny instrument realizacji zasady sprawiedliwości społecznej oraz budowy społeczeństwa obywatelskiego. Przyjęcie liberalnej wykładni art. 8 k.p.c. pozwala lepiej wykorzystać potencjał tych organizacji i zapewnić bardziej efektywną ochronę praw jednostek.

8. Bibliografia

8.1. Piśmiennictwo

Bodio, J. (2017). Art. 8. W A. Jakubecki (red.), Kodeks postępowania cywilnego. Tom I. Komentarz do art. 1–729 (7. wyd.). Wolters Kluwer.

Gajda-Roszczynialska, K. (2012). Sprawy o ochronę indywidualnych interesów konsumentów w postępowaniu cywilnym. C.H. Beck.

Góra-Błaszczykowska, A. (2023). Organizacje pozarządowe. W S. Cieślak (red.), System prawa procesowego cywilnego. Tom II, część III: Postępowanie procesowe przed sądem pierwszej instancji. Postępowania odrębne w szczególnych kategoriach spraw. Wolters Kluwer.

Kruszewski, A. K. (2019). Art. 3. W A. Pietrzak (red.), Prawo przedsiębiorców. Komentarz. Wolters Kluwer.

Mędrala, M. (2011). Funkcja ochronna cywilnego postępowania sądowego w sprawach z zakresu prawa pracy. Oficyna.

Piaskowska, M. (2023). Kodeks postępowania cywilnego. Postępowanie procesowe. Komentarz aktualizowany. LEX/el.

Pogonowski, P. (2021). Art. 8. W T. Wiśniewski (red.), Kodeks postępowania cywilnego. Komentarz. Tom I. Artykuły 1–366. Wolters Kluwer.

Staszczyk, P. (2022). Ustawa o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie. Komentarz. Wolters Kluwer.

Aniukiewicz, T., Flaga-Gieruszyńska, K., Klich, A., & Radkiewicz, T. (2024). Podmioty postępowania cywilnego. W K. Flaga-Gieruszyńska (red.), Postępowanie cywilne. Komentarz praktyczny dla sędziów i pełnomocników procesowych. Wzory pism sądowych i procesowych z przykładowymi stanami faktycznymi, linie orzecznicze, koszty sądowe. Wolters Kluwer.

Feliga, P. (2023). Art. 8. W T. Szanciło (red.), Kodeks postępowania cywilnego. Komentarz. Art. 1–45816. Tom I (2. wyd.). Wolters Kluwer.

Jędrzejewska, M. (2004). Art. 8. W T. Ereciński, J. Gudowski, & M. Jędrzejewska, Komentarz do kodeksu postępowania cywilnego. Część pierwsza. Postępowanie rozpoznawcze (5. wyd.). LexisNexis.

Knapp, M., & Włodawiec, P. (2023). Rola i uprawnienia organizacji pozarządowych w postępowaniach w sprawach praktyk nieuczciwie wykorzystujących przewagę kontraktową. Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny, 2023(3), 83–97.

Korus, K. (2005). Art. 8. W Kodeks postępowania cywilnego. Komentarz do zmian wprowadzonych ustawą z dnia 2 lipca 2004 r. o zmianie ustawy – Kodeks postępowania cywilnego oraz niektórych innych ustaw oraz ustawą z dnia 22 grudnia 2004 r. o zmianie ustawy – Kodeks postępowania cywilnego oraz ustawy – Prawo o ustroju sądów powszechnych. LEX/el.

Sychowicz, M., & Kulski, R. (2019). Art. 8. W A. Marciniak (red.), Kodeks postępowania cywilnego. Tom I. Komentarz. Art. 1–205. Wolters Kluwer.

Zieliński, A., & Flaga-Gieruszyńska, K. (2025). Art. 8. W K. Flaga-Gieruszyńska & A. Zieliński, Kodeks postępowania cywilnego. Komentarz (13. wyd.). Wolters Kluwer.

8.2. Orzecznictwo

Trybunał Konstytucyjny. (2007, 30 maja). Wyrok w sprawie SK 68/06 (Dz.U. 2007, nr 106, poz. 731).
Sąd Najwyższy. (2021, 18 maja). Wyrok w sprawie I PSKP 30/21.
Sąd Najwyższy. (2021, 18 maja). Wyrok w sprawie I PSKP 31/21.
Sąd Najwyższy. (2021, 30 czerwca). Wyrok w sprawie I PSKP 47/21.
Sąd Najwyższy. (2021, 5 sierpnia). Postanowienie w sprawie II PSK 77/21.
Sąd Najwyższy (2022, 18 stycznia). Wyrok w sprawie II USKP 126/21.
Sąd Najwyższy (2022, 11 maja). Wyrok w sprawie II PSKP 95/21.

8.3. Akty normatywne

Ustawa z dnia 17 listopada 1964 r. – Kodeks postępowania cywilnego (Dz.U. 2023, poz. 1550, t.j. ze zm.).
Ustawa z dnia 24 kwietnia 2003 r. o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie (Dz.U. 2023, poz. 571, t.j.).
Ustawa z dnia 6 marca 2018 r. – Prawo przedsiębiorców (Dz.U. 2023, poz. 221, t.j. ze zm.).
Ustawa z dnia 7 kwietnia 1989 r. – Prawo o stowa

Pojęcie siedziby osoby prawnej oraz jej transgraniczne przeniesienie w świetle ustawodawstwa polskiego i orzecznictwa Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej

Michał Biaduń [1]

1 Instytut Nauk Prawnych, Szkoła Doktorska Uniwersytetu Szczecińskiego, email: michal.biadun@phd.usz.edu.pl; ORCID: 0009-0005-8535-5808

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest analizie pojęcia „siedziby" osoby prawnej jako łącznika determinującego statut personalny na gruncie art. 17 ust. 1 ustawy Prawo prywatne międzynarodowe oraz implikacjom tej regulacji dla transgranicznej mobilności spółek. Artykuł omawia istniejący w polskiej doktrynie spór pomiędzy zwolennikami teorii siedziby rzeczywistej (faktycznej) a teorii siedziby statutowej, wskazując na zalety i wady obu koncepcji. W dalszej części wskazano na decydujący wpływ orzecznictwa Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej, w tym w szczególności w sprawie Polbud (C-106/16) w zakresie możliwości transgranicznego przeniesienia siedziby w obrębie UE/EOG bez konieczności likwidacji spółki, wpływając jednocześnie na nowelizację polskiego Kodeksu spółek handlowych. Spór o interpretację art. 17 p.p.m. pozostaje jednak aktualny w kontekście przenoszenia siedziby do państw trzecich.

Słowa kluczowe: prawo prywatne międzynarodowe; siedziba osoby prawnej; teoria siedziby rzeczywistej; teoria siedziby statutowej; transgraniczne przeniesienie siedziby, mobilność spółek; swoboda przedsiębiorczości;

Abstract: This article analyzes the concept of the "seat" of a legal person as a connecting factor determining personal status under Article 17(1) of the Private International Law Act and the implications of this regulation for the cross-border mobility of companies. The article discusses the dispute existing in Polish doctrine between supporters of the theory of actual (real) registered office and the theory of statutory registered office, pointing out the advantages and disadvantages of both concepts. The rest of the article points to the decisive influence of the European Court of Justice's ruling in the Polbud case (C-106/16) on the possibility of cross-border transfer of a registered office within the EU/EEA without the need to liquidate the company, which also influenced the amendment of the Polish Commercial Companies Code. However, the dispute over the interpretation of Article 17 of the Civil Code remains relevant in the context of transferring the registered office to third countries.

Keywords: private international law; registered office of a legal entity; theory of actual seat; theory of statutory seat; cross-border transfer of registered office, mobility of companies; freedom of establishment;

1. Wstęp:

Rozważania na temat przeniesienia siedziby osoby prawnej należałoby rozpocząć od uwagi ogólnej, że osoby prawne są w znakomitej większości tworami poszczególnych krajowych systemów prawnych.[5] W związku z tym, że osoby prawne powstają na podstawie krajowych regulacji, konieczne jest istnienie określonych łączników, które wskazywałyby prawo właściwe stosowane wobec nich. Przedstawione poniżej rozważania będą w głównej mierze odnosić się do spółek jako najistotniejszych dla obrotu gospodarczego osób prawnych.

Polskie prawo kolizyjne już od czasów dwudziestolecia międzywojennego wiązało ustalenie prawa właściwego dla osób prawnych z łącznikiem jej siedziby.[6] Obecna ustawa

[5] W prawie unijnym teza ta została sformułowana w wyroku TSUE w sprawie C-81/87 Daily Mail.

[6] Błaszczyk, P. (2011). Pojęcie siedziby osoby prawnej w nowej ustawie o prawie prywatnym międzynarodowym. *PiP*, (11), 84–97.

Prawo prywatne międzynarodowe[7] (p.p.m.) w art. 17 ust. 1 stanowi, że „osoba prawna podlega prawu tego państwa, w którym ma swoją siedzibę". Te pozornie jednoznaczne określenie statutu personalnego dla osób prawnych wywołuje współcześnie kontrowersje, gdyż nie precyzuje o jaką siedzibę chodzi. W związku z tym, w polskiej doktrynie istnieje spór co do rozumienia pojęcia siedziby osoby prawnej na gruncie ustawy p.p.m. Według części prawników pojęcie siedziby należy interpretować jako łącznik siedziby rzeczywistej (faktycznej), natomiast według innych, jako łącznik siedziby statutowej (która z chwilą wpisania spółki do rejestru staje się siedzibą rejestrową). Pierwszy z nich odnosi się do stanu faktycznego, natomiast drugi do rzeczywistości wykreowanej przez prawo.

Rozbieżności te mogłyby zostać rozstrzygnięte nowelizacją ustawy p.p.m, natomiast przy braku precyzyjnego przepisu, spotęgowanego różnicami zdań w doktrynie, istnieje stan wręcz przeciwny do pewności prawa, która jest przecież jedną z najważniejszych cech dobrego systemu prawnego. W pewnym zakresie wątpliwości interpretacyjne zostały rozstrzygnięte poprzez orzecznictwo Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej, jednakże wyłącznie w zakresie transgranicznego przeniesienia siedziby osoby prawnej w obrębie Unii Europejskiej i Europejskiego Obszaru Gospodarczego.

2. Łączniki występujące w międzynarodowym prawie prywatnym

Rozważania na temat łączników występujących w międzynarodowym prawie prywatnym należy rozpocząć od uwagi, że łącznik siedziby nie jest jedynym łącznikiem właściwym dla określenia statutu personalnego osób prawnych. Najpopularniejszym obok teorii siedziby łącznikiem odnoszącym się do statutu personalnego osób prawnych jest teoria inkorporacji (utworzenia). Zgodnie z nią spółka podlega prawu jurysdykcji, w której została utworzona lub zarejestrowana. **Teoria inkorporacji** została rozwinięta w XVIII wieku w Anglii i miała na celu umożliwiać brytyjskim spółkom prowadzenie działalności w koloniach na podstawie angielskiego prawa spółek.[8] Jest to rozwiązanie typowe dla systemów *common law,* chociaż występuje także w systemie kontynentalnym, np. w Niderlandach. Łącznik ten został zastosowany także w polskiej ustawie p.p.m., która w art. 17 ust. 2 wskazuje, że w przypadku, gdy prawo państwa siedziby spółki przewiduje teorię inkorporacji, wówczas należy stosować prawo tego właśnie państwa.

[7] Ustawa z dnia 4 lutego 2011 r. Prawo prywatne międzynarodowe (tj. Dz. U. z 2023 r. poz. 503).

[8] Eidenmüller, H. (2022). *Shell Shock: In Defence of the 'Real Seat Theory' in International Company Law*. Oxford Business Law Blog.

Drugim wyróżnianym w piśmiennictwie łącznikiem jest tzw. teoria kontroli, nazywana również teorią państwa wpływu. Jej istotą jest przypisanie spółce prawa właściwego dla tego państwa, z którego pochodzi podmiot sprawujący nad nią rzeczywistą kontrolę. Teoria ta jednak współcześnie nie występuje w odniesieniu do prawa kolizyjnego, lecz pojawia się ona w prawie administracyjnym w związku z kontrolą dostępu podmiotów zagranicznych do pewnych szczególnie istotnych obszarów działalności gospodarczej w danym państwie.

Bez wątpienia za najważniejszy łącznik występujący w prawie prywatnym międzynarodowym należy uznać łącznik siedziby. Nakazuje on stosować w odniesieniu do osoby prawnej prawo państwa jej siedziby. Powszechnie wyróżnia się jego dwa rodzaje: łącznik siedziby rzeczywistej oraz łącznik siedziby statutowej, która z chwilą wpisania spółki do właściwego rejestru staje się siedzibą rejestrową.

Zaznaczyć należy również, że w prawie unijnym każdy z krajów członkowskich posiada inherentne uprawnienie do wyboru takiej teorii, którą uznaje za zasadną, a każda z tych teorii jest równorzędna, co wynika wprost z art. 54 TFUE.

3. Teoria siedziby rzeczywistej

Teoria siedziby rzeczywistej wywodzi się z tradycji francuskiej oraz niemieckiej. Łącznik siedziby rzeczywistej jest najczęściej kojarzony z miejscem siedziby zarządu spółki. Jest to zatem miejsce, w którym właściwy organ zarządzający jednostki podejmuje większość decyzji, w tym w zakresie jej zwykłej działalności, wielkości i rodzaju produkcji, wielkości obrotów, polityki personalnej, realizowane następnie w toku jej codziennej działalności.[9]

Zwolennicy teorii siedziby rzeczywistej jako cel stosowania takiego łącznika wskazują najczęściej ochronę generalnych standardów prawa spółek państwa *fori*, których naruszenie mogłoby szkodzić obrotowi gospodarczemu w tym państwie. Przede wszystkim należy wskazać tutaj na ochronę pracowników, wierzycieli oraz przeciwdziałanie nieuczciwej konkurencji, polegającej na rywalizacji spółek podlegających prawu państwa *fori* z tzw. podmiotami „pozornie zagranicznymi", działającymi na podstawie liberalnych przepisów zagranicznych. Nadto wskazuje się, że przynosi on wyraźną korzyść w postaci wykorzystania silnych narzędzi do zwalczania międzynarodowej przestępczości gospodarczej.[10] Cel ten osiąga się poprzez „niedostrzeganie" przez prawo tego państwa podmiotów, które nie zostały

[9] Romanowski, M. (Ed.). (2023). *Prawo spółek osobowych. System Prawa Prywatnego* (Vol. 16B). Wydawnictwo C.H.Beck.
[10] Eidenmüller, H. (2022). *Shell Shock: In Defence of the 'Real Seat Theory' in International Company Law*. Oxford Business Law Blog.

zarejestrowane na postawie jego przepisów, co z kolei wiąże się z niemożnością funkcjonowania takiej spółki na rynku tego państwa.[11]

Ponadto, zwolennicy tej teorii dostrzegają w jej istnieniu zapewnienie bezpieczeństwa obrotu, które jest osiągane poprzez zgodność krajowego prawa materialnego z prawem stosowanym do danej osoby prawnej. Przyjmując, że uczestnicy obrotu znają normy prawne systemu, w którym funkcjonują, to przy obowiązywaniu teorii siedziby rzeczywistej mogą oni być pewni, że spółka ta podlega tym samym regulacjom. Kontrahenci przedsiębiorców nie mają przecież obowiązku znać np. seszelskiego prawa spółek.

Przeciwnicy teorii siedziby rzeczywistej dostrzegają istotne wady jej stosowania. W pierwszej kolejności wskazuje się na to, że teoria ta ma niewiele wspólnego z prawem kolizyjnym, a stanowi bardziej mechanizm polegający na wyeliminowaniu spółki z obrotu na skutek tego, że siedziba jej organów znajduje się w państwie innym, niż miejsce jej utworzenia. Ponadto wśród oponentów tego rozwiązania panuje przekonanie, że funkcja ochronna teorii siedziby rzeczywistej sprowadza się w praktyce do „odstraszania" od przenoszenia działalności do państwa *fori*, zapobiegając głównie tworzeniu spółek pozornie zagranicznych. Jednakże w tym względzie dostrzega się, że grozi ona także unicestwieniem spółki autentycznie zagranicznej, która przenosi siedzibę zarządu w związku z realizacją istotnego projektu do tego państwa.[12]

W związku z tym, przyjęcie teorii siedziby rzeczywistej co do zasady implikuje brak możliwości zmiany siedziby z jednoczesnym zachowaniem ciągłości podmiotowej spółki. W takiej sytuacji, aby przenieść siedzibę osoby prawnej do innego państwa, należy w pierwszej kolejności dokonać jej rozwiązania i wykreślenia z rejestru w państwie *fori*, a następnie zarejestrowania jej zgodnie z prawem państwa imigracji. Działanie to powoduje, że spółka przestaje istnieć w państwie jej dotychczasowej siedziby.[13]

W teorii siedziby rzeczywistej problematyczne jest to, że w niektórych przypadkach określenie faktycznej siedziby zarządu może być utrudnione. Przyjmując, że siedzibą zarządu spółki jest miejsce, w którym podejmowane i wcielane w życie są najważniejsze idee związane z funkcjonowaniem osoby prawnej, to wyznaczenie jej siedziby jest możliwe w przypadku, gdy miejsce to jest stałe i wiadome. Natomiast w przypadku, gdy miejsce to jest zmienne,

[11] Opalski, A., & Wiśniewski, A. W. (2017). Art. 17. In J. Poczobut (Ed.), *Prawo prywatne międzynarodowe. Komentarz*. Wolters Kluwer Polska.
[12] Opalski, A., & Wiśniewski, A. W. (2017). Art. 17. In J. Poczobut (Ed.), *Prawo prywatne międzynarodowe. Komentarz*. Wolters Kluwer Polska.
[13] Błaszczyk, P. (2011). Pojęcie siedziby osoby prawnej w nowej ustawie o prawie prywatnym międzynarodowym. *PiP*, (11), 84–97.

określenie go może okazać się bardzo zawiłe. Tym bardziej, że ani z przepisów ustawy, ani z głosów doktryny nie wynika jednoznacznie, czy siedziba musi być trwała, czy też może być zmienna. Problematyczność ta była szczególnie dobrze dostrzegalna w dobie pandemii COVID-19, podczas której wiele posiedzeń zarządów odbywało się w formie zdalnej. Wynika stąd, że w dobie komunikacji elektronicznej i możliwości prowadzenia wideokonferencji, kryterium miejsca funkcjonowania zarządu może być często nieskuteczne.

Większość przedstawicieli polskiej doktryny dostrzega powyższy problem. Przykładowo A. Opalski wskazuje, że „siedziba rzeczywista spółki jest kryterium chwiejnym i zmiennym, wobec czego ustalanie na tej podstawie prawa właściwego rodzi niepewność prawną, zwłaszcza dla kontrahentów spółki”.[14] Z drugiej jednak strony, jak argumentuje A. Wowerka, „trudności w ustaleniu siedziby rzeczywistej nie mogą automatycznie powodować stwierdzenia braku siedziby spółki. W razie posiadania przez spółkę wielu ośrodków zarządzania (siedzib) w różnych państwach decydujące znaczenie ma główny ośrodek zarządzania spółką (główna siedziba rzeczywista). Niemniej jednak, gdyby ustalenie siedziby rzeczywistej (głównej siedziby rzeczywistej) okazało się niemożliwe, zgodnie z obecnie obowiązującą regulacją art. 10 ust. 1 ustawy p.p.m. stosuje się prawo najściślej związane z danym stosunkiem”.[15]

Ostatecznie część badaczy, m.in. A. Opalski, wskazuje, że zastosowanie łącznika siedziby rzeczywistej, który może spowodować rozwiązanie spółki, jest niezgodne z konstytucyjną zasadą państwa prawnego, w związku z naruszeniem zasady praw nabytych. W tej kwestii autor ten uważa, że „pozbawienie wspólników praw udziałowych w spółce w następstwie zanegowania jej podmiotowości ze względu na niejasną przesłankę transgranicznego przeniesienia siedziby kolizyjnej narusza standardy konstytucyjne”.[16]

4. Teoria siedziby statutowej

W odróżnieniu od siedziby rzeczywistej, łącznik siedziby statutowej jest zbliżony do sytuacji prawnej przewidzianej przy łączniku inkorporacji, typowego dla systemu *common law*. Teoria inkorporacji i teoria siedziby statutowej są do siebie zbliżone, ponieważ obie odwołują się do formalnego łącznika z porządkiem prawnym danego państwa. Różnica polega na tym, że pierwsza akcentuje państwo utworzenia spółki, druga zaś jej formalnie określoną siedzibę.

[14] Opalski, A. (2024). Wyzwania modernizacji prawa spółek handlowych w Polsce. *PPH*, (10), 5–11.
[15] Wowerka, A. (2015). Aktualne problemy międzynarodowego prawa spółek - zagadnienia wybrane. *GSP-Prz.Orz.*, (4), 173–186.

[16] Opalski, A. (2010). *Europejskie prawo spółek*. LexisNexis.

Jak podkreśla P. Błaszczyk, zastosowanie łącznika siedziby statutowej nie prowadzi do tak radykalnych następstw, jak w przypadku łącznika siedziby rzeczywistej. Przyjęcie takiego rozwiązania w sytuacji przeniesienia siedziby spółki do innego państwa nie wiąże się z koniecznością zmiany jej statutu personalnego. W celu zmiany prawa właściwego należy przenieść siedzibę określoną w statucie do innego państwa lub zarejestrowanie spółki w innym państwie.[17]

Wśród aprobujących te rozwiązanie panuje przekonanie, że teoria siedziby statutowej odzwierciedla najważniejsze założenie prawa kolizyjnego, jakim jest ustalenie systemu wykazującego najściślejszy związek z ocenianym stosunkiem prawnym. Jej zwolennicy uważają, że teoria siedziby statutowej zapewnia pewność, stabilność oraz łatwość ustalenia statutu personalnego dla osób trzecich.[18]

Z drugiej zaś strony nawet zdecydowani zwolennicy teorii siedziby statutowej, jak A. Opalski i A. W. Wiśniewski wskazują na pewne problemy przy stosowaniu tego łącznika. W tym względzie autorzy ci wskazują przede wszystkim na sytuację, w której zawieść może „rejestrowa" wersja tej teorii. Chodzi tutaj o przypadki, w których dana spółka w ogóle nie podlega rejestracji, lub też z w wyniku pewnych zaniedbań czy nawet manipulacji, nie ma aktualnej rejestracji. W takim wypadku konieczne jest sięgnięcie po łącznik rezerwowy, który będzie zależny od typu danej spółki. Ponadto w sytuacji, gdy spółka została zarejestrowana w miejscu niezwiązanym z jej działalnością dostrzega się, że Sąd państwa *fori* może sięgnąć po klauzulę porządku publicznego i odmówić zastosowania sprzecznych z podstawowymi zasadami tego porządku elementów statutu korporacyjnego danej spółki, np. w celu ochrony jej wierzycieli czy kontrahentów.[19]

Mimo wszystko dostrzega się, że powyższe problemy mogą dotyczyć jedynie małego odsetka spółek, przede wszystkim tych, które nie podlegają wpisowi do rejestru. W takich sytuacjach spółki te mogłyby podlegać łącznikowi inkorporacji, jako że zostały one legalnie zawiązane w państwie ich powstania. Wady te nie wpływają na ogólny odbiór teorii siedziby rejestrowej jako łącznika bardziej „przyjaznego" i rodzącego zdecydowanie mniej problemów

[17] Błaszczyk, P. (2011). Pojęcie siedziby osoby prawnej w nowej ustawie o prawie prywatnym międzynarodowym. *PiP*, (11), 84–97.
[18] Opalski, A., & Wiśniewski, A. W. (2017). Art. 17. In J. Poczobut (Ed.), *Prawo prywatne międzynarodowe. Komentarz*. Wolters Kluwer Polska.
[19] Opalski, A., & Wiśniewski, A. W. (2017). Art. 17. In J. Poczobut (Ed.), *Prawo prywatne międzynarodowe. Komentarz*. Wolters Kluwer Polska.

z punktu widzenia organów spółki, jak również organów administracyjnych poszczególnych państw oraz samej Unii Europejskiej.[20]

Wydaje się zatem, że zastosowanie łącznika siedziby statutowej jest rozwiązaniem znacznie bardziej sprzyjającym pewności i stabilności obrotu prawnego, gdyż w sposób precyzyjny respektuje autonomiczną wolę wspólników co do wyboru porządku prawnego, któremu spółka ma podlegać. W przeciwieństwie do rygorystycznej teorii siedziby rzeczywistej, umożliwia ono spółkom efektywne korzystanie z transgranicznej mobilności, pozwalając na swobodne przenoszenie faktycznego ośrodka administracyjnego bez ryzyka automatycznej i często niepożądanej zmiany statutu personalnego.

5. Transgraniczne przeniesienie siedziby spółki z Polski w obrębie Unii Europejskiej lub Europejskiego Obszaru Gospodarczego w świetle orzecznictwa TSUE

Rozpatrując kwestię transgranicznego przeniesienia siedziby spółki z Polski, wskazać należy, że fundamentalny dla praktyki spór nie został rozstrzygnięty ani na gruncie ustawy p.p.m., ani w drodze jej wykładni. W obrocie wewnątrzunijnym został on jednak w znacznej mierze rozstrzygnięty przez nadrzędne działanie swobody przedsiębiorczości (art. 49 i 54 TFUE) oraz rozwijające ją orzecznictwo TSUE.

W pierwszej kolejności należy podkreślić, że wyrok w sprawie C-106/16 *Polbud* stanowi zwieńczenie wcześniejszej linii orzeczniczej TSUE dotyczącej swobody przedsiębiorczości i mobilności spółek. Już w wyroku C-212/97 ***Centros*** Trybunał przyjął, że samo utworzenie spółki w państwie członkowskim o bardziej liberalnych wymogach prawa spółek i prowadzenie zasadniczej działalności w innym państwie przez oddział nie stanowi jeszcze nadużycia swobody przedsiębiorczości. Jednocześnie TSUE dopuścił przyjęcie przez państwa członkowskie środków zapobiegających uniknięciu wywiązania się przez taką spółkę z zobowiązań wobec wierzycieli. Następnie, w niezwykle istotnym z perspektywy obrotu prawnego wyroku w sprawie C-208/00 ***Überseering,*** TSUE przesądził, że państwo przyjmujące ma obowiązek uznać zdolność prawną i sądową spółki ważnie utworzonej w innym państwie członkowskim, przysługującą jej na mocy prawa państwa, w którym została utworzona. Z kolei w sprawie C-167/01 ***Inspire Art*** Trybunał rozwinął tę linię orzeczniczą, uznając za niedopuszczalne nakładanie przez państwo przyjmujące na spółkę utworzoną zgodnie z prawem innego państwa członkowskiego dodatkowych wymogów dotyczących minimalnego

[20] Słapczyński, T. (2020). Transgraniczne przeniesienie siedziby spółki prawa polskiego na terytorium UE. *PPP*, (5), 53–65.

kapitału oraz odpowiedzialności osób zarządzających. TSUE podkreślił zarazem, że sam wybór innego państwa utworzenia oraz prowadzenie działalności głównie w państwie przyjmującym nie wyłączają ochrony wynikającej ze swobody przedsiębiorczości, chyba że zostanie wykazane nadużycie. Natomiast w wyroku C-210/06 *Cartesio* TSUE w pewnym zakresie ograniczył zakres transgranicznej mobilności spółek, uznając, że państwo członkowskie pochodzenia może sprzeciwić się przeniesieniu siedziby do innego państwa członkowskiego, jeżeli spółka zamierza jednocześnie zachować status spółki podlegającej nadal prawu państwa utworzenia. Z kolei w sprawie C-106/16 ***Polbud*** Trybunał potwierdził, że ochrona unijna obejmuje sytuację odmienną, tj. **transgraniczne przekształcenie połączone ze zmianą prawa właściwego,** nawet bez przeniesienia siedziby rzeczywistej.

Analizując kontekst ostatniego z przywołanych wyroków, w pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na ówczesne brzmienie przepisów k.s.h. i p.p.m. Art. 270 pkt 2 k.s.h w odniesieniu do sp. z o.o. i art. 459 pkt 2 k.s.h. w odniesieniu do spółek akcyjnych stanowiły, że uchwała o przeniesieniu spółki za granicę stanowi przesłankę rozwiązania spółki. Co więcej, unormowania te stały w sprzeczności z art. 19 ust. 1 p.p.m., który stanowił, że spółka, która przenosi siedzibę w obrębie EOG, nie traci osobowości prawnej.

W rzeczonej sprawie Polbud, polska spółka z ograniczoną odpowiedzialnością zamierzała dokonać transgranicznego przeniesienia swojej siedziby z Polski do Luksemburga. W uchwale spółki nie wskazano na przeniesienie siedziby zarządu Polbudu ani miejsca rzeczywistego prowadzenia działalności gospodarczej przez tę spółkę, co implikuje chęć przeniesienia jedynie siedziby statutowej przez tę osobę prawną. Polbud złożył wniosek o wpis otwarcia likwidacji, następnie przeniósł siedzibę do Luksemburga, a później złożył wniosek o wykreślenie z Krajowego Rejestru Sądowego. Sąd rejestrowy wezwał spółkę do przedłożenia dokumentów w celu dokonania wykreślenia z KRS. Spółka nie przedłożyła dokumentów argumentując, że nie uległa rozwiązaniu, lecz przyczyną złożenia wniosku o wykreślenie z rejestru było przeniesienie siedziby spółki do Luksemburga, gdzie istnieje ona nadal jako spółka prawa luksemburskiego. W związku z powyższym, sąd rejestrowy oddalił wniosek o wykreślenie spółki z KRS. Sprawa trafiła do Sądu Najwyższego, który zwrócił się do Trybunału Sprawiedliwości na podstawie procedury odesłania prejudycjalnego.

Trybunał Sprawiedliwości uznał, że swoboda przedsiębiorczości zapewnia spółce prawa polskiego Polbud prawo do przekształcenia się w spółkę prawa luksemburskiego, o ile spełnione są warunki utworzenia spółki określone w luksemburskim ustawodawstwie.[21] Zatem

[21] Akapit 35 wyroku w sprawie C-106/06.

Trybunał uznał, że traktatowa swoboda przedsiębiorczości ma w tym przypadku zastosowanie i podkreślił, że transgraniczne przekształcenie spółki podlega ochronie wynikającej ze swobody przedsiębiorczości, a państwo pochodzenia nie może go uniemożliwiać ani nadmiernie utrudniać, w szczególności przez nakładanie surowszych wymogów niż przy przekształceniach krajowych.

Ponadto TSUE dostrzegł sprzeczność art. 19 ust. 1 ustawy p.p.m. z art. 270 pkt 2 k.s.h. oraz 272 k.s.h. zauważając, że przepisy kolizyjne zezwalają spółce prawa polskiego na przeniesienie siedziby do innego państwa EOG bez utraty osobowości prawnej, natomiast przepisy k.s.h. nakazują spółce dokonanie likwidacji przed dokonaniem transgranicznego przeniesienia siedziby spółki. Trybunał uznał, że przepisy k.s.h. nakazujące dokonanie likwidacji spółki w celu przeniesienia jej do innego państwa EOG, stanowią ograniczenia zasady swobody przedsiębiorczości. Tym samym wyrok TSUE stał się podstawą do dokonania nowelizacji art. 270 pkt 2 k.s.h. oraz art. 459 pkt 2 k.s.h., które obecnie nie przewidują automatycznego skutku rozwiązania spółki w przypadku przeniesienia jej spółki za granicę. W obu tych przepisach dodano część wskazującą, że rozwiązanie spółki nie następuje w przypadku, gdy przeniesienie siedziby ma nastąpić do innego państwa członkowskiego Unii Europejskiej lub państwa-strony umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym, a prawo tego państwa to dopuszcza.

Nadto, nowelizacja ta transponowała do polskiego prawa przepisy Dyrektywy 2017/1132 dotyczące tzw. transgranicznej mobilności spółki, które zostały wprowadzone przez Dyrektywę 2019/2121. Istotą tej regulacji jest ustanowienie kompleksowych i zharmonizowanych ram prawnych dla trzech kluczowych, transgranicznych operacji reorganizacyjnych spółek kapitałowych: łączeń, podziałów oraz przekształceń (polegających na przeniesieniu siedziby statutowej do innego państwa członkowskiego). Jednocześnie, co kluczowe, dyrektywa wprowadza obligatoryjne i istotne mechanizmy protekcyjne, mające na celu skuteczne zabezpieczenie uzasadnionych interesów wierzycieli, pracowników oraz wspólników mniejszościowych w toku tych złożonych procesów korporacyjnych, a także zapobieganie nadużyciom i sztucznym konstrukcjom prawnym.

Należy jednak podkreślić, że zarówno rozstrzygnięcie TSUE, jak i późniejsza nowelizacja k.s.h. dotyczą wyłącznie obrotu w ramach Unii Europejskiej i Europejskiego Obszaru Gospodarczego. W relacjach z państwami trzecimi, ambiwalentny art. 17 p.p.m. nadal obowiązuje, a spór o jego właściwą interpretację pozostaje nierozstrzygnięty i prawnie doniosły.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania wskazują, że kluczowy dla ustalenia statutu personalnego osób prawnych łącznik siedziby, określony w art. 17 ust. 1 ustawy Prawo prywatne międzynarodowe, pozostaje pojęciem niejednoznacznym. Ustawodawca krajowy nie przesądził, czy należy go interpretować w świetle teorii siedziby rzeczywistej (faktycznej), czy teorii siedziby statutowej, co doprowadziło do istotnych rozbieżności w doktrynie. Analiza obu koncepcji prowadzi jednak do wniosku, że przyjęcie łącznika siedziby statutowej w większym stopniu sprzyja pewności obrotu prawnego oraz efektywnej transgranicznej mobilności spółek. Rozwiązanie to eliminuje ryzyko automatycznej i często niepożądanej zmiany statutu personalnego przy przeniesieniu faktycznego ośrodka zarządu, co jest charakterystyczne dla rygorystycznej teorii siedziby rzeczywistej.

W odniesieniu do obrotu wewnątrzunijnego (oraz w ramach EOG), istniejące wątpliwości interpretacyjne zostały w dużej mierze zdezaktualizowane przez rozwój prawa unijnego i prymat zasady swobody przedsiębiorczości. Trybunał Sprawiedliwości Unii Europejskiej, w szczególności poprzez przełomowy wyrok w sprawie *Polbud*, nadał ramy prawne dla transgranicznego przeniesienia siedziby spółki, przesądzając o możliwości zmiany państwa inkorporacji bez konieczności uprzedniej likwidacji spółki w państwie pochodzenia.

Konsekwencją tego orzecznictwa były nowelizacje Kodeksu spółek handlowych oraz implementacja późniejszych dyrektyw unijnych (w szczególności Dyrektywy 2019/2121) dotyczących mobilności transgranicznej. Ustanowiły one zharmonizowane procedury dla reorganizacji spółek w obrębie jednolitego rynku, wprowadzając jednocześnie mechanizmy chroniące interesy wierzycieli, pracowników i wspólników mniejszościowych.

O ile zatem sytuacja prawna w zakresie przenoszenia siedziby w granicach UE/EOG jest obecnie ukształtowana i klarowna, o tyle w relacjach z państwami trzecimi problem pozostaje w pełni aktualny. Spór dotyczący właściwej interpretacji art. 17 ust. 1 p.p.m. w kontekście przeniesienia siedziby poza obszar UE/EOG jest nadal prawnie doniosły, a brak precyzji legislacyjnej ustawodawcy w tym zakresie wciąż generuje stan niepewności prawnej.

7. Bibliografia

Błaszczyk, P. (2011). Pojęcie siedziby osoby prawnej w nowej ustawie o prawie prywatnym międzynarodowym. *PiP*, (11), 84–97.

Eidenmüller, H. (2022). *Shell Shock: In Defence of the 'Real Seat Theory' in International Company Law*. Oxford Business Law Blog.

Opalski, A. (2010). *Europejskie prawo spółek*. LexisNexis.

Opalski, A. (2024). Wyzwania modernizacji prawa spółek handlowych w Polsce. *PPH*, (10), 5–11.

Opalski, A., & Wiśniewski, A. W. (2017). Art. 17. In J. Poczobut (Ed.), *Prawo prywatne międzynarodowe. Komentarz*. Wolters Kluwer Polska.

Romanowski, M. (Ed.). (2023). *Prawo spółek osobowych. System Prawa Prywatnego* (Vol. 16B). Wydawnictwo C.H.Beck.

Słapczyński, T. (2020). Transgraniczne przeniesienie siedziby spółki prawa polskiego na terytorium UE. *PPP*, (5), 53–65.

Wowerka, A. (2015). Aktualne problemy międzynarodowego prawa spółek - zagadnienia wybrane. *GSP-Prz.Orz.*, (4), 173–186.

Ageing population and preferences for residential property

Julia Ziółkowska [1]

[1] Institute of Economics and Finance, Doctoral School, University of Szczecin; email: julia.ziolkowska@phd.usz.edu.pl ORCID: 0009-0009-1777-492X

Abstract: The aging population is changing housing needs in Poland and across Europe. As life expectancy increases, the residential real estate market should support accessibility, independence, and quality of life in later life. Drawing on the perspective of aging in place and the age-friendly concept, this study examines the self-reported housing preferences, accessibility needs, and relocation motives of adults aged 60+ in Poland. The analysis was based on an online survey of 70 respondents, covering housing type, location, amenities, and relocation intentions, using descriptive statistics and chi-square tests. Results indicate a strong preference for ground-floor apartments or apartments with elevator access, proximity to medical and recreational facilities, and owner-occupied housing. No statistically significant differences were found among the study group based on age, gender, or employment status. Given the non-probabilistic online sampling method and small sample size, these results should be considered preliminary and exploratory, but they suggest the importance of accessibility and location-related housing needs among older adults.

Keywords: population ageing, older adults, housing preferences, residential real estate, senior housing,

JEL: J14, R21, R31, I12

1. Introduction

Population aging is one of the most important demographic processes shaping contemporary societies and has significant implications for the housing market and social policy. In Poland, this trend is expected to intensify in the coming decades (GUS, 2025). Recent literature increasingly emphasizes the concept of aging in place, understood as the ability to remain at home and in the community while maintaining independence, safety, and quality of life. Research also shows that the built environment, housing design, and neighbourhood accessibility play a significant role in supporting well-being in later life (Xia et al., 2024). Another important topic explored in the literature is location attachment and its impact on housing stability in older age. Older adults often express a preference for remaining in familiar surroundings, and this preference is reinforced by social ties, a sense of home ownership, and satisfaction with their housing conditions (Clark et al., 2024). These issues are of particular importance in Poland, where the housing system for seniors is still insufficiently developed compared to the rate of aging society, and housing barriers still hinder the daily functioning of older people (Groeger, 2024; GUS, 2025). Although previous studies have focused on various elements of aging in place, home attachment, and housing policy for seniors, there is still a lack of research on the declared housing preferences, accessibility needs, and relocation motives of adults aged 60+ in Poland (Clark et al., 2024; Groeger, 2024; Xia et al., 2024).

2. Literature review

Population aging has become one of the key demographic and socioeconomic processes impacting housing systems in Europe, including Poland. This issue is particularly important in Poland given the continuing increase in the number of older people in society and the resulting need to adapt available housing, local infrastructure, and public support to meet living conditions in later life (GUS, 2025). Official data indicate that older households in Poland continue to face significant housing barriers, including architectural obstacles and unequal access to local infrastructure, particularly in urban and rural areas (GUS, 2025). A growing body of literature discusses the concept of aging in place, defined as the ability to remain at home and in the community while maintaining independence, safety, and quality of life. Recent reviews indicate that the built environment plays a significant role in this process. Housing accessibility, the absence of architectural barriers, walkability, access to public transportation, and proximity to services all have a significant impact on the daily lives and well-being of older adults. These findings suggest that housing needs for seniors should be considered not only from the perspective of housing type but also in relation to the broader physical and social environment in which the housing is located (Xia et al., 2024). Another important research strand concerns place attachment and residential stability in later life. Older adults often prefer to remain in familiar surroundings, a preference reinforced by social ties, closeness to family, security of tenure, home ownership, and satisfaction with both housing and the neighbourhood. At the same time, the literature indicates that this preference can be disrupted when housing conditions fail to meet changing needs, when affordability is too low, or when financial and tenure insecurity increase. This suggests that residential choices in later life are shaped not only by the physical characteristics of the home but also by the emotional and social dimensions of the place (Clark et al., 2024). In the Polish context, recent analyses show a growing demand for apartments adapted to the needs of seniors. Studies on housing preferences in Poland show that seniors attach importance to accessibility, the absence of architectural barriers, and the proximity of essential services and infrastructure. Jancz and Trojanek (2020) demonstrated that both older and pre-senile individuals in Poland have clear expectations regarding their living conditions in old age. Jancz and Manasterska (2023) noted a significant preference for apartments adapted to the needs of older adults, particularly barrier-free apartments and those located near essential services. These results are consistent with more recent studies showing that adapting apartments to mobility limitations remains an important yet insufficiently addressed issue in Poland (Hełdak et al., 2024). The literature is increasingly emphasizing the

political dimension of senior housing. Groeger (2024) argues that senior housing policy in Poland is still underdeveloped and lacks a coherent and effective framework to address the pace of population aging. This diagnosis is consistent with more recent analyses of housing security, which show that although the living conditions of older people in Poland have improved in some respects, significant structural problems remain, including financial burdens, technical deficiencies in the housing stock, and inadequate adaptation of housing conditions to the needs of an aging society (Murawska and Guzowska, 2025). For this reason, the housing situation of seniors should be considered not only as an individual or household issue but also as a broader challenge for housing policy and social development in an aging society (Groeger, 2024; Murawska and Guzowska, 2025). In summary, recent research indicates that the housing situation of seniors should be analysed from several interconnected perspectives: accessibility, quality of the surroundings, proximity to services, safety in apartments, and response to changes in housing policy. At the same time, there is still a lack of research on the declared housing preferences, accessibility needs, and relocation motives of adults aged 60+ in Poland, based on contemporary empirical data. This indicates the need for additional research that connects personal housing expectations with the broader issues of housing policy in an aging society.

3. Research methods

The study was designed as a general quantitative study, using a non-probabilistic online survey. The study was conducted in November and December 2024 among adults aged 60 and older in the West Pomeranian Voivodeship, Poland. Participation was completely voluntary and anonymous, and participants were informed of the study's purpose before completing the survey. A total of 70 correctly completed surveys were collected. The questionnaire contained closed- and semi-open-ended questions covering five main areas: demographic characteristics (gender, age, professional status, place of residence), housing situation and legal status, housing preferences (including preferred housing type and location-related factors), willingness to relocate, and expectations regarding the housing market and housing policy. The aim of the study was to identify the declared housing choices, accessibility needs, and reasons for relocating among older adults. The analysis focused primarily on presenting the structure of responses and identifying key patterns observed within the study group. Descriptive statistics were used to illustrate the distribution of responses and the relative importance of selected housing-related factors. Additionally, selected relationships between categorical variables, such as age, gender, occupational status, place of residence, and housing preferences, were explored exploratively. The study has several limitations. First, the survey was conducted online,

meaning the sample included only older adults with internet access and sufficient digital literacy to participate. Second, the sample was non-random and relatively small, limiting the representativeness of the results. Therefore, the results should be considered exploratory and interpreted with caution. The conclusions are specific to the study group and should not be directly applied to the broader population of older adults in the West Pomeranian Voivodeship or Poland.

To structure the analysis of the results, the questionnaire variables were grouped into thematic categories that reflected both the demographic profile of the study participants and key aspects of their views on housing. These themes are presented in Table 1.

Table 1. Characteristics of survey research areas and their relevance to analysis

Area	Description	Explanation
Gender	Respondents identified as either female or male.	Enables analysis of differences in housing preferences.
Age	Three age groups: 60–69, 70–79, 80+.	Allows assessment of how housing needs evolve with age.
Employment status	Retired, working seniors, unemployed.	Shows the relationship between occupational activity and housing decisions.
Place of residence	Town ≤100,000 inhabitants, rural area, city >100,000.	Evaluates the influence of location on housing needs.
Type of residence	Owned housing, rental, shared with family.	Indicates the level of independence and housing stability.
Location preferences	Proximity to medical care, services, family.	Identifies key factors in choosing a residential location.
Preferred types of housing	Ground-floor flats, buildings with elevators, single-family homes.	Defines preferred architectural solutions.
Expectations towards developers	Increased investment in housing adapted to the needs of older adults.	Assesses the perception of the housing market as socially responsible.

Source: own study.

3.1. Statistical analysis

Statistical analysis was based primarily on descriptive statistics. Chi-square (χ^2) tests of independence were also conducted to examine potential relationships between selected categorical variables. Contingency tables were used to compare variables such as age, gender, place of residence, employment status, and selected housing preferences. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Given the non-probability sampling method and limited sample size, chi-square results should be considered exploratory rather than a basis for generalizations at the population level. Therefore, the analysis of the results relies primarily on descriptive statistics, and conclusions from inferential analysis are presented with caution.

4. Results

4.1. Demographic characteristics of respondents

The study group consisted of 70 individuals aged 60 and over from the West Pomeranian Voivodeship. Women predominated among the study participants, constituting 65.7%, while men constituted 34.3% of the sample. The largest age group was comprised of respondents aged 60-69, constituting 55.7% of the total. Those aged 70-79 constituted 35.7%, and respondents aged 80 and over constituted 8.6%. In terms of employment status, the largest group of study participants were retirees and pensioners, who constituted 61.4% of the sample. At the same time, 32.9% of respondents were still professionally active. The remaining respondents were unemployed or combined receiving a pension with professional activity. With regard to place of residence, respondents living in towns with up to 100,000 inhabitants predominated, accounting for 65.7% of the sample. Among the respondents, 17.1% lived in rural areas and 17.1% lived in cities with more than 100,000 inhabitants.

4.2. Housing preferences

The vast majority of respondents, 80.0%, lived in their own apartments or single-family homes. Renting was the responsibility of 15.7% of respondents, while 4.3% lived with family members. In terms of ownership status, full ownership predominated, as indicated by 71.4% of survey participants. Another 17.1% of respondents had cooperative housing rights, and 10.0% of respondents lived in municipal housing.

Of the factors respondents currently cite as important when choosing a home, location was cited most frequently (67.1%). Proximity to healthcare was cited by 37.1% of respondents,

and access to services and recreational facilities by 35.7%. Property price was considered important by 25.7% of respondents. Detailed data is presented in Figure 1.

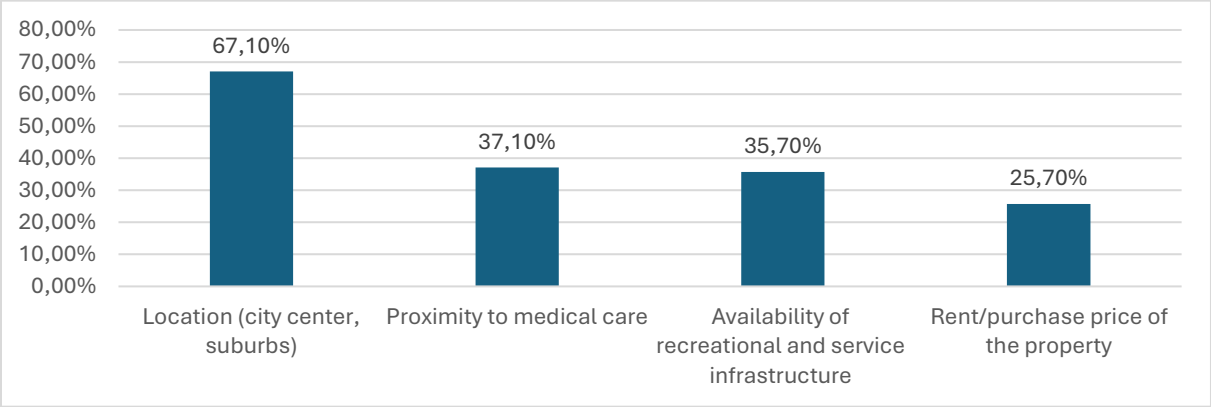


Figure 1. Factors influencing the choice of housing. *Source*: author's own study.

With regard to the types of housing that were considered most suitable for seniors, the most indications were for ground floor flats, which received 64.3%. This was followed by flats in multi-family buildings equipped with a lift, with 41.4%. Less frequent choices were senior housing estates (18.6%) and single-family houses (15.7%). A detailed summary of the results is shown in Figure 2.

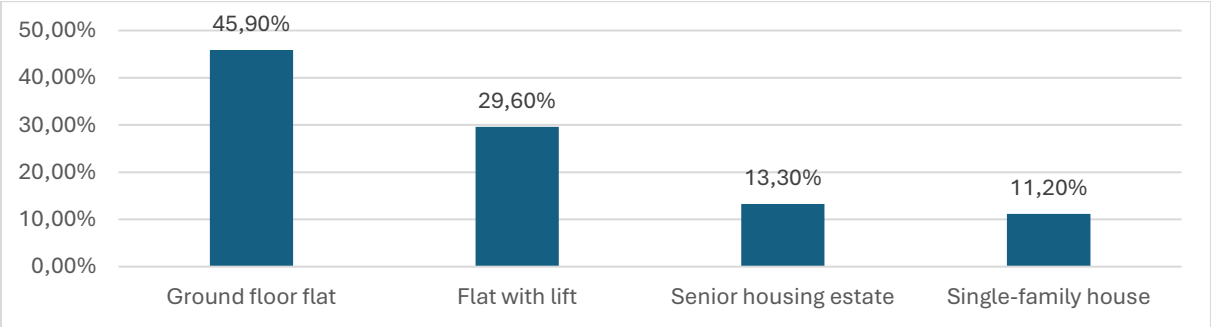


Figure 2. Preferred types of housing for seniors. *Source*: author's own study.

4.3. Housing availability and needs assessment

Respondents identified various apartment amenities they considered important for comfort and safety in everyday life. The most frequently cited features included a bathroom adapted to the needs of seniors (68.6%) and an elevator in the building (62.9%). Other important features included no thresholds and wide doors (41.4%), as well as alarm systems and SOS buttons (35.7%). Details are presented in Figure 3.

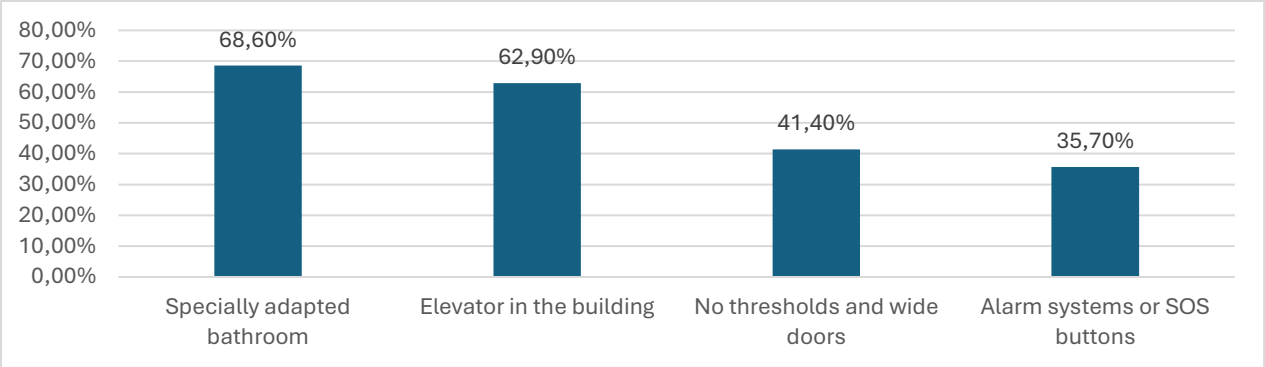


Figure 3. Most important housing amenities for seniors. *Source*: author's own study.

The availability of medical services near their place of residence was considered extremely important by 38.6% of respondents, and important by 54.3%. Only 7.1% of respondents considered this aspect of little importance. When asked about their willingness to live in a housing estate with access to medical care, 47.1% of respondents responded "rather not," and 30.0% "rather yes." A definite desire to live in such a housing arrangement was declared by 21.4% of respondents.

4.4. Readiness to move and expectations of the market

The most frequently cited factors that could prompt respondents to relocate were deteriorating health (51.4%), the need to live closer to family (28.6%), and the desire to move to a smaller apartment (12.9%). Only 7.1% of respondents cited insufficient infrastructure as a potential reason for relocating. Apartment size preferences focused primarily on two-room apartments, indicated by 57.1% of respondents. Three-room apartments were chosen by 20.0% of respondents, studio apartments by 14.3%, and larger apartments by 8.6%. These preferences are presented in Figure 4.

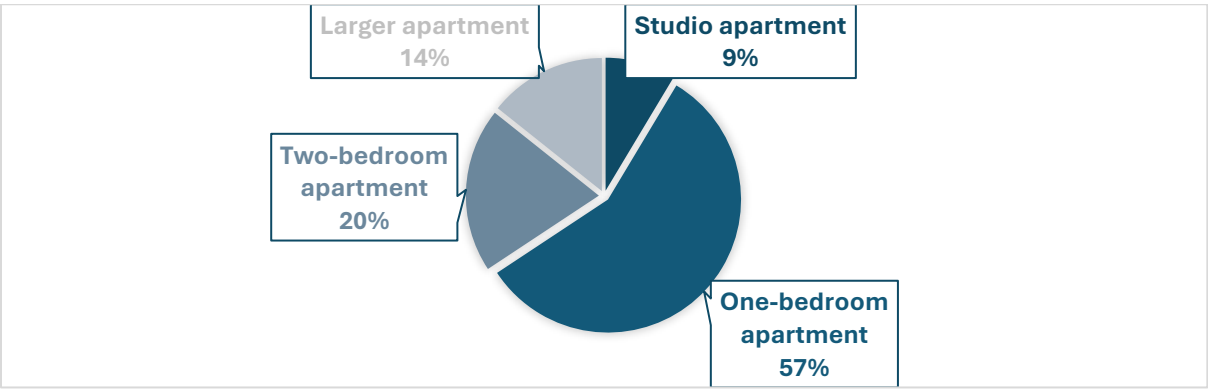


Figure 4. Preferences regarding apartment size. *Source*: author's own study.

Respondents clearly emphasized the need to adapt the housing market to the needs of the elderly. A full 95.7% believed that developers should invest in apartments specifically

designed for seniors, and 88.6% declared that demand for apartments tailored to the needs of seniors would increase in the future. At the same time, only 38.6% of respondents declared their willingness to pay extra for apartments that meet accessibility criteria, with 15.7% responding "definitely yes" and 22.9% "probably yes."

4.5. Statistical test results

The results of chi-square tests revealed no statistically significant relationships between the analyzed variables in the study group. Table 2 presents the results of selected comparisons between demographic characteristics and housing preferences.

Table 2. Results of chi-square independence tests ($p > 0.05$ for all comparisons).

Comparison	χ^2	p
Age × preferred type of housing	3,78	0,71
Gender × preferred type of housing	1,4	0,71
Place of residence × willingness to relocate	8,00	0,24
Employment status × preferred apartment size	7,33	0,29
Age × willingness to relocate	7,38	0,29

Source: own study.

5. Discussions

The study results provide a concrete picture of the declared housing preferences and needs of surveyed adults aged 60+ from the West Pomeranian Voivodeship. They indicate a strong attachment to their current place of residence and limited willingness to relocate. At the same time, the choice of place of residence was closely linked to location, proximity to healthcare, and access to everyday services. This is consistent with recent publications on aging in place, which emphasize the importance of residential stability, neighbourhood accessibility, and the ability to remain in familiar surroundings later in life (Clark et al., 2024; Xia et al., 2024). A particularly significant finding is the significant prevalence of owner-occupied housing in the study group – 80.0% of respondents live in owner-occupied housing. This result can be interpreted as reflecting the ever-increasing importance of home ownership as a source of stability, security, and independence in later life. At the same time, the results suggest that

attachment to one's home may reduce willingness to move, even if alternative forms of accommodation could offer practical benefits. This is reflected in the limited interest in housing developments with access to on-site medical care, where only 21.4% of respondents declared a strong willingness to move. However, the problem also lies in the fact that older people have a greater difficulty trusting "something" new than younger people.

The study highlights a significant problem where seniors lack access to housing needs. Respondents most frequently cited the importance of accessible bathrooms, elevators, and barrier-free solutions, such as wide doorways and the absence of thresholds. These findings are consistent with previous studies, which have shown that housing accessibility is a key factor in supporting the independence and quality of life of older adults (Xia et al., 2024; Hełdak et al., 2024). However, the results also suggest a gap between the recognition of these needs and the willingness to bear the financial costs of accessible housing. Although respondents strongly supported the development of housing dedicated to seniors, only 38.6% declared their willingness to pay for housing that meets accessibility criteria. This may reflect financial constraints, but also a broader structural mismatch between the needs of older adults and the housing solutions currently available on the market. Statistical analysis revealed no statistically significant relationships between selected demographic variables and housing preferences in the study group. These conclusions require considerable caution. Given the non-probabilistic online sampling method and limited sample size, the lack of statistically significant relationships cannot be taken as evidence that older adults constitute a homogeneous group in terms of housing needs. The results should rather be considered exploratory and limited to the respondents included in the study. The results also point to the broader importance of housing policy for seniors. They confirm that these findings extend beyond the realm of personal preferences, demonstrating that without appropriate government policies and investment in neighbourhood infrastructure, housing problems will not be resolved. In this respect, the results are consistent with recent studies indicating that housing policy for seniors in Poland remains inadequately adapted to the pace and consequences of population aging (Groeger, 2024; Murawska and Guzowska, 2025).

Despite its cognitive value, this study is subject to certain methodological limitations. First, it was based on a relatively small, non-probabilistic online sample, which limits representativeness and excludes older adults without internet access or sufficient digital skills. Second, the study included respondents from only one region, meaning the results should not be directly generalized to the broader population of older adults in Poland. Third, the study was based on self-reported preferences, not on observed housing behavior or recent housing

decisions. Nevertheless, the collected material provides a current source of knowledge about the preferences of residents of the West Pomeranian Voivodeship and provides directions for future research projects. Future research should focus on expanding the scale of analyses and increasing sample diversification, both in terms of size and geographical coverage. In particular, in-depth interviews could help clarify older adults' understanding of housing security, accessibility, and relocation, and how these meanings influence their housing choices later in life.

6. Conclusions

This study analyzed the self-reported housing preferences, accessibility needs, and relocation motives of adults aged 60+ from the West Pomeranian Voivodeship. The results, based on an original online survey conducted among 70 respondents, provide in-depth insight into how older adults assess their housing situation and what they consider important for their later life.

The results suggest that the housing needs of older adults should be considered not only in terms of housing type but also in terms of accessibility, neighbourhood infrastructure, and availability of services. They also point to a noticeable gap between awareness of accessibility needs and willingness to bear the financial costs associated with housing adaptation. This indicates that adapting housing conditions in later life is not only an individual matter but also a challenge for housing policy and the housing market. It should be emphasized that the interpretation of the obtained results requires considerable caution. The use of a non-probabilistic online sample with a relatively small sample size and the territorial limitation to a single region pose significant barriers to the representativeness of the data. Consequently, the conclusions formulated apply only to the study group and should not be uncritically extrapolated to the entire population of seniors in Poland. Furthermore, the lack of statistically significant correlations between demographic variables and housing preferences should be viewed as an exploratory result, not as definitive evidence of the uniformity of housing needs among older adults. Despite the methodological barriers identified, this study contributes significantly to the debate on housing in the context of an aging population, providing current empirical data on the housing expectations of older adults in the West Pomeranian Voivodeship. Future research projects should, however, strive to increase the sample size, diversify the sample, and expand the geographic scope. Incorporating qualitative methods also seems crucial, as they would allow for a deeper exploration of the motivations, barriers, and fears that accompany older adults in the housing decision-making process.

7. References

Clark, W. A. V., Ong ViforJ, R., & Phelps, C. (2024). Place Attachment and Aging in Place: Preferences and Disruptions. Research on Aging, 46(3-4), 179-196. doi:10.1177/01640275231209683.

Główny Urząd Statystyczny. (2023). *Rocznik Demograficzny 2023*.

Groeger, L. (2024). Senior housing policy in Poland: Determinants and desiderata. European Spatial Research and Policy, 31(2), 187-212. doi:10.18778/1231-1952.31.2.07.

Hełdak, M., Kulczyk-Dynowska, A., Przybyła, K., Stacherzak, A., Szczepański, J., Michalik, M., Płuciennik, M., & Kempa, O. (2024). Standards and the demand for adapting apartments for better accessibility for older adults in Poland. Journal of Housing and the Built Environment, 39(2), 937-956. doi:10.1007/s10901-023-10048-8.

Jancz, A., & Manasterska, T. (2023). Seniors' housing preferences in medium-sized cities in Poland. Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 8(2), 333-347. doi:10.14254/jsdtl.2023.8-2.26.

Jancz, A., & Trojanek, R. (2020). Housing Preferences of Seniors and Pre-Senior Citizens in Poland-A Case Study. Sustainability, 12(11), 4599. doi:10.3390/su12114599.

Murawska, A., & Guzowska, A. (2025). Housing Security of Seniors in Poland-Living Conditions, Financial Burdens, and Housing Satisfaction. Ekonomia i Prawo. Economics and Law, 24(3), 381-404. doi:10.12775/EiP.2025.19.

Xia, B., Chen, Q., Buys, L., Susilawati, C., & Drogemuller, R., with E, J. listed as first author in some databases. (2024). Impact of the Built Environment on Ageing in Place: A Systematic Overview of Reviews. *Buildings, 14*(8), 2355. doi:10.3390/buildings14082355.

ISBN 978-83-979051-4-6



