

PRACE  
KÓŁ  
NAUKOWYCH  
Politechniki  
Rzeszowskiej  
w roku  
akademickim  
2022/2023

Rzeszów 2023

Wydano za zgodą Rektora

**R e d a k t o r n a c z e l n y**  
Wydawnictw Politechniki Rzeszowskiej  
dr hab. inż. Lesław GNIEWEK, prof. PRZ

**Przewodniczący Rady Redakcyjnej**

dr inż. Bartosz TRYBUS

**Rada Redakcyjna**  
**Prac Kół Naukowych 2022/2023**

dr Paweł BĘŁCH  
dr inż. Paulina BĘŁCH  
prof. dr hab. inż. Wiktor BUKOWSKI  
dr inż. Dorota GŁOWACZ-CZERWONKA, prof. PRZ  
dr inż. Adam PIECH  
mgr Jan POLASZCZYK  
dr Magdalena SZYDEŁKO  
dr inż. Bartosz TRYBUS  
dr hab. Łukasz URAM, prof. PRZ

Wydruk z matrycy dostarczonych przez Radę Redakcyjną Prac Kół Naukowych.  
W procesie wydawniczym pominięto etap opracowania językowego.

*logistyka, transport, magazyny, dystrybucja, automatyzacja  
sztuczna inteligencja (AI), Internet rzeczy (IoT), e-commerce,  
właściwości fizykochemiczne wody, framework, laravel,  
system operacyjny, baza danych, dron autonomiczny, Bootstrap,  
szytwna pianka poliuretanowa, antypireny, Rokopol RF-151V, bioplimery,  
biomateriały, marketing, zarządzanie ryzykiem, pandemia, cytotoksyczność*

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej  
Rzeszów 2023

p-ISBN 978-83-7934-681-3  
e-ISBN 978-83-7934-682-0

Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej  
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
<https://oficyna.prz.edu.pl>

Ark. wyd. 17,22. Ark. druk. 17,50. Wydrukowano we wrześniu 2023 r.  
Drukarnia Oficyny Wydawniczej PRZ, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
Zam. nr 55/23

## SPIS TREŚCI

### STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE LOGISTYKÓW „LOGON”

Malwina LEJA, Paweł BĘŁCH Brak zawodowych kierowców jako zagrożenie dla transportu drogowego.....	9
Malwina LEJA, Aleksandra PACANA, Paulina BĘŁCH Zastosowanie nowoczesnych technologii a funkcjonowanie magazynów.....	21
Ilona SZYMAŃSKA, Judyta WOJTOWICZ, Paulina BĘŁCH Przewóz ładunków transportem kolejowym w Polsce w latach 2012-2022.....	37
Aleksandra POKWAPISZ, Magdalena SZYDEŁKO Wpływ wybranych obostrzeń związanych z pandemią COVID-19 na zachowania zakupowe konsumentów w sektorze e-commerce .....	47
Karolina SMOLINIEC, Magdalena SZYDEŁKO Projekt wielokanałowego systemu dystrybucji na przykładzie hipotetycznego przedsiębiorstwa z branży meblarskiej.....	65
Aleksandra RADUJ, Magdalena SZYDEŁKO Analiza procesu transportu produktów spożywczych.....	77

### STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Oskar J. RUMAK, Dominika SAJA, Katarzyna SITARZ, Adam PIECH Badanie właściwości fizykochemicznych wody w wybranych ujęciach indywidualnych na terenie powiatu rzeszowskiego.....	91
--	----

### STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE INFORMATYKÓW „KOD”

Filip KULA, Wojciech ZAJĄCZKOWSKI, Michał ZIELONKA, Kamil UCHWAT, Jakub ŻAŃCZAK, Bartosz TRYBUS Zastosowanie frameworka Laravel na przykładzie interfejsu aplikacji w architekturze REST .....	107
Jakub PRZYSTASZ, Bartosz TRYBUS Sieciowy program rozruchowy w systemie operacyjnym MicrOS.....	123

Kamil UCHWAT, Filip KULA, Wojtek ZAJĄCZKOWSKI, Jakub ŻAŃCZAK, Michał ZIELONKA, Bartosz TRYBUS Zastosowanie sztucznej inteligencji w analizie big data.....	137
Krystian PUPIEC, Bartosz TRYBUS Rozwój internetu rzeczy (IoT) i jego wpływ na życie człowieka.....	147
Michał ZIELONKA, Wojciech ZAJĄCZKOWSKI, Kamil UCHWAT, Filip KULA, Jakub ŻAŃCZAK, Bartosz TRYBUS Rozwój i wykorzystanie dronów autonomicznych w różnych dziedzinach.....	157
Jakub ŻAŃCZAK, Wojciech ZAJĄCZKOWSKI, Michał ZIELONKA, Kamil UCHWAT, Filip Kula, Bartosz TRYBUS Zastosowanie technologii Bootstrap w tworzeniu responsywnych aplikacji webowych i stron internetowych .....	167
Wojciech ZAJĄCZKOWSKI, Michał ZIELONKA, Filip KULA, Kamil UCHWAT, Jakub ŻAŃCZAK, Bartosz TRYBUS Proces budowy i zabezpieczania aplikacji webowej przy użyciu frameworka „Flask” .....	177

#### KOŁO NAUKOWE STUDENTÓW CHEMII „ESPRIT”

Agnieszka MISIAK, Dorota GŁOWACZ-CZERWONKA Znaczenie antypirenow w procesie otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych.....	193
Agnieszka MISIAK, Dorota GŁOWACZ-CZERWONKA Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych z dodatkiem addytywnych antypirenow.....	203
Joanna KOZAK, Dorota GŁOWACZ-CZERWONKA Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy.....	213
Joanna KOZAK, Dorota GŁOWACZ-CZERWONKA Właściwości ogniowe sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy.....	223
Anna RYBKA, Wiktor BUKOWSKI Biomateriały polimerowe i ich rola w medycynie.....	233



---

STUDENCKIE KOŁO NAUKOWO-BADAWCZE  
TURYSTYKI „TUPTUŚ”

Anna SROKA, Jan POLASZCZYK

Korzyści wynikające z zastosowania marketingu mobilnego w branży turystycznej..... 245

Dominika HAMMER, Jan POLASZCZYK

Zarządzanie ryzykiem w sektorze lotniczym w dobie pandemii COVID-19 na przykładzie Kraków Airport im. Jana Pawła II..... 255

STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE  
BIOTECHNOLOGÓW „INSERT”

Piotr DZIURA, Łukasz URAM

Toksyczność dendrymerów poliamidoaminowych (PAMAM), skoniugowanych z lekami przeciwzapalnymi o potencjale przeciwnowotworowym w odniesieniu do linii komórkowej ludzkiego raka płaskonabłonkowego linii SSC-15..... 273





KOŁO

NAUKOWE

○ LOGISTYKÓW

„LogOn”





**Malwina Leja, Paweł Belch**

Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogOn”

## **Brak zawodowych kierowców jako zagrożenie dla transportu drogowego**

### **Streszczenie**

Transport odgrywa istotną rolę w gospodarce narodowej, wpływa na jej rozwój w każdym obszarze usług oraz produkcji materialnej. Branża transportowa Polski boryka się obecnie z poważnym problemem deficytu kierowców zawodowych. Zjawisko to jest obserwowane nie tylko w Polsce, ale również w innych krajach europejskich i dotyczy przede wszystkim przewozów drogowych. Jednym z głównych powodów braku pracowników w tym segmencie gospodarki jest kosztowny i skomplikowany proces uzyskania uprawnień i kwalifikacji zawodowych kierowcy. Ponadto, branża transportowa wymaga od kierowców długiego czasu spędzonego na drodze, co z kolei może negatywnie wpływać na ich życie prywatne i zdrowie. Aby poradzić sobie z problemem braku kierowców zawodowych, podejmowane są w Polsce różne inicjatywy. Warto podkreślić, że problem ten jest złożony i wymaga kompleksowych rozwiązań. Konieczne jest zarówno zwiększenie liczby osób zainteresowanych pracą w transporcie, jak i poprawa warunków pracy, co pozytywnie wpłynie na rekrutację oraz utrzymanie pracowników w branży transportowej.

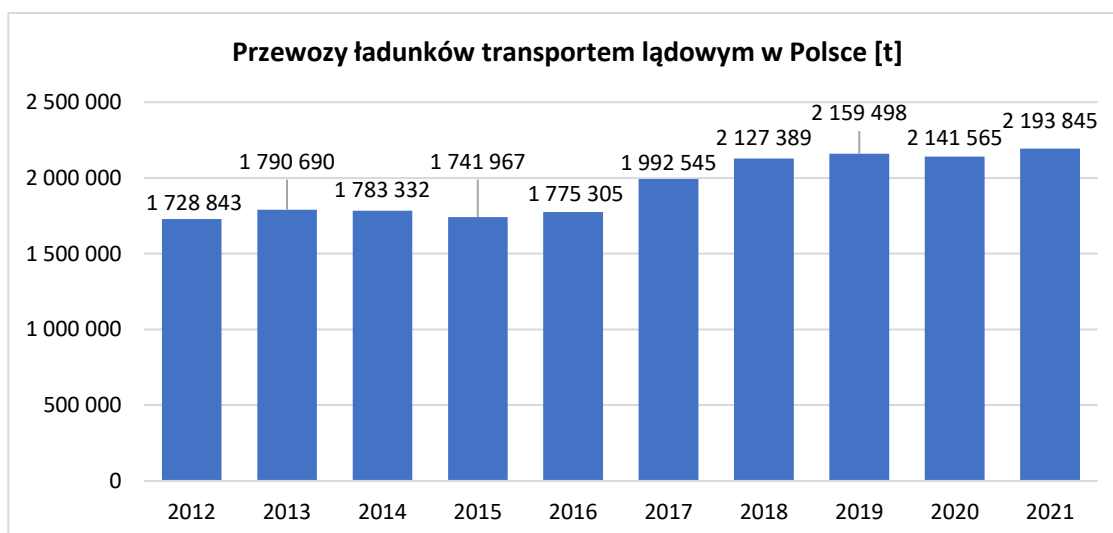
**Słowa kluczowe:** logistyka, transport drogowy, deficyt kierowców zawodowych.

### **1. Wprowadzenie**

Transport drogowy odgrywa niezwykle ważną rolę w gospodarce Polski, a jego rozwój ma kluczowe znaczenie dla efektywności i konkurencyjności całego kraju. W ostatnich latach zauważalny jest wyraźny trend wzrostu liczby przewozów ładunków transportem lądowym w Polsce. Ten dynamiczny wzrost jest wynikiem wielu czynników, takich jak rozwój infrastruktury drogowej, zwiększenie efektywności procesów logistycznych, czy też wzrost zapotrzebowania na różnego rodzaju produkty<sup>1</sup>. Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 1 można zauważyć, że przewóz ładunków w Polsce widocznie rośnie. Związane jest z tym także większe zapotrzebowanie rynku pracy na zawodowych kierowców. Niestety z roku na rok kierowców zaczyna brakować, natomiast sytuacja nie poprawia się.

---

<sup>1</sup> <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/2019/transport-przyszlosci-perspektywy-rozwoju-transportu-drogowego-w-polsce-2020-2030.html> (dostęp: 25.03.2023).



**Rys 1. Przewozy ładunków transportem lądowym w Polsce w latach 2012-2021**

Źródło: opracowanie na podstawie: GUS – bank danych makroekonomicznych, <https://bdm.stat.gov.pl>, (dostęp: 25.03.2023).

Zmniejszająca się liczba kierowców zawodowych stanowi poważne wyzwanie dla sektora logistycznego. W ciągu ostatnich lat odnotowano spadek zainteresowania tą profesją, co w konsekwencji prowadzi do braku odpowiedniej liczby kierowców na rynku pracy. Istnieje kilka czynników, które wpłynęły na ten stan rzeczy. Przede wszystkim, wiele osób nie jest zainteresowanych pracą w zawodzie kierowcy, ponieważ wymaga ona wielu wyrzeczeń i wiąże się z trudnymi warunkami pracy, takimi jak długie okresy jazdy (często na trasach międzynarodowych), czy brak możliwości spędzania czasu z rodziną<sup>2</sup>.

Tabela 1. Zapotrzebowanie rynku pracy na pracowników według zawodów w 2021 r.

Zawód	Liczba poszukiwanych pracowników w pierwszym kwartale 2021 r. [w tys.]
Kierowcy i operatorzy pojazdów	33,4
Maszyniści kolejowi, dyżurni ruchu i pokrewni	1,2
Kierowcy samochodów osobowych, dostawczych i motocykli	4,9
Kierowcy samochodów ciężarowych i autobusów	21,1
Operatorzy pojazdów wolnobieżnych i pokrewni	6,1
Marynarze i pokrewni	0,1

Źródło: opracowanie na podstawie: GUS – Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rynek-pracy/pracujacy-zatrudnieni-wynagrodzenia-koszty-pracy/zapotrzebowanie-ryнку-pracy-na-pracownikow-według-zawodow-2021-r,-24,1.html>, (dostęp: 25.03.2023).

<sup>2</sup> M. Wolak, *Problem braku kierowców zawodowych. Rekomendowane rozwiązania*, Polski Instytut Transportu Drogowego, Wrocław 2018, s. 5.

Ogólne zapotrzebowanie na kierowców i operatorów pojazdów w Polsce w pierwszym kwartale 2021 roku wynosiło 33,4 tys. pracowników. Największy udział w tym zapotrzebowaniu stanowili kierowcy samochodów ciężarowych oraz autobusów – aż 21,1 tys. osób.

Zmniejszenie się liczby kierowców zawodowych stawia przed sektorem logistycznym wiele wyzwań i powoduje wiele problemów. Przede wszystkim, prowadzi to do wzrostu kosztów zatrudnienia kierowców, co z kolei wpływa na ceny transportu. W konsekwencji, firmy zmuszone są do podnoszenia cen swoich usług. Ponadto, brak wystarczającej liczby kierowców może prowadzić do opóźnień w dostawach i problemów z realizacją zamówień. W przypadku braku kierowców przedsiębiorstwa logistyczne zwiększają często obciążenia pracowników, co z kolei prowadzi do wzrostu stresu i ryzyka wypadków drogowych. Aby rozwiązać problemy wynikające ze zmniejszającej się liczby kierowców zawodowych, przedsiębiorstwa logistyczne muszą podjąć odpowiednie kroki w tym zakresie<sup>3</sup>.

## 2. Przyczyny braku kierowców

W krajach Unii Europejskiej, zgodnie z obowiązującymi przepisami, usługi transportu drogowego świadczone są przez wyspecjalizowanych przewoźników drogowych, mających odpowiednie pojazdy samochodowe spełniające wymogi bezpieczeństwa, a także mających odpowiednie uprawnienia<sup>4</sup>.

W dzisiejszych czasach, z powodu różnych czynników, takich jak starzenie się społeczeństwa, brak zainteresowania młodych ludzi pracą w transporcie i rosnące koszty prowadzenia działalności, zauważalny jest spadek liczby kierowców zawodowych. W miarę, jak liczba kierowców zmniejsza się, pojawiają się nowe wyzwania i problemy dla sektora logistycznego, które wymagają zwiększonej uwagi i działań. Na przestrzeni obecnych lat znacząco maleje liczba wydawanych praw jazdy w kategoriach wymaganych przez przedsiębiorstwa transportowe. Spowodowane jest to kosztownym oraz skomplikowanym procesem nabywania uprawnień. Poważną barierą dla osób zainteresowanych tym zawodem jest czasochłonność, koszt oraz trudność uzyskania niezbędnych kwalifikacji. Szacunkowy koszt kursów i egzaminów koniecznych do podjęcia pracy może wahać się od 9 800 zł do 12 300 zł, co stanowi dwu- lub trzykrotność wysokości średniego wynagrodzenia miesięcznego<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> <https://www.money.pl/gospodarka/brak-kierowcow-w-polsce-moze-skonczyc-sie-jak-w-anglii-eksperci-alarmuja-6872430669032160a.html>, (25.03.2023).

<sup>4</sup> M. Walendzik, G. Nowacki, *Brak zawodowych kierowców zagrożeniem dla przedsiębiorstw transportu drogowego*, AUTOBUSY, 12/2017, s. 1803.

<sup>5</sup> <https://www.pwc.pl/pl/media/2016/2016-11-07-rynek-pracy-kierowcow.html> (dostęp: 25.03.2023).

Aby nabyć uprawnienia zawodowego kierowcy nie wystarczy tylko posiadać prawo jazdy określonej kategorii. W zależności od specyfiki pracy, poza kategorią B, należy mieć również prawo jazdy kategorii C, C+E, D, bądź D+E. Kandydat do wykonywania danej profesji musi jeszcze uzyskać Świadectwo Kwalifikacji Zawodowej, uprawniające do przewozu rzeczy lub osób. Przyszły kierowca ma obowiązek odbycia specjalnego szkolenia, a w następnej kolejności zdania egzaminu państwowego. Musi także okazać zaświadczenie lekarskie o braku przeciwwskazań do wykonywania zawodu kierowcy, w tym również badań psychologicznych. Niestety wszystkie powyższe etapy generują znaczące koszty<sup>6</sup>.

Wiek kandydata to jedno z kluczowych kryteriów umożliwiających zatrudnienie kierowcy. Minimalny wiek kwalifikacyjny to nadal 21 lat dla kierowców ciężarówek, co stanowi dużą barierę dla absolwentów szkół. Zgodnie z Ustawą o transporcie drogowym z dnia 6 września 2001 r., przedsiębiorca wykonujący przewozy drogowe może zatrudnić kierowcę, jeżeli osoba ta ukończyła 18 lat w przypadku kierowcy prowadzącego pojazd samochodowy, dla którego wymagane jest posiadanie prawa jazdy kategorii C lub C+E, o ile uzyskał on odpowiednią kwalifikację wstępną (pełną), a dla kat. C1 lub C1+E, o ile uzyskał on odpowiednią kwalifikację wstępną przyspieszoną. Przedsiębiorca może zatrudnić kierowcę, który ukończył 21 lat, w przypadku kierowcy prowadzącego pojazd samochodowy, dla którego wymagane jest posiadanie prawa jazdy D lub D+E, o ile uzyskał on odpowiednią kwalifikację wstępną, a dla kat. C lub C+E, o ile uzyskał on kwalifikację wstępną przyspieszoną. Natomiast kierowca, dla którego wymagane jest posiadanie prawa jazdy kat. D lub D+E, a który ukończył kwalifikację wstępną przyspieszoną – musi mieć ukończone 23 lata<sup>7</sup>.

Dodatkowym problemem zarówno dla przedsiębiorców, jak i cudzoziemców zainteresowanych pracą w Polsce, jest złożoność i długotrwałość procedur administracyjnych, koniecznych do zalegalizowania pobytu i pracy kierowcy na terenie Polski oraz konieczność zdawania testów kwalifikacyjnych w języku polskim. Dla kierowcy niebędącego obywatelem państwa członkowskiego Unii Europejskiej zatrudnionego przez przedsiębiorcę, który ma siedzibę na terytorium Polski, a wykonującego międzynarodowy transport drogowy, na wniosek przedsiębiorcy wydawane jest świadectwo kierowcy. Jest to potwierdzenie legalności zatrudnienia. Świadectwo kierowcy wydaje Główny Inspektor Transportu Drogowego na okres do 5 lat. Niestety niedobór kierowców zawodowych nie jest jedynie problemem Polski, lecz występuje również na rynkach pozostałych państw członkowskich Unii Europejskiej, a także w USA. Główną

---

<sup>6</sup> <https://portal.faktura.pl/biznes/niedobor-kierowcow-na-ryнку-pracy-w-branzy-transportowej-wciaz-brakuje-pracownikow> (26.03.2023).

<sup>7</sup> Dz.U. z 2001 r., nr 125, poz. 1371.



przyczyną tego niedoboru jest wzrost popytu na usługi transportowe związane z intensyfikacją międzynarodowej wymiany handlowej<sup>8</sup>.

Brak zawodowych kierowców spowodowany jest też tym, że ich wymagania wobec pracodawców rosną. Najważniejszym kryterium zatrudnienia jest wysokość wynagrodzenia. Poza tym bardzo istotne dla młodych kierowców są różnego rodzaju kursy i szkolenia, które opłaca zazwyczaj pracodawca. Kierowcy, zwłaszcza początkujący, zwracają uwagę na możliwość rozwoju<sup>9</sup>.

### 3. Zagrożenia związane z brakiem zawodowych kierowców

Zmniejszająca się liczba kierowców zawodowych ma poważne konsekwencje dla logistyki i transportu. Poniżej przedstawione są najważniejsze z nich.

**Wzrost kosztów transportu** - wraz z malejącą liczbą kierowców zawodowych rośnie zapotrzebowanie na ich usługi, co prowadzi do wzrostu kosztów transportu. Wysokie koszty przewozu mogą prowadzić do wzrostu cen towarów, a tym samym do zmniejszenia ich popytu.

**Wydłużenie czasu dostawy** - brak kierowców zawodowych może prowadzić do opóźnień w dostawach i wydłużenia czasu transportu. Może to powodować trudności w realizacji zamówień oraz na niezadowolenie klientów.

**Ograniczenia inwestycyjne** - przedsiębiorcy w obawie przed ryzykiem związanym z brakiem kierowców ograniczają inwestycje w zakresie poszerzania swojej obecnej floty.

**Problemy z realizacją kontraktów** - zmniejszająca się liczba kierowców zawodowych może prowadzić do problemów z realizacją umów i kontraktów przez przedsiębiorstwa transportowe. To z kolei może prowadzić do utraty zaufania klientów i negatywnego wpływu na wizerunek podmiotu gospodarczego.

**Niedobór siły roboczej w branży transportowej** - brak kierowców zawodowych może prowadzić do niedoboru siły roboczej w branży transportowej. To z kolei może prowadzić do trudności w znalezieniu pracowników do innych stanowisk, a także do wzrostu kosztów związanych z rekrutacją i szkoleniem nowych pracowników<sup>10</sup>.

**Zwiększenie obciążenia pracowników** - mniejsza liczba kierowców oznacza większe obciążenie dla tych, którzy pozostaną w branży. To może prowadzić do zwiększenia stresu, zmęczenia, a w konsekwencji do wzrostu liczby wypadków drogowych<sup>11</sup>.

---

<sup>8</sup> <https://www.pwc.pl/pl/media/2016/2016-11-07-rynek-pracy-kierowcow.html> (dostęp: 25.03.2023).

<sup>9</sup> M. Walendzik, G. Nowacki, *Brak...*, op. cit., s. 1805.

<sup>10</sup> M. Wolak, *Problem braku kierowców...*, op. cit., s. 6-9.

<sup>11</sup> M. Piechota, R. Czech, M. Zabochnicka-Świątek, P. Czech, K. Turoń, *Kierowca samochodu ciężarowego – analiza zagrożeń*, AUTOBUSY, 12/2018, s. 204.

Wszystkie powyższe konsekwencje zmniejszającej się liczby kierowców zawodowych mają wpływ na efektywność transportu oraz na funkcjonowanie całej gospodarki. Dlatego też konieczne są działania, które pozwolą na zwiększenie atrakcyjności zawodu kierowcy zawodowego oraz na poszukiwanie nowych rozwiązań, które umożliwią efektywny transport towarów.

#### 4. Sytuacja na świecie

Według raportu udostępnionego przez IRU (The International Road Transport Union) – Międzynarodowej Unii Transportu Drogowego, niedobory kierowców wzrosły o 42% w latach 2020-2021, przy czym liczba wolnych miejsc pracy osiągnęła 71 tys. w Rumunii, 80 tys. w Polsce i Niemczech oraz 100 tys. w Wielkiej Brytanii. Natomiast w Meksyku niedobory wzrosły o 30%, osiągając 54 tys., podczas gdy w Chinach wzrosły o 140%, osiągając 1,8 mln<sup>12</sup>. Badania przeprowadzone przez IRU są mocno niepokojące, dlatego że bez podjęcia działań na rzecz zwiększenia dostępności i atrakcyjności zawodu kierowcy w Europie do 2026 r. może brakować ponad dwóch milionów kierowców. Jeśli sytuacja się nie zmieni, IRU spodziewa się, że do 2026 r. ponad połowa wszystkich stanowisk kierowców ciężarówek będzie nieobsadzona<sup>13</sup>.

Z raportu również wynika, że kobiety nadal nie są chętne, aby pracować „za kierownicą”. Mniej niż 3% kierowców samochodów ciężarowych to kobiety we wszystkich regionach, z wyjątkami takich państw jak: Chiny – 5% i Stany Zjednoczone – 8%. W przypadku niskiego odsetku kobiet-kierowców ciężarówek IRU doszukuje się przyczyny w kwestii bezpieczeństwa. W UE zaledwie 3% parkingów dla ciężarówek ma certyfikat bezpieczeństwa. W większości regionów na świecie młodzi kierowcy poniżej 25 roku życia stanowią mniejszość, ponieważ zaledwie 6 lub 7% spośród wszystkich kierowców ciężarówek. Z drugiej strony we wszystkich regionach, z wyjątkiem Chin i Meksyku, jest znacznie więcej starszych kierowców, którzy są powyżej 55 roku życia. W Stanach Zjednoczonych i Europie starsi kierowcy stanowią około jedną trzecią siły roboczej. Dodatkowo Europa ma najwyższy średni wiek kierowców, który wynosi 47 lat. Pogłębiająca się różnica wieku jest poważniejsza w przypadku transportu pasażerskiego. W Europie tylko 3% kierowców autobusów i autokarów ma mniej niż 25 lat, czyli o połowę mniej niż w całym sektorze transportu. Kierowcy w wieku powyżej 55 lat stanowią 32% siły roboczej, a średni wiek kierowców to 50 lat<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> <https://www.iru.org/news-resources/newsroom/global-driver-shortages-2022-year-review> (dostęp: 25.03.2023).

<sup>13</sup> <https://trans.info/pl/niedobor-kierowcow-w-europie-wkrotce-sie-potroi-313483> (dostęp: 25.03.2023).

<sup>14</sup> *Ibidem*.

## 5. Obecna sytuacja w Polsce

W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach, brak kierowców zawodowych jest poważnym problemem dla branży transportowej i logistycznej. W ostatnich latach liczba kierowców zawodowych w Polsce systematycznie maleje, a jednocześnie rośnie zapotrzebowanie na usługi transportowe. Od lat widoczny jest wzrost średniego wieku kierowców, a także coraz mniejsze zainteresowanie zawodem kierowcy ze strony młodych ludzi. Mimo kluczowej roli transportu drogowego dla całej gospodarki, zawód ten nie cieszy się popularnością i uchodzi za bardzo wymagający. Jak podaje IRU w Polsce liczba brakujących kierowców może sięgać nawet do 150 tysięcy. Problem ten będzie się nasilał w 2023 roku z powodu kosztów i czasu, jaki jest dziś wymagany, by uzyskać wszystkie konieczne uprawnienia. Jest to swego rodzaju przeszkoda zarówno dla małych jak i dużych przedsiębiorstw logistycznych<sup>15</sup>.

Z danych Biura Transportu Międzynarodowego wynika, że na koniec 2020 roku urząd wydał ponad 67,3 tys. świadectw pracy kierowcy dla obywateli zagranicznych państw. Najwięcej pracowników przyjechało z Ukrainy (blisko 49 tys.) i z Białorusi (ponad 15,3 tys.). To właśnie dzięki nim przedsiębiorstwa mogły wypełnić występujące braki polskich kierowców, którzy zrezygnowali z zawodu<sup>16</sup>.

W Polsce podejmowane są różne działania mające na celu zwiększenie liczby kierowców zawodowych. Branża transportowa „ratuje się” kierowcami z zagranicy, jednak wiąże się to z koniecznością dopasowania ofert pracy pod kątem obcokrajowców oraz przełamywaniem barier językowych. Ratunkiem dla polskiej branży transportowej byłoby uproszczenie i przyspieszenie procedur zatrudniania kierowców z zagranicy. Sytuację w branży utrudnia dodatkowo wojna w Ukrainie, bo to właśnie zatrudnianiem ukraińskich pracowników posiłkowały się w ostatnich latach przedsiębiorstwa transportowe<sup>17</sup>. Konieczne są działania, które pozwolą na zwiększenie atrakcyjności zawodu kierowcy zawodowego oraz na poszukiwanie nowych rozwiązań, które umożliwią efektywny transport towarów.

---

<sup>15</sup> J. Szalek, *Rynek transportowy w Polsce i Europie. Obecna sytuacja i prognozy na 2023 rok*, 2022, s. 19.

<sup>16</sup> <https://logistyka.rp.pl/praca-w-logistyce/art19275561-kierowcy-z-calego-swiata-w-polskich-ciezarowkach>, (dostęp: 26.03.2023).

<sup>17</sup> <https://pap-mediroom.pl/biznes-i-finanse/w-polsce-brakuje-kierowcow-ciezarowek-nadzieja-w-edukacji-i-pracownikach-z-azji> (dostęp: 25.03.2023).

## 6. Proponowane rozwiązania

Złagodzenie wpływu niedoborów na branżę oraz polską gospodarkę wymaga podjęcia szeregu działań, w tym w szczególności:

- zapewnienia absolwentom klas o profilu kierowca-mechanik możliwości uzyskania dofinansowania dla uzyskania pełnych uprawnień oraz rozważenie możliwości wprowadzenia i dofinansowania kształcenia w kierunku kierowca-mechanik w publicznych szkołach zawodowych dla dorosłych,
- promocji zawodu kierowcy, w tym również wprowadzenia go do doradztwa zawodowego już na poziomie szkoły podstawowej oraz ścisłej współpracy MEN z przedsiębiorstwami transportowymi w zakresie szkolnictwa,
- wprowadzenia regulacji ułatwiających cudzoziemcom podjęcie oraz kontynuację pracy w zawodzie kierowcy,
- podjęcia na forum europejskim inicjatyw zmierzających do uelastycznienia czasu pracy kierowców,
- przeznaczenia środków na podniesienie jakości infrastruktury przydrożnej, która zwiększa komfort i bezpieczeństwo pracy kierowców,
- dostosowania programów kursów na prawo jazdy, szkoleń okresowych i kwalifikacji wstępnej do wymogów rynku pracy,
- stabilizacji sytuacji prawnej pracowników wysoko mobilnych na poziomie Unii Europejskiej celem minimalizacji negatywnych dla branży skutków barier administracyjnych związanych z wprowadzeniem przepisów dotyczących krajowych płac minimalnych, a także objęcia kierowców międzynarodowych przepisami o delegowaniu pracowników<sup>18</sup>.

Niedobór kierowców wymusza na pracodawcach podniesienie stawek rynkowych. Dla małych przedsiębiorstw, które nie posiadają wystarczających funduszy na podnoszenie stawek lub wprowadzanie innego rodzaju udogodnień i rozwiązań, najważniejsza może okazać się relacja z własnymi pracownikami i odpowiadanie na ich potrzeby. Kluczem do podniesienia konkurencyjności może okazać się na przykład optymalizacja czasu pracy kierowców<sup>19</sup>.

Kierowcy ciężarówek często nocują w pojazdach, dlatego że standard Miejsc Obsługi Pojazdowych (tzw. MOP-ów), z których muszą korzystać, często pozostawia wiele do życzenia. Kierowcy nieraz mają utrudniony dostęp do toalety i podstawowych pomieszczeń sanitarnych. Dlatego też dobrym rozwiązaniem, jakie mogłoby zachęcić kierowców do pracy, jest

---

<sup>18</sup> PwC, Związek Pracodawców „Transport i Logistyka Polska”, *Rynek pracy kierowców w Polsce*, 2016, s. 8.

<sup>19</sup> <https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/jak-zatrzymac-kierowcow-w-firmie> (dostęp: 26.03.2023).

zagwarantowanie im lepszych warunków w podróży, przykładowo zapewnienie miejsc noclegowych czy atrakcyjnej bazy gastronomicznej<sup>20</sup>.

Warto podjąć inicjatywę przeprowadzenia akcji promocyjnych, zachęcających kobiety do podejmowania pracy kierowcy. W tym zawodzie dalej jednak przewagę stanowią mężczyźni. Oczywiście część proponowanych rozwiązań przedsiębiorstwa mogą wdrażać na własną rękę, jednak część wymaga zaangażowania władz, ponieważ tylko one mogą implementować określone rozwiązania systemowe. Odpowiednio przemyślane działania przedsiębiorców mogą przyczynić się do stopniowej poprawy sytuacji oraz zwiększenia zainteresowania zawodem kierowcy<sup>21</sup>.

## 7. Podsumowanie

Brak kierowców zawodowych jest poważnym problemem dla logistyki i transportu zarówno na świecie, jak i w Polsce. Niedobór kierowców prowadzi do wzrostu kosztów transportu, wydłużenia czasu dostawy i zmniejszenia konkurencyjności przedsiębiorstw. Konieczne są działania, które pozwolą na zwiększenie atrakcyjności zawodu kierowcy zawodowego oraz na poszukiwanie nowych rozwiązań, które umożliwią efektywny transport towarów. Aby sprostać temu wyzwaniu, podmioty logistyczne muszą zwrócić uwagę na poprawę warunków pracy dla kierowców, tak aby zwiększyć atrakcyjność tego zawodu. Ważnym krokiem jest również inwestowanie w szkolenia oraz programy motywacyjne dla pracowników, które pozwolą na utrzymanie ich w przedsiębiorstwie oraz zwiększenie ich zaangażowania.

Wzrost zapotrzebowania na pracę zawodowych kierowców spowodowany jest kilkoma czynnikami. Jednym z głównych jest rosnące zapotrzebowanie na usługi transportowe, zwłaszcza w związku z rozwojem e-commerce oraz zwiększającymi się wymaganiami w zakresie czasu dostawy towarów. Zmniejszająca się liczba kierowców zawodowych stanowi poważne wyzwanie dla branży logistycznej. Przede wszystkim, należy zwiększyć atrakcyjność zawodu kierowcy poprzez oferowanie lepszych warunków pracy oraz odpowiedniego wynagrodzenia. Dodatkowo, przedsiębiorstwa logistyczne powinny inwestować w technologie, które pozwolą na zwiększenie efektywności transportu i zmniejszenie czasu dostawy towarów. Dzięki temu będzie możliwe zmniejszenie obciążenia pracowników i zwiększenie ich bezpieczeństwa na drodze.

---

<sup>20</sup> <https://portal.faktura.pl/biznes/niedobor-kierowcow-na-ryнку-pracy-w-branzy-transportowej-wciaz-brakuje-pracownikow> (dostęp: 26.03.2023).

<sup>21</sup> *Ibidem*.

## Literatura

1. Piechota M., Czech R., Zabochnicka-Świątek M., Czech P., Turoń K., *Kierowca samochodu ciężarowego – analiza zagrożeń*, AUTOBUSY, 12/2018.
2. PwC, Związek Pracodawców „Transport i Logistyka Polska”, *Rynek pracy kierowców w Polsce*, 2016.
3. Szalek J., *Rynek transportowy w Polsce i Europie. Obecna sytuacja i prognozy na 2023 rok*, 2022.
4. Walendzik M., Nowacki G., *Brak zawodowych kierowców zagrożeniem dla przedsiębiorstw transportu drogowego*, AUTOBUSY, 12/2017.
5. Wolak M., *Problem braku kierowców zawodowych. Rekomendowane rozwiązania*, Polski Instytut Transportu Drogowego, Wrocław 2018.

## Akty normatywne

1. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz.U. z 2001 r., nr 125, poz. 1371).

## Źródła internetowe

1. GUS – Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rynek-pracy/pracujacy-zatrudnieni-wynagrodzenia-koszty-pracy/zapotrzebowanie-ryнку-pracy-na-pracownikow-według-zawodow-2021-r-,24,1.html> (dostęp: 25.03.2023).
2. GUS – bank danych makroekonomicznych, <https://bdm.stat.gov.pl> (dostęp: 25.03.2023).
3. <https://www.iru.org/news-resources/newsroom/global-driver-shortages-2022-year-review>, (dostęp: 25.03.2023).
4. <https://www.pwc.pl/pl/media/2016/2016-11-07-rynek-pracy-kierowcow.html> (dostęp: 25.03.2023).
5. <https://www.money.pl/gospodarka/brak-kierowcow-w-polsce-moze-skonczyz-sie-jak-w-anglii-eksperci-alarmuja-6872430669032160a.html> (dostęp: 25.03.2023).
6. <https://pap-mediroom.pl/biznes-i-finanse/w-polsce-brakuje-kierowcow-ciezarowek-na-dzieja-w-edukacji-i-pracownikach-z-azji> (dostęp: 25.03.2023).

7. <https://logistyka.rp.pl/praca-w-logistyce/art19275561-kierowcy-z-calego-swiata-w-polskich-ciezarowkach> (dostęp: 26.03.2023).
8. <https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/jak-zatrzymac-kierowcow-w-firmie> (dostęp: 26.03.2023).
9. <https://portal.faktura.pl/biznes/niedobor-kierowcow-na-ryнку-pracy-w-branzy-transportowej-wciaz-brakuje-pracownikow> (dostęp: 26.03.2023).
10. <https://trans.info/pl/niedobor-kierowcow-w-europie-wkrotce-sie-potroi-313483> (dostęp: 25.03.2023).





**Malwina Leja, Aleksandra Pacana, Paulina Bełch**  
Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogON”

## **Zastosowanie nowoczesnych technologii a funkcjonowanie magazynów**

### **Streszczenie**

Nowe technologie, tj. automatyzacja, robotyka, sztuczna inteligencja (AI) i Internet rzeczy (IoT), znacząco wpłynęły na sposób zarządzania logistyką (w tym magazynami). Automatyzacja i robotyka zastępują pracę ludzką, co przynosi oszczędność czasu i kosztów oraz poprawia jakość wykonywanych zadań. AI i IoT pomagają w zarządzaniu magazynami, poprawiają dostępność informacji, kontrolę i monitorowanie stanu magazynu oraz prognozowanie zapotrzebowania na produkty. Nowoczesne technologie wymagają specjalistycznej wiedzy i umiejętności obsługi, ale także zwiększają produktywność i optymalizują procesy w magazynach. Przykładami nowoczesnych technologii są systemy zarządzania magazynem (WMS), systemy zarządzania flotą (FMS), identyfikacja za pomocą radiofali (RFID), technologie pick-to-light i put-to-light, które umożliwiają szybkie i precyzyjne kompletowanie zamówień, systemy oznaczania i pakowania automatycznego, pojazdy autonomiczne, drony i roboty transportowe. Wykorzystanie tych technologii umożliwia efektywne zarządzanie zapasami, przepływem produktów i transportem oraz minimalizuje błędy ludzkie.

Celem artykułu jest analiza nowoczesnych technologii pod kątem wnoszonych przez nie zmian na magazynach, dzięki różnorodnym możliwościom ich wykorzystania oraz zagrożeń z jakimi wiąże się ich stosowanie. Weryfikacja postawionego celu wymagała zastosowania metod badawczych, takich jak: analiza literatury przedmiotu oraz netografii.

### **1. Wprowadzenie**

Wraz z rozwojem technologii i automatyzacji wiele dziedzin przemysłu, zmienia się oraz dostosowuje do nowych narzędzi i rozwiązań. Nowoczesne technologie rewolucjonizują również sposób działania magazynów, wprowadzając ulepszenia i zmiany w ich funkcjonowaniu, co prowadzi do poprawy wydajności, optymalizacji procesów oraz zwiększenia bezpieczeństwa pracy<sup>1</sup>.

W ostatnich latach nowe technologie, tj. automatyzacja, robotyzacja, sztuczna inteligencja (AI) i Internet rzeczy (IoT), w sposób znaczący wpłynęły na funkcjonowanie magazynów, m.in.

---

<sup>1</sup> M. Kopczyńska, *Rola nowoczesnych technologii w podnoszeniu jakości pracy w magazynie*, „OAFI Studenckie czasopismo internetowe” nr 1 (1), 2017, s. 2.

poprzez zmianę sposobu zarządzania. Automatyzacja oraz robotyzacja coraz częściej zastępują pracę ludzką, co pozwala na oszczędność czasu i kosztów, a także poprawia jakość wykonywanych zadań. Roboty magazynowe, do których zaliczyć można roboty mobilne, skanery i automatyczne wózki, wykonują zadania związane z transportem, przemieszczaniem, pakowaniem i składowaniem produktów, a także kontrolą stanu magazynów. Sztuczna inteligencja i Internet rzeczy pomagają w zarządzaniu magazynami, poprzez poprawę dostępności do informacji, kontrolę i monitorowanie stanu magazynów, a także prognozowanie popytu na produkty<sup>2</sup>. Podczas pracy w magazynie występuje wiele rodzajów niebezpieczeństw, którym nowoczesne technologie powinny zapobiegać. Wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań wymaga specjalistycznej wiedzy i umiejętności obsługi, aby ich obecność mogła przynieść korzyści dla przedsiębiorstwa. Nieodpowiednie stosowanie może wpłynąć negatywnie na pracę w magazynie, a tym samym spowoduje problemy w funkcjonowaniu łańcuchów dostaw i niezadowolenie konsumentów. Celem artykułu jest analiza nowoczesnych technologii pod kątem wnoszonych przez nie zmian w magazynach, dzięki różnorodnym możliwościom ich wykorzystania oraz zagrożeń z jakimi wiąże się ich stosowanie. Weryfikacja postawionego celu wymagała zastosowania metod badawczych, takich jak: analiza literatury przedmiotu oraz netografii.

## 2. Funkcje, rola i zmiany w funkcjonowaniu magazynów

Magazyny to miejsca, w których przechowywane są produkty i materiały, zanim zostaną przekazane do sprzedaży lub produkcji. Uznaje się je za kluczowy element w łańcuchu dostaw, ponieważ pozwalają na gromadzenie zapasów i przygotowanie ich do dalszej dystrybucji<sup>3</sup>. Magazyny mogą być zarówno częścią przedsiębiorstwa, jak i stanowić oddzielne podmioty, zajmujące się składowaniem ładunków na rzecz różnych przedsiębiorstw. Do funkcji magazynów zaliczyć należy<sup>4</sup>:

- przechowywanie - umożliwiają przechowywanie produktów i materiałów, które nie są natychmiast potrzebne do sprzedaży lub produkcji,
- konsolidację - dają możliwość łączenia różnych partii towarów i przygotowanie ich do dalszej dystrybucji,

---

<sup>2</sup> J. Perek, *Wpływ Internetu Rzeczy na rozwój e-commerce na przykładzie przedsiębiorstwa Amazon*, „Academic Review of Business and Economics 2022” nr 2 (1), 2022, s. 65-72.

<sup>3</sup> M. Grabowy, A. Wielgosz, *Nowoczesne rozwiązania stosowane w automatycznych magazynach*, „Ekonomika i Organizacja Logistyki” nr 3 (2), 2018, s. 35-46.

<sup>4</sup> J. Bril, Z. Łukasik, *Metody zarządzania zapasami*, „Autobusy” nr 3, 2013, s. 59; T. Szczepanik, *Logistyczne aspekty magazynowania w przedsiębiorstwach na terenie województwa śląskiego*, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, „Zarządzanie 2012” nr 7, 2012, s. 111-117.

- separację - rozdzielane są produkty o różnych wymaganiach przechowywania, tj. temperatura czy wilgotność,
- dystrybucję - produkty są przekazywane do sklepów lub klientów końcowych,
- optymalizację - poprzez monitorowanie poziomów zapasów i dostosowanie ich do potrzeb rynkowych.

Magazyny pełnią kluczową rolę w logistyce, również dlatego, że pozwalają na utrzymanie ciągłości dostaw i minimalizowanie opóźnień. Przechowywanie zapasów w magazynach umożliwia elastyczne i szybkie reagowanie na zmiany popytu, co daje możliwość zwiększenia zysków i zadowolenia klientów. Pozwala także na zrównoważenie sezonowych wahań popytu oraz na utrzymanie odpowiedniego poziomu zapasów, co wiąże się z uniknięciem braków towarowych. Wszystko to przyczynia się do zwiększenia efektywności całego łańcucha dostaw<sup>5</sup>.

Tradycyjne metody zarządzania magazynem, tj. ręczne przemieszczanie produktów i ręczne przetwarzanie informacji, uznawane są obecnie za uciążliwe, czasochłonne i kosztowne. Wraz z wszechobecnym postępem technologicznym pojawiły się nowe możliwości, dzięki którym możliwe stało się wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań do procesów magazynowych, wynikających z konieczności zwiększenia ich wydajności. Jako podstawę wprowadzenia zmian można wskazać: globalizację, rosnącą konkurencję oraz stale zwiększające się wymagania klientów<sup>6</sup>.

Rozwój technologii informatycznych i nowych narzędzi, takich jak systemy zarządzania magazynem (WMS), które umożliwiają śledzenie stanów zapasów i przepływu towarów, a także systemy automatycznej identyfikacji (RFID), umożliwiające szybkie i dokładne identyfikowanie oraz śledzenie produktów, zmieniły funkcjonowanie magazynów, ułatwiając zarządzanie nimi. Pojawiły się również nowe technologie (roboty magazynowe, drony i autonomiczne pojazdy), które umożliwiają automatyzację transportu towarów, wykorzystując sztuczną inteligencję i systemy nawigacyjne<sup>7</sup>. Dzięki temu można zredukować czas i koszty transportu, a także zmniejszyć ryzyko wypadków związanych z ręcznym transportem towarów. Ponadto wprowadzenie nowych technologii w magazynach pozwala na szybkie i dokładne grupowanie oraz pobieranie produktów (przy użyciu skanerów, terminali i głowic zbierających), co z kolei umożliwia zwiększenie wydajności oraz uniknięcie błędów przy kompletowaniu

---

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> M. K. Gąsowska, *System informacji jako narzędzie wspomagające zarządzanie logistyką w przedsiębiorstwie i łańcuchach dostaw*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 68, 2014, s. 289-298.

<sup>7</sup> A. Jardzioch, *Zastosowanie robotyki w magazynach. Nowoczesne trendy w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2020, s. 30-35.

zamówień<sup>8</sup>. Wprowadzenie nowych technologii do magazynu zostało niejako wymuszone przez wolumeny produkcji wzrastające z roku na rok, a ich rola będzie stale się zwiększać<sup>9</sup>.

### 3. Nowoczesne technologie wykorzystywane w magazynach

Wraz ze stałym rozwojem technologii magazyny stają się coraz bardziej zautomatyzowane i zintegrowane z różnymi systemami informatycznymi. Najpopularniejszym z nich jest system WMS (z ang. *Warehouse Management System*), pozwalający na szybkie i skuteczne zarządzanie zapasami, a także na kontrolowanie przepływu towarów od ich wejścia do magazynu do wyjścia. Oprogramowanie to pozwala na kompleksowe zarządzanie przestrzenią magazynową, ułatwiając człowiekowi pracę, a także zwiększając jego bezpieczeństwo. Po wdrożeniu systemu WMS istnieje mniejsza szansa na popełnienie błędów przy kompletacji zamówień i uszkodzeń towarów, co skutkuje reklamacjami ze strony obiorców<sup>10</sup>. Dzięki zautomatyzowaniu odbywających się w magazynie procesów, przy użyciu odpowiednio skonfigurowanego systemu, możliwe jest obniżenie kosztów logistycznych, bardzo ważnych z punktu widzenia przedsiębiorcy. Co więcej, efektywne zarządzanie magazynem jest w stanie podnieść poziom konkurencyjności przedsiębiorstwa, dając mu możliwość pozyskania nowych klientów, a to z kolei stwarza szansę na osiągnięcie lepszych wyników<sup>11</sup>.

Istnieją także zaawansowane systemy zarządzania flotą, takie jak m.in. FMS (z ang. *Fleet Management System*), umożliwiające skuteczne zarządzanie i kontrolowanie floty pojazdów w czasie rzeczywistym<sup>12</sup>. Są one związane z branżą logistyczną, w tym również z procesem magazynowania. Dzięki tym systemom możliwe jest zoptymalizowanie procesów logistycznych i usprawnienie działania całego łańcucha dostaw. Ich rola sprowadza się do zintegrowania planów transportowych, w celu osiągnięcia efektywnego sposobu wykorzystania posiadanej floty przy jednoczesnym zapewnieniu satysfakcji ze strony klienta. Początkowo systemy te obejmowały podstawowe funkcje dotyczące śledzenia pojazdów, lecz z czasem przekształciły się w zaawansowane narzędzia, których opcje pozwalają dodatkowo na planowanie, nadzór oraz rozwiązywanie problemów transportowych. Są one istotne z punktu widzenia magazynu,

---

<sup>8</sup> D. Król-Smęta, K. Zajac, *Wykorzystanie narzędzi informatycznych do zwiększenia efektywności zarządzania magazynem*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 2012, s. 29-31.

<sup>9</sup> P. Miszewski, *Rola nowoczesnych rozwiązań technologicznych w optymalizacji pracy współczesnego magazynu*, „Journal of TransLogistics”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej nr 5 (1), Wrocław 2019, s. 180.

<sup>10</sup> T. Kanicki, *Systemy informatyczne w logistyce*, „Ekonomia i Zarządzanie” vol. 3, no. 4, 2011, s. 91.

<sup>11</sup> P. Pietrzak, *Specyfika i wdrożenia magazynowego systemu informatycznego (WMS) na gruncie polskich przedsiębiorstw*, „Logistyka” nr 2, 2012, s. 962.

<sup>12</sup> P. Patil, A. Patil, A. Barkade, D. Darade, P. Hole, *Fleet Management System*, “International journal of advance research and innovative ideas in education” vol. 7 (3), 2021, s. 100-101.

ponieważ wpływają na transport pomiędzy nim a miejscem docelowym<sup>13</sup>. Dodatkowo FMS może zostać zintegrowany z WMS, umożliwiając między innymi monitorowanie pojazdów zmierzających do magazynu, w celu wcześniejszego przygotowania operacji magazynowych związanych z przyjęciem towaru oraz wybór najbardziej korzystnych tras dostaw, pozwalając zaoszczędzić czas i koszty.

Do innych nowoczesnych technologii wykorzystywanych w magazynach zaliczamy technologie RFID<sup>14</sup> (ang. *Radio-Frequency Identification*), która pozwala na automatyczne identyfikowanie i śledzenie produktów, a także technologie *pick-to-light* oraz *put-to-light*, które umożliwiają szybkie i precyzyjne kompletowanie zamówień<sup>15</sup>. Wdrożenie systemu RFID wiąże się z dużym nakładem finansowym, lecz w dłuższej perspektywie pozwala na osiągnięcie lepszych wyników niż stosowanie popularnych, tradycyjnych kodów kreskowych, np. w przypadku inwentaryzacji, gdzie szacuje się, że możliwe jest skrócenie jej czasu trwania aż 10-krotnie<sup>16</sup>. System RFID pozwala na śledzenie stanów magazynowych w czasie rzeczywistym i rejestrowanie wszystkich działań związanych z przemieszczaniem towarów w magazynie, w tym nadzorowanie wysyłki. Szerokie możliwości wykorzystania systemu powinny pozwolić na usprawnienie procesów magazynowych oraz zmniejszenie szansy popełnienia błędu, co może skutkować eliminacją zbędnych kosztów działalności przedsiębiorstwa, pozwalając na zwrócenie się inwestycji<sup>17</sup>. W przypadku półautomatycznych systemów kompletacji zamówień, tj. *pick-to-light* i *put-to-light*, główną korzyścią z ich zastosowania jest praktyczne wyeliminowanie błędów, co wpływa na obniżenie kosztów i przyspieszenie procesów. *Pick-to-light* funkcjonuje dzięki wyposażeniu miejsc przechowywania towarów w indywidualne moduły z wyświetlaczem, na którym będzie pojawiała się liczba towarów do pobrania, po wcześniejszym wskazaniu lokalizacji towarów poprzez ich podświetlenie na regale<sup>18</sup>. *Put-to-light* działa bardzo

---

<sup>13</sup> Y.-Ch. Hu, Y.-J. Chiu, Ch.-S. Hsu, Y.-Y. Chang, *Identifying Key Factors for Introducing GPS-Based Fleet Management Systems to the Logistics Industry*, "Mathematical Problems in Engineering" nr 8, 2015, s. 1-2.

<sup>14</sup> System RFID znajduje zastosowanie w różnych obszarach logistyki; zob. K. Budnik, P. Bełch, *Zastosowanie technologii RFID w logistyce miasta*, [w:] *Współczesna logistyka i bezpieczeństwo wobec wyzwań XXI wieku*, red. R. Piętowska-Laska, A. Laska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2021.

<sup>15</sup> N. Boysen, D. Füßler, K. Stephan, *See the light: Optimization of put-to-light order picking systems*, *Naval Research Logistics*, vol. 67 (1), 2020.

<sup>16</sup> J. Szymuszal, J. Furman, G. Kaczmarczyk, *Analiza możliwości wykorzystania systemu RFID (Radio Frequency Identification) w usprawnieniu zarządzania wybranym magazynem przemysłowym*, Katedra Inżynierii Produkcji, Politechnika Śląska, 2014, s. 1041.

<sup>17</sup> Palonka J., *Wykorzystanie technologii RFID w logistyce*, [w:] *Systemy wspomaganie organizacji SWO*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007, s. 1-2, 6.

<sup>18</sup> P. Sobczak, *Analiza efektywności systemu Pick by light*, „Logistyka” nr 4, 2014, s. 1215-1217.

podobnie, lecz w odwrotnej kolejności, ponieważ podświetlone miejsce wskazuje nie na miejsce pobrania towaru, a na miejsce jego odłożenia<sup>19</sup>.

Kolejną wykorzystywaną technologią w magazynach jest zastosowanie automatycznych systemów pakowania i etykietowania<sup>20</sup>. Dzięki tym systemom można szybko i skutecznie zapakować produkty oraz oznakować je zgodnie z wymaganiami klienta. Automatyczne systemy pakowania i etykietowania pozwalają na zwiększenie wydajności pracy, a także minimalizację błędów i kosztów.

W magazynach wykorzystywane są także najbardziej nowoczesne technologie transportowe, takie jak autonomiczne pojazdy, drony czy roboty transportowe. Pozwalają one na szybkie i bezpieczne przemieszczanie produktów między różnymi regałami bądź magazynami, a także na skuteczne zarządzanie dostawami. Technologie te, mimo wysokiej ceny, są coraz częściej wykorzystywane w przedsiębiorstwach.

Autonomiczne pojazdy są zautomatyzowane w bardzo zaawansowanym stopniu i mogą poruszać się bez udziału kierowcy. W magazynach często wykorzystywane są autonomiczne wózki widłowe i samochody dostawcze, które poruszają się po wcześniej wytyczonych i oznakowanych trasach. Przykładowy autonomiczny wózek przedstawiono na rysunku 1. Pojazdy te wyposażone są w specjalne czujniki, które pozwalają im unikać przeszkód i poruszać się w bezpieczny sposób, nie narażając pracowników na niebezpieczeństwo oraz przedsiębiorstwa na straty przemieszczanych towarów. Autonomiczne pojazdy pozwalają na zwiększenie wydajności pracy, ponieważ mogą działać przez całą dobę, a także zmniejszają koszty, ponieważ nie wymagają obecności kierowców<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> <https://www.ssi-schaefer.com/en-kr/products/order-picking/manual-picking/pick-by-light-and-put-to-light-355386> (dostęp: 18.04.2023).

<sup>20</sup> W. Kaczmarek, J. Panasiuk, *Analiza procesów zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji*, „Napędy i Sterowanie” nr 9, 2018, s. 148-149.

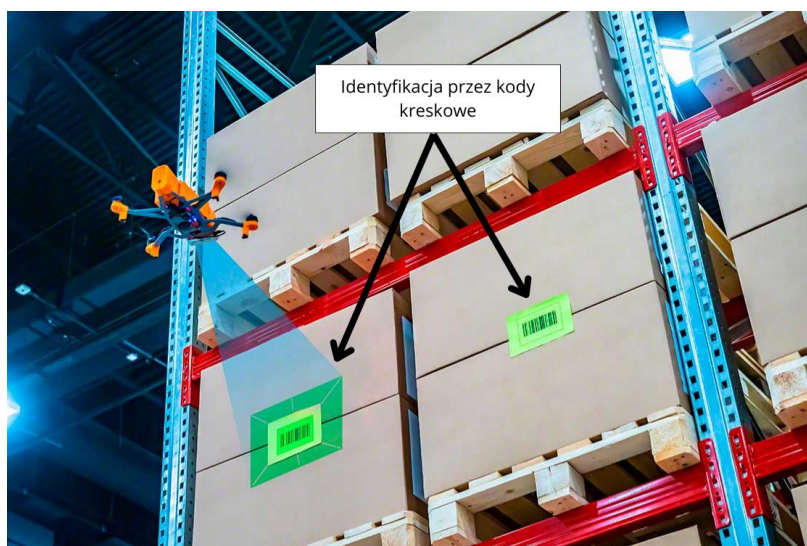
<sup>21</sup> E. Płaczek, K. Osieczko, *Zastosowanie robotów AGV w intralogistyce*, [w:] Zarządzanie innowacyjne w gospodarce i biznesie nr 1 (30), red. Z. Ślusarczyk, J. Janczewski, Łódź 2020, s. 166-168.



**Rys 1.** Autonomiczny wózek Linde C-MATIC

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://dzwignice.info/baza-wiedzy/aktualnosci/linde-c-matic-autonomiczny-wozek-do-obslugi-produkcji> (dostęp: 18.04.2023).

Z kolei drony to bezzałogowe statki powietrzne, które mogą być wykorzystywane w magazynach do przemieszczania mniejszych paczek i produktów. Drony są szczególnie skuteczne w magazynach, w których paczki są przechowywane na dużej wysokości, ponieważ mogą poruszać się w trudno dostępnych miejscach. Drony wyposażone są w kamery i czujniki, które pozwalają im na dokładne pozycjonowanie i unikanie przeszkód, podobnie jak w przypadku pojazdów autonomicznych i robotów. Korzystanie z nich pozwala na zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów transportu<sup>22</sup>. Na rysunku 2 przedstawiono dron identyfikujący towar za pomocą wbudowanego czytnika kodów kreskowych.

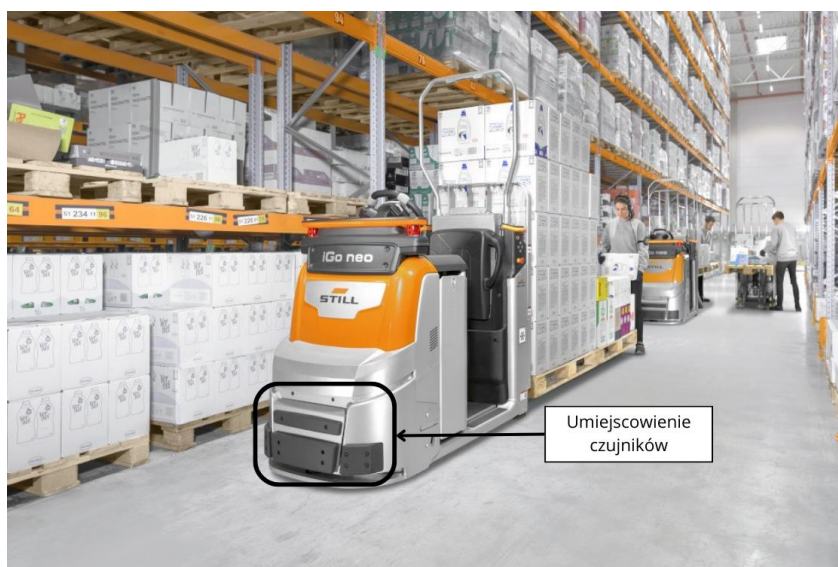


**Rys 2.** Dron identyfikujący towar na magazynie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.mecalux.pl/blog/drony-logistyka> (dostęp: 18.04.2023).

<sup>22</sup> A. Remiszewska, M. Czubaśzek, *Wykorzystanie dronów w logistyce w Polsce - szanse i ograniczenia*, „Akademia Zarządzania” nr 5 (2), 2021, s. 140-150.

Roboty transportowe to roboty zautomatyzowane, które przemieszczają się po magazynach, transportując paczki i produkty. Roboty transportowe są tak zaprogramowane, aby poruszać się po określonej trasie i wykonywać konkretne zadania, takich jak np. przemieszczanie się między regałami z produktami i transportowanie paczek na strefy pakowania. Roboty transportowe wyposażone są w czujniki, które pozwalają im na unikanie przeszkód i dostosowanie prędkości do aktualnych warunków na magazynie, co zostało przedstawione na rysunku 3. Roboty transportowe pozwalają na zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności przy skróceniu czasu realizacji zamówień<sup>23</sup>.



**Rys 3.** Robot transportowy Still

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.still.pl/firma/wiadomosci/novosci/detail/opx-igo-neo-wsrod-produktow-innowacyjnych-2020.html> (dostęp: 18.04.2023).

Autonomiczne pojazdy, drony i roboty transportowe to nowoczesne technologie, które coraz częściej są wykorzystywane w magazynach. Dzięki ich wykorzystaniu można zwiększyć efektywność i zoptymalizować procesy logistyczne. Wszystkie z wymienionych technologii są wyposażone w czujniki, które pozwalają im na unikanie przeszkód i dostosowanie prędkości do aktualnych warunków panujących na magazynie, co znacząco wpływa na bezpieczeństwo, a co za tym idzie zwiększenie zaufania do technologii, rewolucjonizujących procesy magazynowe<sup>24</sup>.

<sup>23</sup> A. Lorenc, *Współczesne rozwiązania i nowe trendy w automatyzacji magazynów*, „Nowoczesne Hale” nr 3, 2021, s. 64-68.

<sup>24</sup> P. Bednarz, J. Popiel, *Roboty AGV w intralogistyce - teraźniejszość i wyzwania na przyszłość*, „Ekonomika i Organizacja Logistyki” nr 3 (4), 2018, s. 9-11.



Oprócz pojazdów najnowszych technologii, w magazynach coraz częściej stosuje się sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe<sup>25</sup>, które umożliwiają automatyczne analizowanie danych i optymalizowanie procesów magazynowych. Sztuczna inteligencja może być wykorzystana do prognozowania popytu na produkty, optymalizacji procesów transportowych czy do planowania przestrzeni magazynowej<sup>26</sup>.

Przedsiębiorstwa, korzystając z nowoczesnych technologii w magazynach, mogą osiągnąć znacznie wyższą wydajność i jakość pracy oraz obniżyć czas i koszty. Przykładowe przedsiębiorstwa wykorzystujące nowoczesne technologie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane przedsiębiorstwa wykorzystujące nowoczesne technologie w magazynach

Nazwa przedsiębiorstwa	Charakterystyka
Amazon	Jeden z największych na świecie e-sklepów, który słynie z innowacyjności i nowoczesności. W swoich magazynach wykorzystuje szereg nowoczesnych technologii, takich jak roboty transportowe, systemy zarządzania magazynem, a także autonomiczne pojazdy. Kwoty inwestycji szacuje się na ponad 400 mln euro, a ilość innowacji technologicznych na ponad 550 w ciągu ostatnich kilku lat. Wprowadzane do magazynów technologie mają na celu ułatwienie procesu kompletacji zamówień, odciążając przy tym pracowników.
DHL	Jedna z największych firm logistycznych na świecie, która wykorzystuje szereg nowoczesnych technologii w swoich magazynach, takich jak systemy zarządzania magazynem, roboty transportowe, a także autonomiczne pojazdy, które poruszają się między regałami. Obecność pojazdów AGV (z ang. <i>Automated Guided Vehicles</i> ) w magazynach stanowi wyłącznie jeden z etapów optymalizacji procesów, a przedsiębiorstwo zamierza stale inwestować w technologie pozwalające na dalszą optymalizację procesów. W Kostrzynie, niedaleko Poznania, DHL posiada centrum logistyczne, które wyposażone zostało także w nowoczesne systemy proekologiczne.
Zara	Popularna sieć odzieżowa, która w swoich magazynach wykorzystuje szereg nowoczesnych technologii, między innymi takich jak system zarządzania magazynem (WMS) oraz technologia RFID w swoich magazynach do śledzenia towarów, co pozwala na optymalizację procesów i efektywne zarządzanie w magazynie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.logistyczny.com/aktualnosci/glos-z-rynku/item/7222-amazon-inwestuje-w-nowoczesne-technologie> (dostęp: 18.04.2023); <https://www.dhl.com/pl-pl/home/prasa/prasa-archiwum/2021/2000-robotow-w-dhl-supply-chain-dzieki-wspolpracy-z-locus-robotics.html> (dostęp: 18.04.2023); [https://gs1pl.org/app/uploads/2022/01/Raport\\_RFID\\_PL\\_2018\\_14.11\\_web.pdf](https://gs1pl.org/app/uploads/2022/01/Raport_RFID_PL_2018_14.11_web.pdf) (dostęp: 18.04.2023).

Bez wątpienia na funkcjonowanie magazynów i całej branży logistycznej może wpłynąć technologia blockchain. Jednym z jej głównych zastosowań w magazynach jest zarządzanie łańcuchem dostaw, zwłaszcza w odniesieniu do procesów logistycznych, takich jak monitorowanie i śledzenie przesyłek, a także zarządzanie zapasami. Wszystkie transakcje związane z przemieszczaniem towarów są rejestrowane w blockchainie, co umożliwia łatwe śledzenie ich historii i lokalizacji. Blockchain może także pomóc w walce z fałszywymi produktami

<sup>25</sup> Uczenie maszynowe (z ang. *machine learning*) opiera się na używaniu matematycznych modeli danych w celu stworzenia algorytmów, które mają umożliwić maszynie uczenie się poprzez identyfikację wzorców, ułatwiając przy tym pracę ludziom zajmującym się analizą danych.

<sup>26</sup> M. Maternowska, *Nowe technologie i ich wpływ na łańcuchy dostaw. Sztuczna inteligencja*, „Studia Ekonomiczne” nr 388, 2019, s. 64-65.

i podrabianymi towarami. Za pomocą blockchainu możliwe jest przypisanie unikalnego kodu QR lub kodu kreskowego do każdego produktu i przypisanie go do odpowiedniego bloku w blockchainie, dzięki czemu można szybko i łatwo zweryfikować autentyczność produktu<sup>27</sup>.

Innym zastosowaniem technologii blockchain w magazynach jest ulepszanie procesu rozliczeń i płatności. Blockchain umożliwia bezpieczne i szybkie transakcje bez pośredników, co może znacząco zredukować koszty związane z opłatami transakcyjnymi<sup>28</sup>. Jednym z przedsiębiorstw korzystających z technologii blockchain w magazynach jest Walmart. W 2018 roku ogłosił on, że wymaga od swoich dostawców, aby korzystali z blockchainu w celu śledzenia pochodzenia swoich produktów i zapewnienia ich jakości<sup>29</sup>. Wprowadzenie technologii blockchain do magazynów może przynieść wiele korzyści, takich jak poprawa efektywności i przejrzystości procesów logistycznych, czy też zwiększenie bezpieczeństwa.

Nowoczesne technologie wykorzystywane w magazynach są niezwykle ważne dla zapewnienia skutecznego i wydajnego zarządzania magazynami. Automatyzacja, robotyzacja, sztuczna inteligencja i Internet rzeczy umożliwiają szybsze i dokładniejsze zarządzanie magazynami, a także zwiększenie wydajności i optymalizację procesów. Jednocześnie nowoczesne technologie w magazynach wprowadzają także nowe wyzwania i zagrożenia związane z bezpieczeństwem zarówno pracowników, jak i magazynów. Dlatego, stosowanie odpowiednich środków ostrożności oraz zastosowanie nowoczesnych technologii bezpieczeństwa jest kluczowe dla zapewnienia bezpiecznej pracy w magazynie.

#### **4. Zagrożenia związane z wykorzystywaniem nowoczesnych technologii**

Wraz z postępem technologicznym, wiele przedsiębiorstw zaczyna wykorzystywać nowoczesne technologie w celu zwiększenia wydajności i efektywności swoich operacji magazynowych. Choć te technologie mogą przynieść wiele korzyści, takich jak automatyzacja procesów, redukcja czasu pracy i kosztów, to mogą również nosić za sobą różnego rodzaju zagrożenia. Przykłady problemów oraz zagrożeń, jakie niesie za sobą wykorzystywanie nowoczesnych technologii w magazynach, przedstawiono na rysunku 4.

---

<sup>27</sup> E. Tijan, S. Aksentijević, K. Ivanić, M. Jardas, *Blockchain Technology Implementation in Logistics*, Sustainability nr 11(4), 2019, s. 2-3.

<sup>28</sup> A. Rot, R. Zygala, *Technologia blockchain jako rewolucja w transakcjach cyfrowych. Aspekty technologiczne i potencjalne zastosowania*, „Informatyka Ekonomiczna” nr 4(50), 2018, s. 126.

<sup>29</sup> <https://comparic.pl/chcesz-handlowac-z-walmart-musisz-wdrozyc-blockchain/> (dostęp: 18.04.2023).



**Rys 4.** Problemy i zagrożenia związane z wykorzystywaniem nowoczesnych technologii w magazynie  
Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.terenyinvestycyjne.info/ekspert/nowoczesne-technologie-w-swiecie-magazynow> (dostęp: 18.04.2023); J. Rut, T. Wołczański, *Logistyka i bezpieczeństwo w procesie magazynowania*, „Logistyka” nr 6, 2015, s. 883-886.

Do najważniejszych problemów i zagrożeń związanych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii w magazynie należy zaliczyć takie aspekty jak<sup>30</sup>:

1. awaria systemu – jest zagrożeniem związanym z wykorzystywaniem nowoczesnych technologii w magazynach jest ryzyko awarii systemów. W przypadku magazynów zautomatyzowanych, awaria jednego elementu systemu może spowodować opóźnienia lub nawet przerwy w pracy całego magazynu, a także spowodować utratę danych. W przypadku utraty danych, przedsiębiorstwa mogą stracić cenne informacje na temat swoich operacji magazynowych, co może prowadzić do utraty wydajności i utrudnić m.in. śledzenie stanu zapasów,
2. zagrożenia związane z bezpieczeństwem - nowoczesne technologie stosowane w magazynach mogą być również podatne na różnego rodzaju zagrożenia związane z bezpieczeństwem. Wprowadzenie automatycznych systemów magazynowych (m.in. robotów), może prowadzić do zagrożeń dla pracowników i innych osób, które przebywają w magazynie. Zagrożenia te mogą wynikać z błędów w projektowaniu, wdrażaniu i utrzymaniu systemów magazynowych, a także mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, jeśli nie są one odpowiednio zabezpieczone,

<sup>30</sup> <https://www.terenyinvestycyjne.info/ekspert/nowoczesne-technologie-w-swiecie-magazynow> (dostęp: 18.04.2023); J. Rut, T. Wołczański, *Logistyka i bezpieczeństwo w procesie magazynowania*, „Logistyka” nr 6, 2015, s. 883-886.

3. zagrożenia związane z cyberbezpieczeństwem - systemy informatyczne i urządzenia związane z magazynami stają się coraz bardziej skomplikowane i złożone, co zwiększa potencjalne luki bezpieczeństwa. Nowoczesne technologie stosowane w magazynach mogą być podatne na cyberataki pochodzą zarówno z wnętrza organizacji, jak i jego otoczenia. Cyberprzestępcy mogą atakować systemy magazynowe poprzez kradzież informacji lub zakłócanie działania magazynów,
4. problemy ze zgodnością z przepisami - wprowadzenie nowoczesnych technologii w magazynach może prowadzić do problemów z zgodnością z przepisami. Na przykład, automatyczne systemy magazynowe mogą nie spełniać wymagań bezpieczeństwa i zdrowia pracy, co może prowadzić do naruszenia przepisów dotyczących ochrony pracowników. Przedsiębiorstwa powinny dokładnie przeanalizować wymagania prawne, zanim zdecydują się na wdrożenie nowoczesnych technologii w swoich magazynach,
5. potrzeba szkoleń i edukacji pracowników - wdrażanie nowoczesnych technologii w magazynach wymaga szkoleń i edukacji pracowników, którzy będą obsługiwać te systemy. W przypadku niewłaściwego szkolenia, pracownicy mogą popełniać błędy, które prowadzą do nieprawidłowego działania systemów magazynowych, co może prowadzić do uszkodzenia sprzętu lub utraty cennych informacji. Zautomatyzowane magazyny wymagają od pracowników nowych umiejętności, tj. obsługa systemów informatycznych, programowanie i obsługa robotów. Pracownicy muszą być odpowiednio przeszkoleni, aby móc obsługiwać te systemy w sposób bezpieczny i skuteczny.

Nowoczesne technologie stosowane w magazynach przynoszą wiele korzyści, ale również niosą za sobą wiele zagrożeń. W celu minimalizacji ryzyka, przedsiębiorstwa muszą zadbać o szkolenie swoich pracowników, ochronę systemów informatycznych, zabezpieczenie robotów magazynowych i inne ważne aspekty. Bezpieczeństwo w magazynach powinno być zawsze priorytetem i wymaga regularnych działań, aby uniknąć potencjalnych zagrożeń. Przedsiębiorstwa powinny dokładnie przemyśleć wdrożenie nowoczesnych technologii w swoich magazynach i zadbać o odpowiednie szkolenia oraz wdrożyć procedury zabezpieczające przed zagrożeniami.

## **5. Podsumowanie**

Nowoczesne technologie wprowadzane do magazynów zrewolucjonizowały sposób zarządzania magazynami oraz całą branżę logistyczną. Dzięki automatyzacji procesów magazynowych, zmniejszeniu kosztów i błędów ludzkich, zwiększeniu wydajności, poprawie jakości usług oraz zwiększeniu bezpieczeństwa pracy, magazyny stały się bardziej konkurencyjne na

rynku. Wprowadzenie nowych technologii do magazynów przyczyniło się również do poprawy jakości życia pracowników poprzez zmniejszenie ryzyka wypadków przy pracy, zmniejszenie obciążenia pracą fizyczną, a także poprzez zwiększenie ich umiejętności technicznych. Nowoczesne rozwiązania technologiczne, takie jak roboty magazynowe, inteligentne systemy transportowe, magazyny wysokiego składowania czy systemy zarządzania magazynem, przyczyniają się do zwiększenia wydajności magazynów i redukcji kosztów. Jednak wraz z wprowadzaniem tych rozwiązań pojawiają się nowe zagrożenia, które wymagają uwagi i zrozumienia.

Wdrożenie nowoczesnych technologii musi odbywać się w sposób zaplanowany i kontrolowany, uwzględniający indywidualne potrzeby i charakterystykę danego magazynu. Wdrożenie nowoczesnych technologii powinno również być połączone z odpowiednim przeszkoleniem pracowników i dostosowaniem procesów pracy. Jednocześnie, nowoczesne technologie w magazynach wprowadzają nowe wyzwania i zagrożenia związane z bezpieczeństwem pracowników oraz bezpieczeństwem magazynów. Stosowanie odpowiednich środków ostrożności oraz zastosowanie nowoczesnych technologii bezpieczeństwa może znacznie zminimalizować ryzyka i zapewnić bezpieczne środowisko pracy dla pracowników.

Przyszłość magazynów i branży logistycznej jest ściśle związana z rozwojem nowych technologii. Wprowadzanie ich do pracy na magazynie będzie miało coraz większe znaczenie w dynamicznie zmieniającej się gospodarce. Mimo że zautomatyzowane magazyny są coraz bardziej popularne dzięki nowoczesnym technologiom, należy pamiętać jednak o tym, że wiążą się one także z nowymi zagrożeniami.

## Literatura

1. Bednarz P., Popiel J., *Roboty AGV w intralogistyce - teraźniejszość i wyzwania na przyszłość*, „*Ekonomika i Organizacja Logistyki*” nr 3 (4), 2018.
2. Boysen N., Füßler D., Stephan K., *See the light: Optimization of put-to-light order picking systems*, “*Naval Research Logistics*” vol. 67 (1), 2020.
3. Bril J., Łukasik Z., *Metody zarządzania zapasami*, „*Autobusy*” nr 3, 2013.
4. Budnik K., Bełch P., *Zastosowanie technologii RFID w logistyce miasta*, [w:] *Współczesna logistyka i bezpieczeństwo wobec wyzwań XXI wieku*, red. R. Piętowska-Laska, A. Laska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2021.
5. Gąsowska M. K., *System informacji jako narzędzie wspomagające zarządzanie logistyką w przedsiębiorstwie i łańcuchach dostaw*, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej* nr 68, 2014.

6. Grabowy M., Wielgosz A., *Nowoczesne rozwiązania stosowane w automatycznych magazynach*, „*Ekonomika i Organizacja Logistyki*” nr 3 (2), 2018.
7. Jardzioch A., *Zastosowanie robotyki w magazynach. Nowoczesne trendy w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2020.
8. Kaczmarek W., Panasiuk J., *Analiza procesów zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji*, „*Napędy i Sterowanie*” nr 9, 2018.
9. Kanicki T., *Systemy informatyczne w logistyce*, „*Ekonomia i Zarządzanie*” vol. 3, no. 4, 2011.
10. Kopczyńska M., *Rola nowoczesnych technologii w podnoszeniu jakości pracy w magazynie*, „*OAFI Studenckie czasopismo internetowe*” nr 1 (1), 2017.
11. Król-Smęta D., Zając K., *Wykorzystanie narzędzi informatycznych do zwiększenia efektywności zarządzania magazynem*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2012.
12. Lorenc A., *Współczesne rozwiązania i nowe trendy w automatyzacji magazynów*, „*Nowoczesne Hale*” nr 3, 2021.
13. Maternowska M., *Nowe technologie i ich wpływ na łańcuchy dostaw. Sztuczna inteligencja*, „*Studia Ekonomiczne*” nr 388, 2019.
14. Miszewski P., *Rola nowoczesnych rozwiązań technologicznych w optymalizacji pracy współczesnego magazynu*, „*Journal of TransLogistics*”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław nr 5 (1), 2019.
15. Palonka J., *Wykorzystanie technologii RFID w logistyce*, [w:] *Systemy wspomaganie organizacji SWO*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.
16. Patil P., Patil A., Barkade A., Darade D., Hole P., *Fleet Management System*, “*International journal of advance research and innovative ideas in education*” vol. 7 (3), 2021.
17. Perek J., *Wpływ Internetu Rzeczy na rozwój e-commerce na przykładzie przedsiębiorstwa Amazon*, „*Academic Review of Business and Economics*” nr 2 (1), 2022.
18. Pietrzak P., *Specyfika i wdrożenia magazynowego systemu informatycznego (WMS) na gruncie polskich przedsiębiorstw*, „*Logistyka*” nr 2, 2012.
19. Płaczek E., Osieczko K., *Zastosowanie robotów AGV w intralogistyce*, [w:] *Zarządzanie innowacyjne w gospodarce i biznesie* nr 1 (30), red. Z. Ślusarczyk, J. Janczewski, Łódź 2020.
20. Remiszewska A., Czubaszek M., *Wykorzystanie dronów w logistyce w Polsce - szanse i ograniczenia*, „*Akademia Zarządzania*” nr 5 (2), 2021.
21. Rot A., Zygała R., *Technologia blockchain jako rewolucja w transakcjach cyfrowych. Aspekty technologiczne i potencjalne zastosowania*, „*Informatyka Ekonomiczna*” nr 4 (50), 2018.

22. Rut J., Wołczański T., *Logistyka i bezpieczeństwo w procesie magazynowania*, „Logistyka” nr 6, 2015.
23. Sobczak P., *Analiza efektywności systemu Pick by light*, „Logistyka” nr 4, 2014.
24. Szczepanik T., *Logistyczne aspekty magazynowania w przedsiębiorstwach na terenie województwa śląskiego*, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej „Zarządzanie” nr 7, 2012.
25. Szymshal J., Furman J., Kaczmarczyk G., *Analiza możliwości wykorzystania systemu RFID (Radio Frequency Identification) w usprawnieniu zarządzania wybranym magazynem przemysłowym*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji. Konferencja nt. Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, 2014.
26. Tijan E., Aksentijević S., Ivanić K., Jardas M., *Blockchain Technology Implementation in Logistics*, „Sustainability” nr 11 (4), 2019.
27. Hu Y.-Ch., Chiu Y.-J., Hsu Ch.-S., Chang Y.-Y., *Identifying Key Factors for Introducing GPS-Based Fleet Management Systems to the Logistics Industry*, “Mathematical Problems in Engineering” nr 8, 2015.

### **Źródła internetowe**

28. <https://www.terenyinwestycyjne.info/ekspert/nowoczesne-technologie-w-swiecie-magazy-now> (dostęp: 18.04.2023).
29. <https://www.ssi-schaefer.com/en-kr/products/order-picking/manual-picking/pick-by-light-and-put-to-light-355386> (dostęp: 18.04.2023).
30. <https://www.logistyczny.com/aktualnosci/glos-z-rynku/item/7222-amazon-inwestuje-w-nowoczesne-technologie> (dostęp: 18.04.2023).
31. <https://www.dhl.com/pl-pl/home/prasa/prasa-archiwum/2021/2000-robotow-w-dhl-supply-chain-dzieki-wspolpracy-z-locus-robotics.html> (dostęp: 18.04.2023).
32. [https://gs1pl.org/app/uploads/2022/01/Raport\\_RFID\\_PL\\_2018\\_14.11\\_web.pdf](https://gs1pl.org/app/uploads/2022/01/Raport_RFID_PL_2018_14.11_web.pdf) (dostęp: 18.04.2023).
33. <https://comparic.pl/chcesz-handlowac-z-walmart-musisz-wdrozyc-blockchain/> (dostęp: 18.04.2023).





**Iłona Szymańska, Judyta Wojtowicz, Paulina Bełch**  
Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogON

## **Przewóz ładunków transportem kolejowym w Polsce w latach 2012-2022**

### **Streszczenie**

Transport, w tym również transport kolejowy odgrywa ważną rolę w życiu społeczno-gospodarczym współczesnych społeczeństw. Celem artykułu jest przedstawienie znaczenia transportu kolejowego ładunków w Polsce w latach 2012-2022. Dokonano analizy masy przewiezionych ładunków według klasyfikacji NST oraz udziału przewoźników w rynku przewozów towarowych. Postawiony cel został osiągnięty dzięki zastosowaniu odpowiednich metod badawczych, tj. analiza literatury przedmiotu oraz analiza danych empirycznych Głównego Urzędu Statystycznego.

**Słowa kluczowe:** transport, transport kolejowy, przewóz towarów.

### **1. Wstęp**

Transport odgrywa ważną rolę w życiu społeczno-gospodarczym współczesnych społeczeństw<sup>1</sup>. Bardzo często miejsce wytwarzania produktów nie pokrywa się bowiem z miejscem zapotrzebowania na nie. W związku z tym, by zapewnić stały przepływ towarów istnieje konieczność zaspokojenia potrzeb transportowych zarówno przedsiębiorstw, jak i konsumentów. Jest to istotne, ponieważ potrzeby te są odzwierciedleniem popytu na usługę przemieszczania w czasie i przestrzeni, w celu zmiany lokalizacji rzeczowego przedmiotu przewozu lub miejsca jego pobytu. Potrzeby transportowe to pożądane aspiracje, oczekiwania oraz preferencje społeczeństwa i gospodarki w zakresie usług skierowanych do sektora transportu, spedycji i logistyki. Potrzeby transportowe są zaspokajane za pomocą transportu<sup>2</sup>. Celem artykułu jest przedstawienie znaczenia transportu kolejowego ładunków w Polsce

---

<sup>1</sup> Został on już bardzo szczegółowo przedstawiony w literaturze przedmiotu, zob. A. Koźlak, *Nowoczesny system transportowy jako czynnik rozwoju regionów w Polsce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2012; L. Figueiredo, I. Jesus, J. A. T., Machado, J.R. Ferreira, J.L. Martins de Carvalho *Towards the Development of Intelligent Transportation Systems [w:] Intelligent Transportation Systems. Proceedings*, nr 81, Oakland, 2001; L.H. Immers, J.E. Stada, *Basics of Transport Economics*, Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee, 2004; D. F. Wood, *Transportation Economics, Encyclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/topic/transportation-economics> (23.05.2023); P. Bełch, *Management of a transport company during the Covid-19 pandemic*, Scientific Papers of Silesian University of Technology “Organization and Management”, Modernity of Industry and Sciences, red. J. Pyka, R. Wolniak, B. Skotnicka-Zasadzień, no. 150, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2021, s. 7-16.

<sup>2</sup> D. Rucińska, *Potrzeby transportowe [w:] Transport. Tendencje zmian*, red. K. Wojewódzka-Król, E. Załoga, PWN, Warszawa, 2022, s.52.

w latach 2012-2021. Weryfikacja postawionego celu wymagała zastosowania metod badawczych, tj. analiza literatury przedmiotu oraz analiza danych empirycznych Głównego Urzędu Statystycznego.

## 2. Transport kolejowy w Polsce

Istotną rolę w gospodarce krajowej, międzynarodowej i światowej odgrywa transport ładunków. Zgodnie z definicją transport jest to proces technologiczny, polegający na przemieszczaniu osób, towarów lub energii na daną odległość<sup>3</sup>. W usługach pomocniczych transportu znajdują się działania, które umożliwiają sprawne przemieszczenie, ale nie biorą w nim bezpośredniego udziału. W literaturze przedmiotu można znaleźć podział transportu w dwóch ujęciach: w układzie pionowym i poziomym. W układzie pionowym pod uwagę brane są takie kryteria jak: stosunek środka przewozu do drogi przewozu, środowiska, w którym odbywa się przewóz oraz gałęzi transportu<sup>4</sup>. Podział transportu w układzie poziomym dokonuje się poprzez zastosowanie kryteriów, tj. przedmiot przewozu, forma własności, forma prawno-organizacyjna, zasięg lub obszar działania, funkcjonalności oraz organizacji przewozu<sup>5</sup>.

Wśród wymienionych w literaturze przedmiotu rodzajów transportu lądowego znajduje się transport kolejowy<sup>6</sup>. Zgodnie z Ustawą z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, środki transportu kolejowego to pojazdy dostosowane do poruszania się na własnych kołach po torach kolejowych, napędzane bez wsparcia siły mięśni ludzkich lub bez napędu<sup>7</sup>.

Każdy ładunek przewożony koleją jest przyporządkowany do danej grupy towarowej wg Klasyfikacji NST<sup>8</sup>. Wyróżnia ona 20 grup oraz podgrupy, które ułatwiają przemieszczenie towaru. Największym udziałem zarówno pod względem masy jak i pracy przewozowej, czyli liczby ton przewiezionych towarów, odznaczają się następujące grupy<sup>9</sup>:

- 2 (węgiel kamienny, brunatny, ropa i gaz ziemny),
- 3 (rudny metali i pozostałe produkty górnictwa i kopalnictwa),

---

<sup>3</sup> E. Kielczyk, W. Wasilewski *Rynek usług transportowych* [w:] *Współczesne trendy w logistyce- kompleksowe zarządzanie*, Tom 20 zeszyt 5, red. K. Huk, A. Perzyńska, K. Witkowski, M. Bednarek, *Przedsiębiorczość i zarządzanie*, Łódź, 2019, s. 56.

<sup>4</sup> Szczegółowo ten temat został przedstawiony w: E. Mendiak, *Ekonomika transportu*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań, 2009, s. 51- 52.

<sup>5</sup>Tamże, s. 54.

<sup>6</sup>M. Rabe, *Rozwój i konkurencyjność transportu towarów koleją w Polsce* [w:] *Ekonomika i Organizacja Logistyki* 4(2), red. E.J. Szymańska, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2019, s.83.

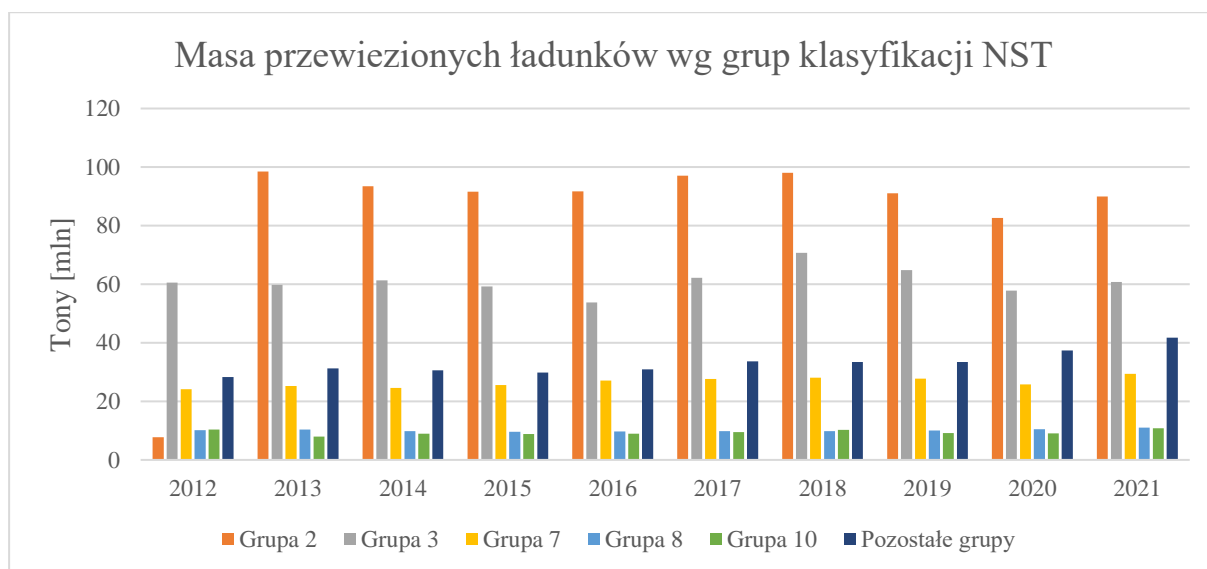
<sup>7</sup>Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. 2003 nr 86 poz. 789).

<sup>8</sup> Standardowa klasyfikacja towarów do celów statystyki transportu.

<sup>9</sup>Urząd Transportu Kolejowego, Grupy towarowe (Przewozy towarowe - Dane eksploatacyjne - Portal statystyczny UTK), (10.04.2023).

- 7 (koks, brykiety, produkty rafinacji ropy naftowej, gazy wytwarzane metodami przemysłowymi),
- 8 (chemikalia, produkty chemiczne, włókna sztuczne, wyroby z gumy i tworzyw sztucznych, paliwo jądrowe),
- 10 (metale, wyroby metalowe gotowe, z wyłączeniem maszyn i urządzeń), czyli głównie produkty przemysłowe.

Zmiany w masie przewiezionych grup ładunków w latach 2012- 2021 przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1. Masa przewiezionych ładunków wg grup klasyfikacji NST

Źródło: opracowanie własne na podstawie: UTK, Grupy towarowe w 2022 r.,

<https://dane.utk.gov.pl/sts/przewozy-towarowe/grupy-towarowe/19422,Grupy-towarowe-w-2022-r.html>  
(23.05.2023).

Od 2012 roku nieprzerwanie największą masę towarów odnotowuje się w grupie 3 i oscyluje ona w granicach 80-98 mln ton, co przekłada się na największą wartość masy przewozowej wynoszącą od 13,33 mln tonokilometrów w 2021 do 16,98 mld tonokilometrów w 2013 r<sup>10</sup>.

W 2022 r. transportem kolejowym przewieziono łącznie 248,62 mln ton towarów. Biorąc pod uwagę lata 2012-2022 masa ta utrzymywała się na podobnym poziomie, oscylując pomiędzy 230-250 mln ton. Największą masę przewozową w tym czasie odnotowano w 2018 roku i wynosiła ona 250,25 mln ton, a najmniejszą w 2016 r. 222,23 mln ton<sup>11</sup>. Znaczący spadek

<sup>10</sup>Tamże.

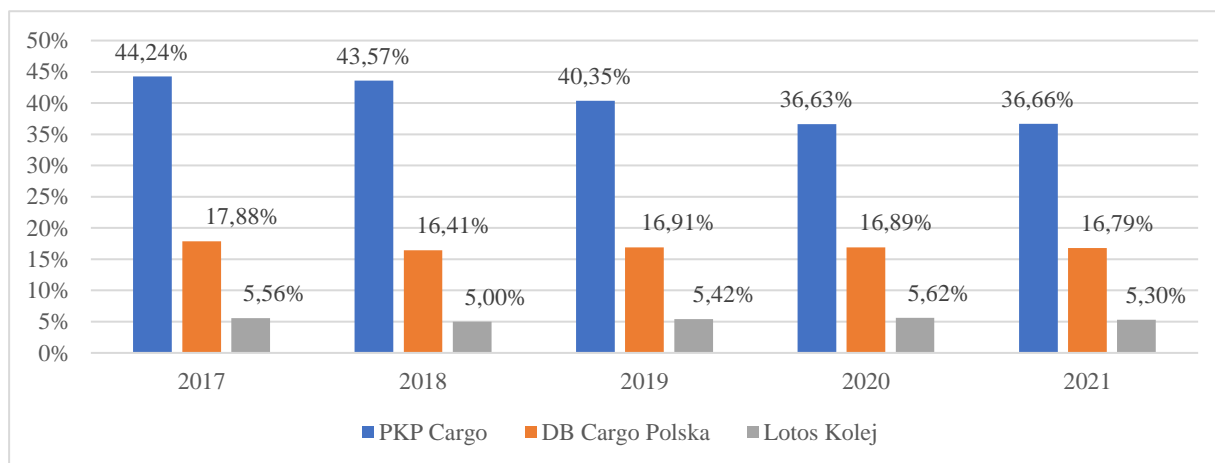
<sup>11</sup> Urząd Transportu Kolejowego, *Dane eksploatacyjne, Przewozy towarowe - Dane eksploatacyjne* - Portal statystyczny UTK, <https://dane.utk.gov.pl/sts/przewozy-towarowe/dane-eksploatacyjne/19855,Przewozy-towarowe.html> (13.04.2023).

masy przewożonych towarów nastąpił w latach 2019-2020, co było spowodowane pandemią COVID-19. W roku 2021 wzrosła ona jednak o 9,1% w stosunku do roku 2020, na co miało wpływ m.in.<sup>12</sup>:

- popandemiczne odrodzenie gospodarki światowej po pierwszym roku pandemii,
- wzrost przewozów intermodalnych i międzynarodowych,
- wzrost liczby spółek kolejowych świadczących przewozy
- zwiększona liczba przewozów w przeważającej części grup towarowych.

W kontekście pracy przewozowej, transport kolejowy w latach 2012- 2022 odnotowywał podobny poziom tego parametru oscylujący w granicach od 49,064 mld tonokilometrów w 2012 do 62, 465 mld tonokilometrów w 2022 r<sup>13</sup>.

Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego wykazało, że na koniec 2021 roku 112 przedsiębiorstw posiadało aktywne licencje uprawniające je do wykonywania przewozów towarowych<sup>14</sup>. Jest to największa liczba uprawionych podmiotów w latach 2012-2022. Pomimo zwiększającej się liczby przewoźników w czołówce przewoźników kolejowych towarów znajduje się PKP Cargo, DB Cargo Polska oraz Lotos Kolej. Udział przewoźników w rynku przewozów towarowych wg masy ładunków przedstawiono na wykresie 2.



Wykres 2. Udział przewoźników w rynku przewozów towarowych wg masy ładunków  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie Urząd Transportu Kolejowego, *Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2021*, UTK, Warszawa 2022 s. 102.

<sup>12</sup> Urząd Transportu Kolejowego, *Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2021*, UTK, Warszawa, 2022, s. 74.

<sup>13</sup>Urząd Transportu Kolejowego, *Dane eksploatacyjne* (Przewozy towarowe - Dane eksploatacyjne - Portal statystyczny UTK (13.04.2023).

<sup>14</sup> Urząd Transportu Kolejowego *Sprawozdanie...*, s. 97.

W 2021 roku przewoźnicy towarowi odnotowali wzrost przychodów oraz kosztów. Wygenerowany łącznie przychód wyniósł 8,90 mld zł, czyli 2 mld zł więcej niż poniesione koszty<sup>15</sup>. Dodatkowo rentowność kolejowych przewozów towarowych mierzona wskaźnikiem EBITDA<sup>16</sup>, wynosiła w 2021 roku 1,15 mld zł<sup>17</sup>. Największe wydatki przypisane są na usługi obce, zakup paliw płynnych oraz energii trakcyjnej.

### 3. Infrastruktura transportu kolejowego

Infrastruktura transportowa, chociaż bezpośrednio nie tworzy wartości dodanej, jest niezbędnym czynnikiem wzrostu gospodarczego<sup>18</sup>. Etymologia słowa infrastruktura to połączenie dwóch słów - przyimka *infra* oznaczającego pod, poniżej oraz rzeczownika *structura*, tłumaczonego z języka łacińskiego jako budowa, układ, co w połączeniu składa się na nazwę czegoś leżącego u podstaw funkcjonowania większej całości<sup>19</sup>. W związku z tym infrastrukturę można pojmować jak zespół urządzeń i instytucji, świadczących usługi, bez których nie byłoby możliwe funkcjonowanie i rozwój danego systemu lub jego części<sup>20</sup>. Cechą charakterystyczną infrastruktury transportu jest jej ekonomiczna i techniczna niepodzielność wynikająca z jej wysokiej majątkochłonności i kapitałochłonności. Charakteryzuje się także immobilnością funkcjonalną i przestrzenną oraz długotrwałością użytkowania<sup>21</sup>.

Według Elżbiety Gołębskiej, na infrastrukturę transportu składają się punkty i miejsca, z których korzystają środki transportu podczas ruchu i postoju. Infrastrukturę transportu tworzą<sup>22</sup>:

- drogi naturalne i sztuczne,
- punkty transportowe,
- wyposażenie dróg i punktów w środki trwałe i nietrwałe, niezbędne do funkcjonowania infrastruktury.

---

<sup>15</sup> Tamże, s. 106.

<sup>16</sup> Wskaźnik EBITDA, który odpowiada za zysk przedsiębiorstwa przed potrąceniem odsetek od kredytów, podatków i amortyzacji za: M. Jabłoński, *Zintegrowany system pomiaru wyników przedsiębiorstwa* [w:] *Współczesne zagadnienia zarządzania: przedsiębiorstwo-biznes-region*, red. A. Chołdyński, Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków, 2009, s. 62.

<sup>17</sup> Urząd Transportu Kolejowego *Sprawozdanie...*, s. 106.

<sup>18</sup> A. Tomczyk, *Znaczenie infrastruktury transportu dla wzrostu gospodarczego Polski* [w:] *Współczesne wyzwania rozwoju gospodarczego: polityka i kreacja potencjału. Cz. 2, Struktura gospodarki, rynek pracy, środowisko i jakość życia*, red. A. Cudowska-Sojko, Białystok, 2015, s.131.

<sup>19</sup> M. Ratajczak, *Infrastruktura w gospodarce rynkowej*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań, 1999, s. 11.

<sup>20</sup> Tamże, s. 11.

<sup>21</sup> E. Gołębska, *Kompendium wiedzy o logistyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013, s. 106.

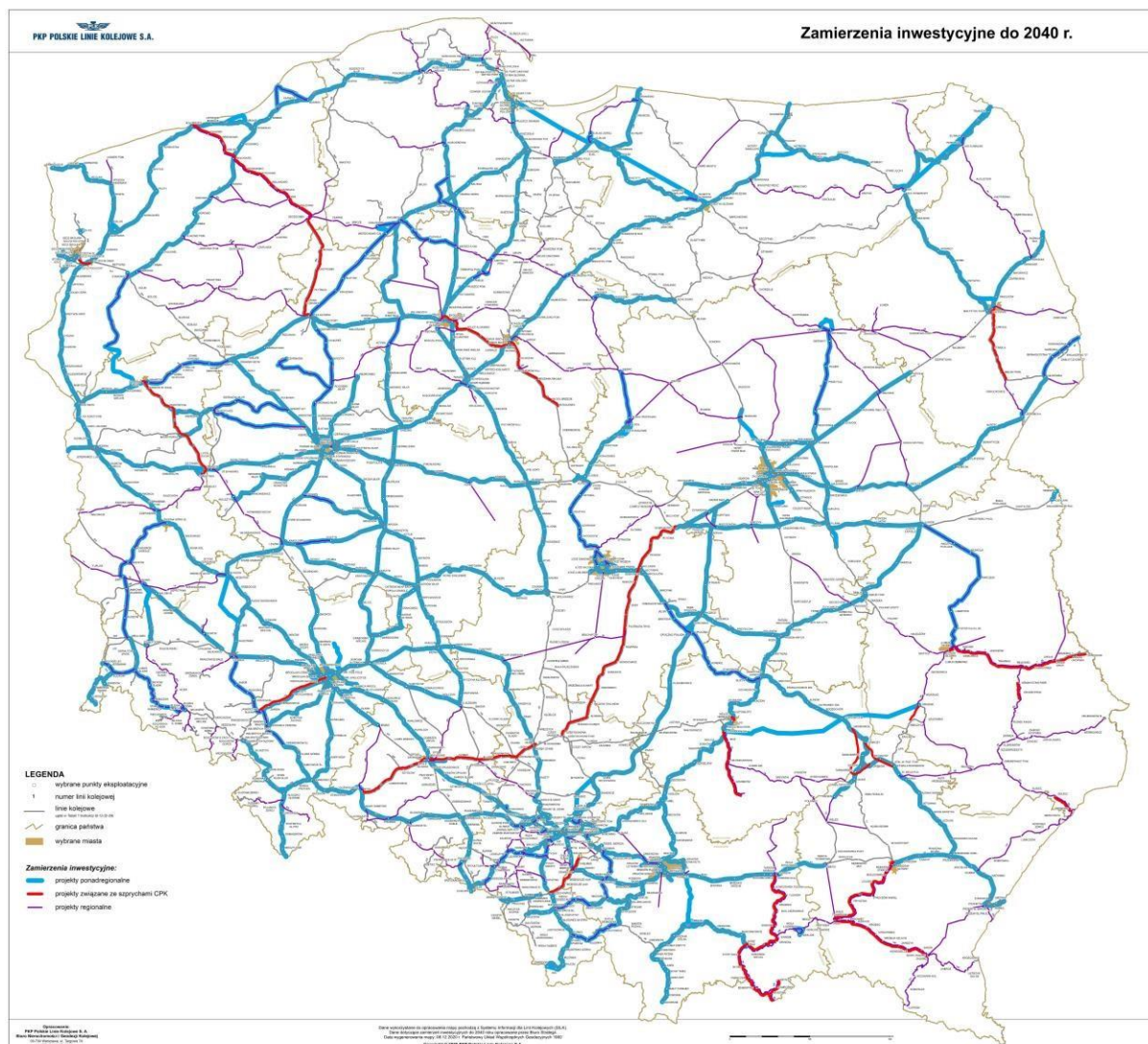
<sup>22</sup> Tamże, s. 106.

Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego w 2021 r. długość sieci kolejowej w Polsce wyniosła ogółem 19,3 tys. km, z czego 13,4 tys. km stanowiły linie o znaczeniu państwowym. W ogólnej długości linii kolejowych eksploatowanych normalnotorowych i szerokotorowych linie zelektryfikowane stanowiły 62,8%. W 2021 roku zostało zmodernizowanych 657 km torów (szlakowych i głównych zasadniczych), w tym 373 km torów na liniach dostosowanych do prędkości 120-160 km. Na sieci kolejowej w 2021 r. znajdowało się 1 336 stacji kolejowych, w tym 405 węzłowych (w 2020 r. – 1 332, w tym 404 węzłowe) oraz 617 czynnych dworców kolejowych (552, dla których właścicielem lub zarządzającym były przedsiębiorstwa – podmioty gospodarki narodowej, oraz 65 dworców, dla których właścicielem lub zarządzającym były gminy). Liczba dworców przystosowanych do obsługi osób niepełnosprawnych wzrosła z 361 w 2020 roku do 378 w 2021 roku. Ilostan inwentarzowy lokomotyw elektrycznych i spalinowych wyniósł 3,5 tys. szt., w tym 45 szt. to nowoczesne lokomotywy elektryczno-spalinowe (tzw. bimodalne) i był o 4,5% mniejszy niż w 2020 roku. Ilostan inwentarzowy wagonów towarowych zmniejszył się o 1,5% i wyniósł 81,8 tys. szt. W transporcie pasażerskim o 51 szt. zwiększył się ilostan inwentarzowy elektrycznych zespołów trakcyjnych (w tym część to zespoły trakcyjne elektryczno-spalinowe, tzw. bimodalne) oraz o 7 szt. ilostan inwentarzowy spalinowych zespołów trakcyjnych. W skali roku liczba wagonów osobowych (wyłączając wagony bagażowe) wzrosła o 725 szt.<sup>23</sup>.

Planowane inwestycje modernizacji infrastruktury kolejowej do 2040 r. przedstawiono na rysunku 2.

---

<sup>23</sup> Główny Urząd Statystyczny, *Transport – wyniki działalności w 2021 r.*, Warszawa, Szczecin, 2022, s. 9.



Rys. 2. Planowane inwestycje modernizacji infrastruktury kolejowej do 2040 r.

Źródło: PKP, Polskie Linie Kolejowe S.A., PKP PLK S.A. PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A. - zamierzenia inwestycyjne na lata 2021-2030 z perspektywą do 2040 roku, Warszawa, 2020, s. 16.

Do 2040 r. planowane są liczne inwestycje związane z polskim transportem kolejowym. Możliwe jest wyróżnienie głównych obszarów inwestycji: ponadregionalne (związane ze szprychami Centralnego Portu Komunikacyjnego) oraz regionalne. Pierwszy obszar obejmuje 126 inwestycji w ramach ogólnokrajowych programów związanych z budową lub przebudową. Na inwestycje regionalne składa się 200 projektów w ramach programów regionalnych o zasięgu wojewódzkim<sup>24</sup>.

Centralny Port Komunikacyjny to planowany węzeł przesiadkowy między Warszawą i Łodzią, który zintegruje transport lotniczy, kolejowy i drogowy. Inwestycje związane z CPK,

<sup>24</sup> PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. - zamierzenia inwestycyjne na lata 2021-2030 z perspektywą do 2040 roku, s. 13-27.

to 19 projektów, które obejmują budowę węzła w bezpośredniej bliskości portu lotniczego i połączenie Warszawy z największymi polskimi miastami w czasie nie przekraczającym 2,5 godziny. Dzięki realizacji CPK i inwestycji Programu Kolejowego CPK przewiduje się zwiększenie oferty przewozowej i dwukrotny wzrost liczby pasażerów w pociągach dalekobieżnych w Polsce<sup>25</sup>. Liczba planowanych inwestycji wskazuje na rozwój infrastruktury transportu kolejowego.

#### 4. Podsumowanie

Transport kolejowy jest jedną z najważniejszych gałęzi transportu w Polsce. Pod względem wielkości realizowanych przewozów, zajmuje drugie miejsce, zaraz za transportem samochodowym. Jest jednym z istotniejszych elementów bezpieczeństwa narodowego, odpowiadającym za właściwe funkcjonowanie państwa. Wykorzystywany zarówno do przewozów pasażerskich, jak i towarowych, stanowi kluczowy element gospodarki narodowej. Jego rozwój wzmacnia międzynarodowe powiązania infrastrukturalne, ułatwia i przyspiesza wymianę handlową, a także podnosi pozycję państwa na arenie międzynarodowej. Z roku na rok wzrasta wielkości przewożonych towarów z wykorzystaniem infrastruktury kolejowej. Wyjątek stanowił rok 2020, w którym rozpoczęła się pandemia Covid-19. W większości transportem kolejowym w Polsce transportowane są takie ładunki, jak: węgiel kamienny, rudy metali oraz wyroby górnictwa i kopalnictwa. W 2021 roku, łącznie przewieziono 248,62 mln ton. Pokazuje to jak wysokie znaczenie ma transport kolejowy w gospodarce kraju.

#### Bibliografia

1. Belch P., *Management of a transport company during the Covid-19 pandemic*, Scientific Papers of Silesian University of Technology “Organization and Management”, Modernity of Industry and Sciences, red. J. Pyka, R. Wolniak, B. Skotnicka-Zasadzień, no. 150, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2021.
2. Figueiredo L, Jesus I., Machado J. A. T., Ferreira J.R, Martins de Carvalho J.L., *Towards the Development of Intelligent Transportation Systems* [w:] *Intelligent Transportation Systems. Proceedings*, nr 81, Oakland, 2001.

---

<sup>25</sup> Centralny Port Komunikacyjny, *O inwestycji*, <https://www.cpk.pl/pl/inwestycja> (18.05.2022).



3. Główny Urząd Statystyczny, *Transport – wyniki działalności w 2021 roku*, Warszawa, Szczecin, 2022.
4. Gołębska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*, PWN, Warszawa, 2013.
5. Immers L.H., Stada J.E., *Basics of Transport Economics*, Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee, 2004.
6. Jabłoński M., *Zintegrowany system pomiaru wyników przedsiębiorstwa [w:] Współczesne zagadnienia zarządzania: przedsiębiorstwo-biznes- region*, red. A. Chołdyński, Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków, 2009.
7. Kielczyk E., Wasilewski W., *Rynek usług transportowych [w:] Współczesne trendy w logistyce – kompleksowe zarządzanie*, red. K. Huk, A. Perzyńska, K. Witkowski, M. Bednarek, „Przedsiębiorczość i zarządzanie”, Tom 20 zeszyt 5, Łódź, 2019.
8. Koźlak A., *Nowoczesny system transportowy jako czynnik rozwoju regionów w Polsce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2012.
9. Najwyższa Izba Kontroli, *Realizacja programu inwestycji dworcowych. Informacja o wynikach kontroli.*, Departament Infrastruktury, Warszawa, 2022.
10. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. - zamierzenia inwestycyjne na lata 2021-2030 z perspektywą do 2040 roku [w:] [www.plk-sa.pl](http://www.plk-sa.pl) (dostęp: 25.04.2023).
11. Rabe M., *Rozwój i konkurencyjność transportu towarów koleją w Polsce [w:] „Ekonomika i Organizacja Logistyki”*, tom 4 nr 2, red. E. J. Szymańska, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2019.
12. Ratajczak M., *Infrastruktura w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań, 1999.
13. Rucińska D., *Potrzeby transportowe [w:] Transport. Tendencje zmian*, red. K. Wojewódzka-Król, E. Załoga, wyd. 7. PWN, Warszawa, 2022.
14. Tomczyk A., *Znaczenie infrastruktury transportu dla wzrostu gospodarczego Polski [w:] Współczesne wyzwania rozwoju gospodarczego: polityka i kreacja potencjału. Cz. 2, Struktura gospodarki, rynek pracy, środowisko i jakość życia*, red. A. Cudowska-Sojko, Białystok, 2015.
15. Urząd Transportu Kolejowego, *Dane eksploatacyjne* (Przewozy towarowe - Dane eksploatacyjne - Portal statystyczny UTK (13.04.2023).
16. Urząd Transportu Kolejowego, *Grupy towarowe* (Przewozy towarowe - Dane eksploatacyjne - Portal statystyczny UTK (10.04.2023).
17. Urząd Transportu Kolejowego, *Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2021*, UTK, Warszawa, 2022.

18. *Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym* (Dz.U. 2003 nr 86 poz. 789).
19. Wood D. F., *Transportation Economics*, Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/topic/transportation-economics> (23.05.2023).

**Aleksandra Pokwapisz, Magdalena Szydelko**  
Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogON”

## **Wpływ wybranych obostrzeń związanych z pandemią COVID-19 na zachowania zakupowe konsumentów w sektorze e-commerce**

### **Streszczenie**

Celem artykułu była ocena wpływu wybranych obostrzeń związanych z pandemią COVID-19 na zachowania zakupowe konsumentów w handlu elektronicznym (e-commerce). Liczba osób dokonujących zakupów przez Internet ciągle rośnie, a koronawirus (SARS-CoV-2) znacznie przyspieszył ten trend. Wybuch pandemii COVID-19 oraz wprowadzone w związku z nią obostrzenia mające na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się wirusa wymusiły zmianę dotychczasowych zachowań zakupowych przez konsumentów. W ciągu ostatnich lat sektor e-commerce przeszedł wiele zmian technologicznych i obecnie stanowi najszybciej rozwijający się rynek w Polsce. Wnioski w artykule sformułowano na podstawie przeglądu literatury, danych i informacji podanych przez organizacje rządowe oraz bezpośrednich badań z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety. Analiza pierwotnych danych pozwala stwierdzić, że blisko połowa respondentów obecnie kupuje więcej i częściej przez Internet w porównaniu z latami przed pandemią COVID-19.

**Słowa kluczowe:** e-commerce, pandemia COVID-19, obostrzenia, zachowania zakupowe, konsumenci.

### **1. Wprowadzenie**

Każdego dnia klienci na całym świecie podejmują decyzje zakupowe. Są one zmienne w czasie i mają na nie wpływ codzienne potrzeby, emocje, motywacje i otoczenie, w którym funkcjonują. Ciągłe zmieniający się świat, postęp technologiczny oraz informacyjny otwierają przed konsumentami nowe możliwości, które przedsiębiorcy starają się zrozumieć i sprawić, aby jakość, której oczekują – była jakością, którą otrzymają. Niestety, nie jest możliwe kontrolowanie wszystkich czynników, które mogą mieć wpływ na podejmowanie decyzji zakupowych. Zdarzają się sytuacje, że klient musi zmienić swoje przyzwyczajenia zakupowe, aby móc zaspokoić podstawowe potrzeby. Przykładem takiej sytuacji może być wybuch pandemii COVID-19, która znacznie wpłynęła zarówno na gospodarkę światową, relacje międzyludzkie, jak i na zmianę zachowań zakupowych społeczeństw na całym świecie.

Pandemia COVID-19 spowodowała, że wiele branż i sektorów gospodarki doświadczyło poważnych utrudnień i konieczności wprowadzenia zmian w dotychczasowym funkcjonowaniu. Z powodu restrykcji wiele branż, m.in. gastronomiczna, rozrywkowa, turystyczna i handlowa zmagало się z poważnymi trudnościami finansowymi. Izolacja (ang. *lockdown*) i obo-

strzenia związane z ograniczeniem liczby osób przebywających w danym miejscu sprawiły, że znacznie wzrosła popularność handlu elektronicznego (ang. *e-commerce*).

Proces obsługi klienta w sklepie internetowym można podzielić na trzy zależne od siebie fazy<sup>1</sup>:

- przedtransakcyjną – mającą na celu zbadanie preferencji odbiorców,
- transakcyjną – dotyczącą wyłącznie procesu związanego z realizacją zamówienia,
- potransakcyjną – w której przeprowadza się pomiar zadowolenia klientów.

Proces podejmowania decyzji zakupowych jest zależny od wielu czynników, między innymi od potrzeb konsumentów, które są zmienne w czasie (w zależności od wieku i stanu emocjonalnego). Dodatkowo, osobom, które korzystają z mediów społecznościowych łatwiej jest dokonać zakupów pod wpływem impulsu – na przykład po zobaczeniu reklamy danego produktu<sup>2</sup>.

Celem artykułu jest ocena wpływu wybranych obostrzeń związanych z pandemią COVID-19 na zachowania zakupowe konsumentów w sektorze e-commerce. Wykorzystano takie metody badawcze, jak: przegląd literatury, analizę danych i informacji podanych przez organizacje rządowe (badania typu *desk-research*) oraz badania pierwotne z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety.

## 2. E-commerce – definicja, geneza i podstawowe typy

E-commerce, czyli handel elektroniczny jest dziedziną biznesu odnoszącą się do wykonywania transakcji kupna-sprzedaży produktów i usług z wykorzystaniem Internetu. Rosnący postęp technologiczny oraz coraz łatwiejszy dostęp do sieci sprawia, że e-commerce jest dobrze rozwijającym się sektorem gospodarki. We współczesnych czasach dostęp do Internetu ma wiele urządzeń codziennego użytku, w związku z tym, możliwe jest wykonywanie zakupów o dowolnej porze dnia i z dowolnego miejsca. Taki sposób robienia zakupów przynosi znaczne korzyści w porównaniu do tradycyjnych zakupów w sklepach stacjonarnych, gdzie konieczne jest dostosowanie się między innymi do godzin otwarcia sklepów.

Zgodnie z definicją Głównego Urzędu Statystycznego za e-handel uważa się transakcje przeprowadzone przez sieci, które są oparte na protokole internetowym (IP). Umożliwiają one zamawianie towarów i usług, jednak płatność i dostawa mogą zostać dokonane zarówno w sieci, jak i poza nią. Transakcje mogą być realizowane między przedsiębiorstwami, osobami

---

<sup>1</sup> M. Kramarz, *Elementy logistyczne obsługi klienta w sieciach dystrybucji. Pomiar, ocena, strategię*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2014, s. 46.

<sup>2</sup> G. Samuk, I. Sidorowicz, *Wpływ pandemii COVID-19 na zachowania konsumentów*, „Akademia Zarządzania” 2020, nr 3, s. 78.

prywatnymi, instytucjami rządowymi lub organizacjami działającymi w sektorze publicznym i prywatnym<sup>3</sup>. Według Światowej Organizacji Handlu (WTO) handel elektroniczny można zdefiniować jako produkcję, dystrybucję, marketing, sprzedaż lub dostawę towarów i usług drogą elektroniczną<sup>4</sup>.

Po raz pierwszy termin e-commerce pojawił się w latach 90. dwudziestego wieku, kiedy Internet stał się powszechny<sup>5</sup>. Na początku jego funkcjonowania nie wszyscy przedsiębiorcy byli zainteresowani prowadzeniem działalności w Internecie – część z nich uważała, iż Internet jest zbyt niestabilny i niepewny, aby rozpocząć prowadzenie działalności handlowej. Do momentu potwierdzenia, że działalność handlowa w Internecie przynosi pozytywne skutki, decydowali się jedynie na obserwację pozostałych przedsiębiorstw, aby ograniczyć ryzyko związane z niepowodzeniem. W lipcu 1995 roku, analityk finansowy Jeff Bezos otworzył księgarnię Amazon.com, która była pierwszym sklepem internetowym na świecie<sup>6</sup>. To właśnie od tego momentu e-commerce zaczął się gwałtownie rozwijać. Trend trwał aż do lat 2001-2004, kiedy to po raz pierwszy zaczęto zauważać symptomy kryzysu handlu elektronicznego. Za główne powody takiego działania uważa się niewłaściwy stosunek inwestycji i kosztów realizacji zamówienia do zysków, konkurowanie ceną, brak odpowiedniego rozpoznania rynku, a także złą organizację pracy oraz słabą infrastrukturę techniczną. Dodatkowo, czynnik społeczno-kulturowy w postaci oporu wobec nowej i nieznannej formy sprzedaży, przyczynił się do tego, że w wyniku kryzysu upadły najsłabsze przedsiębiorstwa, a pozostałe musiały zmienić asortyment lub połączyć się z innymi podmiotami<sup>7</sup>. Po kryzysie (od 2005 roku) sektor e-commerce znów zaczął się rozwijać, na co wpływ miał rozwój systemów dystrybucji i płatności elektronicznych – od tego momentu zakupy w sklepach internetowych stały się powszechnym zjawiskiem.

Na rysunku 1. przedstawiono szczegółową klasyfikację e-commerce.

---

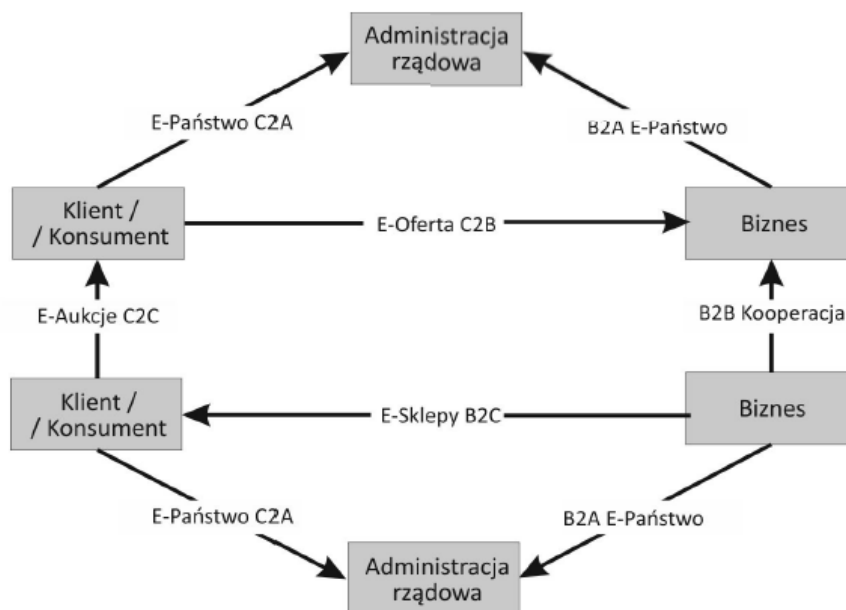
<sup>3</sup> <https://stat.gov.pl/metainformacje/sloownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/1778,pojecie.html> (dostęp 15.04.2023).

<sup>4</sup> [https://www.wto.org/english/thewto\\_e/minist\\_e/mc11\\_e/briefing\\_notes\\_e/bfecom\\_e.htm](https://www.wto.org/english/thewto_e/minist_e/mc11_e/briefing_notes_e/bfecom_e.htm) (dostęp 07.03.2023).

<sup>5</sup> K. Bartczak, *Bariery rozwojowe handlu elektronicznego*, Wydawnictwo Exante, Wrocław 2016, s. 43.

<sup>6</sup> A. Pamuła, *Handel elektroniczny*, [w:] *Spółeczeństwo informacyjne*, red. J. Papińska-Kacperek, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 433-434.

<sup>7</sup> M. Feldy, *Sklepy internetowe. Jak złapać w sieci e-konsumentki i e-konsumentów*, Wydawnictwo JAK, Warszawa 2012, s. 19.



Rysunek 1. Klasyfikacja e-commerce

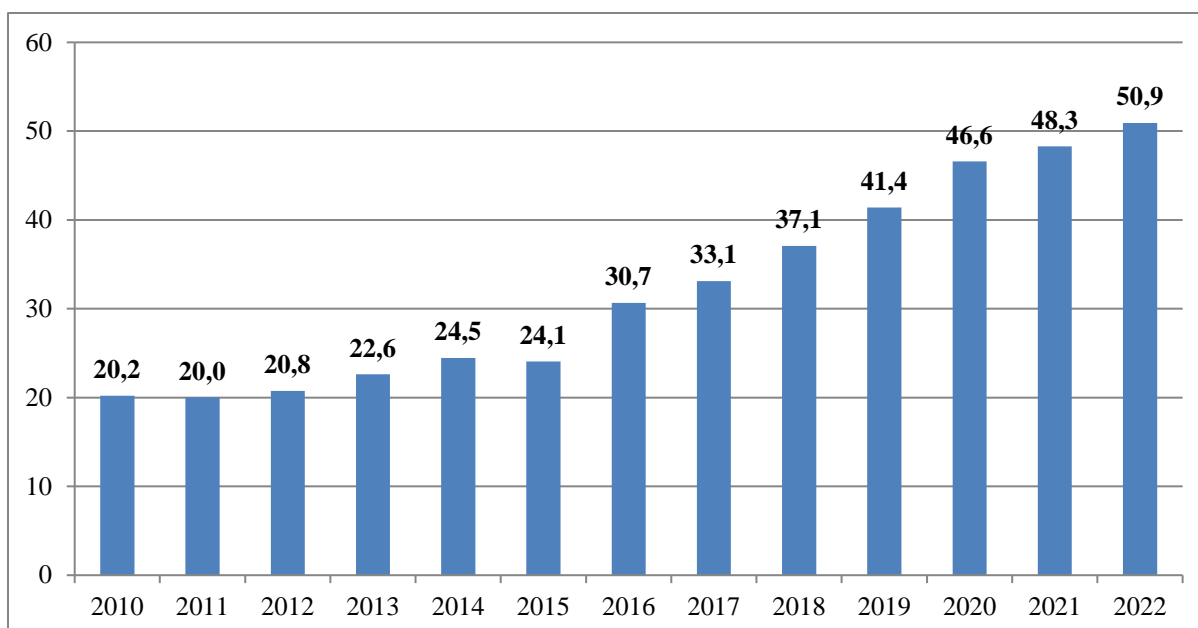
Źródło: Ł. Konopielko, M. Wołoszyn, J. Wytrębowski, *Handel Elektroniczny. Ewolucja i perspektywy*, Oficyna Wydawnicza Uczelni Łazarskiego, Warszawa 2016, s. 13.

W ramach danego schematu można wyodrębnić cztery podstawowe typy realizacji handlu elektronicznego, które dotyczą relacji między klientem a przedsiębiorstwem. Należą do nich<sup>8</sup>:

- B2B (*Business to Business*) – polegający na wymianie produktów, usług lub informacji między poszczególnymi przedsiębiorstwami, np. między hurtownikiem a detalistą,
- B2C (*Business to Consumer*) – handel pomiędzy sprzedawcą (przedsiębiorstwem) a konsumentem (osobą fizyczną),
- C2B (*Consumer to Business*) – w tym systemie klienci zgłaszają zapotrzebowanie na produkt lub usługę w Internecie wraz z proponowaną ceną (przedsiębiorstwa mogą zaakceptować lub odrzucić daną ofertę),
- C2C (*Consumer to Consumer*) – polegający na sprzedaży produktu lub usługi między osobami fizycznymi, jednak za pośrednictwem portalu handlowego (przedsiębiorstwa).

Każdego roku wzrasta popyt na zakupy w sklepach internetowych, co zostało zobrazowane na rysunku 2.

<sup>8</sup> A. Januszewski, *Gospodarka elektroniczna - formy elektronicznego biznesu*, „Przegląd Organizacji” 2001, nr 3, s. 31-33.



Rysunek 2. Zakupy przez Internet dokonywane przez osoby fizyczne w Polsce w latach 2010-2022 [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie:

[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc\\_ec\\_ib20/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ib20/default/table?lang=en) (dostęp 02.04.2023);

[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC\\_EC\\_IBUY/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_EC_IBUY/default/table?lang=en) (dostęp 02.04.2023).

Analiza danych prowadzi do wniosku, że z roku na rok rośnie liczba zakupów dokonywanych przez Internet przez osoby fizyczne. Wpływ na to ma coraz powszechniejszy dostęp do Internetu. W 2010 roku odsetek osób dokonujących zakupów przez Internet był stosunkowo niski, ponieważ wynosił 20,2%, natomiast w 2022 roku przekroczył 50%. Ma to związek ze stałym wzrostem liczby osób posiadających dostęp do Internetu, a także z tym, że zmieniają się przyzwyczajenia obecnego społeczeństwa. We współczesnych czasach polskie społeczeństwo coraz częściej szuka rozwiązań, które pozwolą im zaoszczędzić czas, więc możliwość robienia zakupów przez Internet pozwala na większą elastyczność w planowaniu swojego czasu wolnego, co jest dużym komfortem dla konsumentów. W latach 2020-2021 z powodu pandemii COVID-19 rynek charakteryzował się znaczną niepewnością. Wiele przedsiębiorstw zostało zmuszonych do okresowego zamykania swoich placówek stacjonarnych oraz szukania alternatyw, które pomogłyby przetrwać w trakcie kryzysu, co przełożyło się na znaczące przyspieszenie tempa wzrostu udziału handlu elektronicznego.

### 3. Metodyka i przebieg badań

Aby zrealizować cel artykułu przedstawiony we wstępie, przeprowadzono badanie naukowe, do którego użyto kwestionariusza ankiety stworzonego za pomocą Formularzy Google. Skierowano go do kobiet i mężczyzn w sześciu grupach wiekowych (poniżej 18 lat, 18-25 lat, 26-33 lat, 34-41 lat, 42-49 lat oraz powyżej 50 lat) zamieszkujących wieś, miasto do 10 000 mieszkańców, miasto od 10 001 do 50 000 mieszkańców, miasto od 50 001 do 100 001

mieszkańców, miasto od 100 001 do 200 000 mieszkańców oraz miasto od 200 001 mieszkańców.

Badanie ankietowe trwało od 13.04.2023 roku do 17.04.2023 roku. Kwestionariusz ankiety został udostępniony w mediach społecznościowych. Dobór próby miał charakter nielosowy. Łącznie w badaniu wzięło udział 100 osób, a dominującą część stanowili ankietowani w wieku 18-25 lat (63 %). Drugą w kolejności najliczniejszą grupą były osoby między 26 a 33 rokiem życia (15%). Kolejna grupa wiekowa to osoby mające 34-41 lat (11%). Dwie najmniejsze grupy stanowiły osoby w wieku 42-49 lat (6%) oraz powyżej 50 lat (5%). Zdecydowana większość osób ankietowanych to kobiety (81%). Mężczyźni stanowili jedynie 19%.

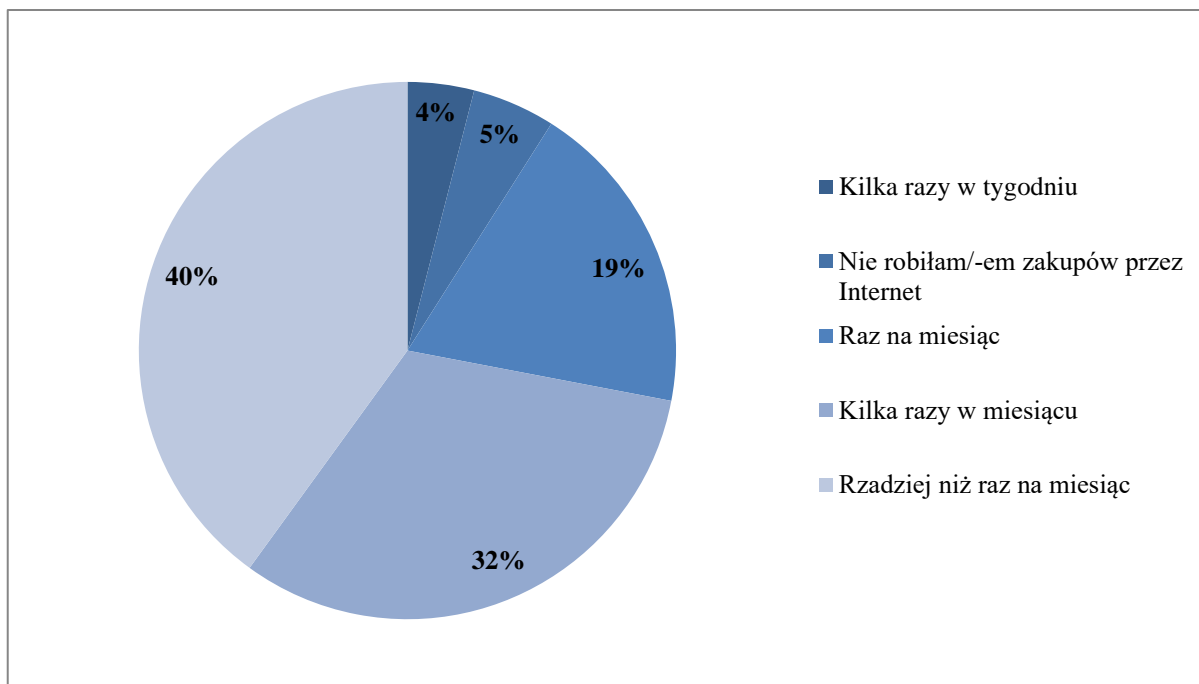
Najliczniejsza grupa respondentów to mieszkańcy wsi (32%). Na drugim miejscu pod względem liczności znalazły się osoby mieszkające w miastach posiadających do 10 000 mieszkańców oraz mieszkańcy miast od 200 001 osób – każdą z nich wybrało po 17% ankietowanych osób. Najmniej liczną grupę stanowiły osoby zamieszkujące miasto od 50 001 do 100 000 mieszkańców – 7%.

Kwestionariusz ankiety, w zależności od kolejnych wyborów odpowiedzi przez respondentów, zawierał od pięciu do dwunastu pytań zarówno jednokrotnego, jak i wielokrotnego wyboru. Pytania zadawano w taki sposób, aby możliwe było porównanie zachowań zakupowych konsumentów przed pandemią (w latach 2015-2019) i w trakcie jej trwania (od 2020 roku).

#### **4. Wpływ pandemii COVID-19 na zachowania zakupowe klientów – wyniki badań bezpośrednich**

W pierwszym pytaniu ankietowani zostali zapytani o częstotliwość robienia przez nich zakupów przez Internet przed pandemią COVID-19. Wyniki zostały przedstawione na rysunku 3. Analiza danych pozwala stwierdzić, że najczęściej wybieranymi odpowiedziami były „Rzadziej niż raz na miesiąc” – 40% oraz „Kilka razy w miesiącu” – 32%. Najrzadziej wybierano odpowiedzi „Nie robiłam/-em zakupów przez Internet” oraz „Kilka razy w tygodniu”. Wyniki dla tych wariantów wyniosły odpowiednio 5% i 4%.

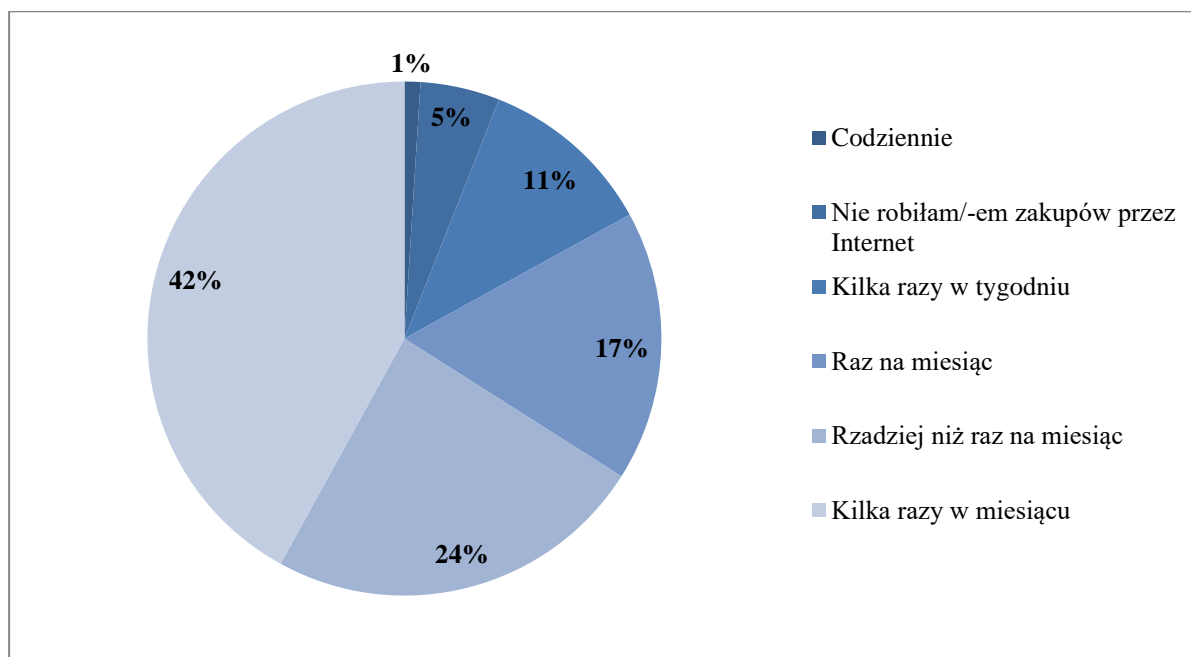




Rysunek 3. Częstotliwość robienia zakupów przez Internet przed pandemią COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Na rysunku 4 zaprezentowano częstotliwość robienia zakupów online w trakcie trwania pandemii COVID-19. Najpopularniejszymi odpowiedziami wybieranymi przez respondentów były „Kilka razy w miesiącu” – 42% oraz „Rzadziej niż raz na miesiąc” – 24%. Oprócz tych wariantów ankietowani wybierali również „Raz na miesiąc”, „Kilka razy w tygodniu” oraz „Nie robiłam/-em zakupów przez Internet”. Wyniki dla tych odpowiedzi wyniosły odpowiednio 17%, 11% i 5%. Najrzadziej wybieraną odpowiedzią było „Codziennie” – jedynie 1%.



Rysunek 4. Częstotliwość robienia zakupów przez Internet w trakcie trwania pandemii COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Porównując wykresy kołowe częstotliwości robienia zakupów przez Internet przed i w trakcie trwania pandemii COVID-19 można stwierdzić, iż konsumenci zwiększyli częstotliwość wykonywania zakupów online. W porównaniu do okresu sprzed pandemii, zauważono wzrost liczby osób, kupujących przez Internet kilka razy w miesiącu. Według zgromadzonych danych odsetek ten wzrósł z 32% do 42%. Wzrost odnotowała też opcja „Kilka razy w tygodniu” – z 4% do 11%. Zaobserwowano także spadek wariantu „Raz na miesiąc” o 2%. Z analizy obu wykresów kołowych wynika, że pięcioro respondentów dwukrotnie zaznaczyło odpowiedź „Nie robiłem/-am zakupów przez Internet”. W tym przypadku zostali przekierowani do pytania, które pozwoliło poznać powody takiego zachowania, co zostało przedstawione na rysunku 5.



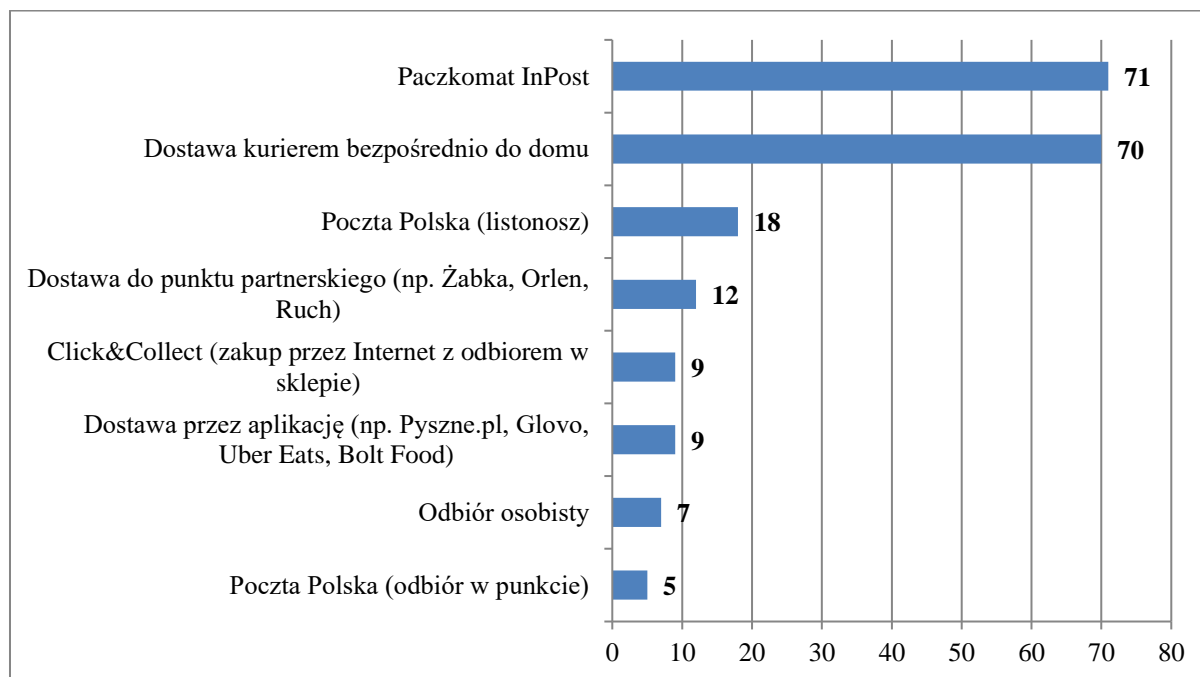
Rysunek 5. Powody nierobienia zakupów przez Internet

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Najczęstszymi powodami wybieranymi przez grupę respondentów, którzy nie wykonywali zakupów online ani przed pandemią, ani w trakcie jej trwania było preferowanie zakupów w sklepach stacjonarnych oraz ograniczone możliwości zwrotu i reklamacji w przypadku, gdy zakupiony produkt nie odpowiadałby ich oczekiwaniom. Opcje te zaznaczyło trzy na pięć osób. Kolejnym powodem, dla którego wybierali zakupy w sklepach stacjonarnych był brak możliwości fizycznego sprawdzenia jakości danego produktu oraz przymierzenia w przypadku zakupu odzieży. Ankietowani wymieniali także problemy typowe dla rozwoju technologicznego, tj. trudności związane z obsługą cyfrową, obawę przed kradzieżą danych osobowych, oszustwem i nieautoryzowanymi transakcjami, a także brak lub ograniczone umiejęt-

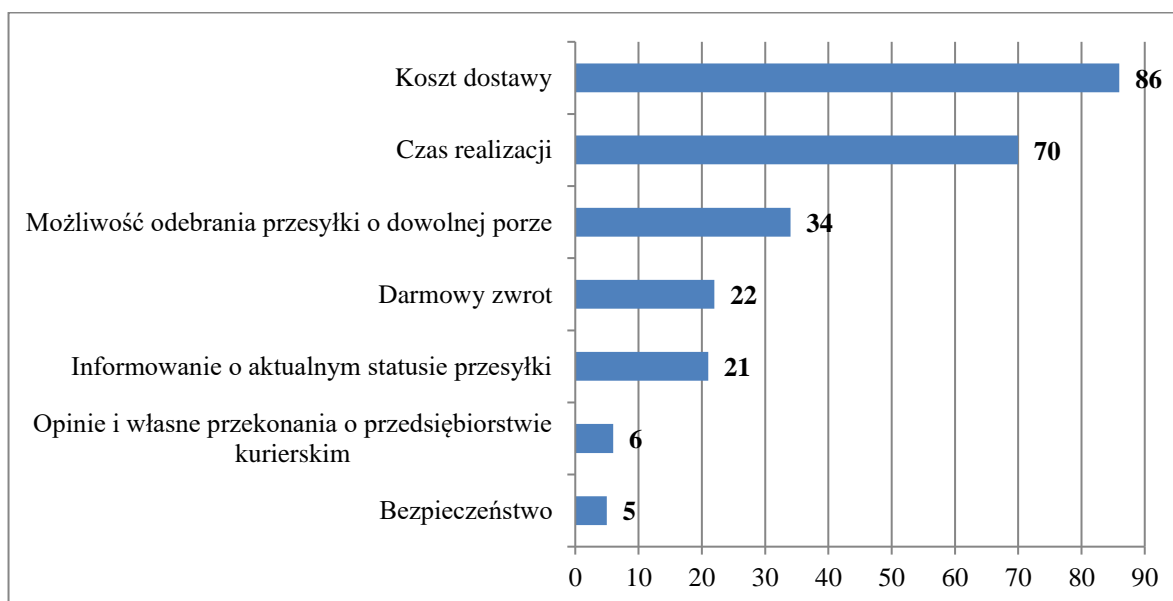
ności obsługi sklepów internetowych. Respondenci jako powody nierobienia zakupów przez Internet podali również możliwość wystąpienia problemów z dostawą, brak możliwości negocjacji cen, dodatkowe koszty związane z dostawą oraz brak zaufania do sklepów online.

Natomiast pozostałe 95 osób, które wykonywały zakupy przez Internet zarówno przed, jak i w trakcie trwania pandemii zapytano o preferowane formy dostawy oraz czynniki, które wpływały na wybór dostawców w latach 2015-2019. Zgromadzone wyniki przedstawiono na rysunkach 6. i 7.



Rysunek 6. Wybór formy dostawy przed pandemią COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.



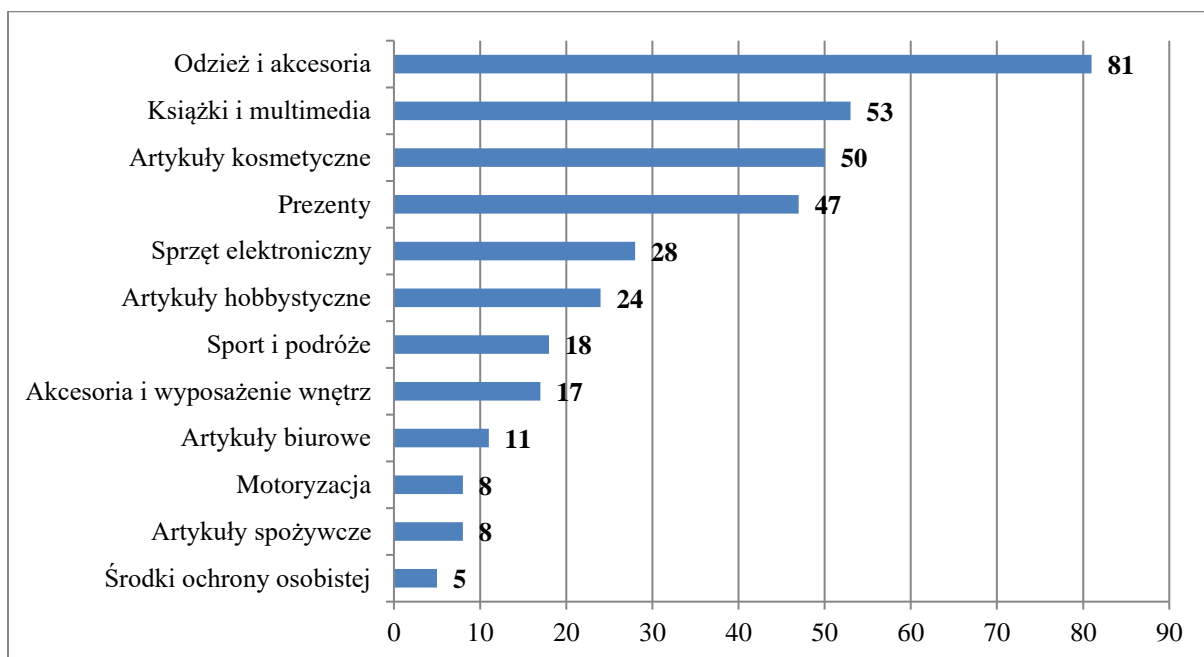
Rysunek 7. Czynniki mające wpływ na wybór formy dostawy przed pandemią COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Respondenci najczęściej wybierali dwie formy dostawy: odbiór przesyłek w Paczkomatach InPost oraz dostawę kurierską bezpośrednio do domu – na te formy zdecydowało się odpowiednio 71 oraz 70 badanych osób, co znacznie przeważa nad pozostałymi formami. Blisko jedna piąta badanych osób jako formę dostawy wybierała również usługę dostarczania przesyłek przez listonosza oferowaną przez Poczta Polska, natomiast jedynie 5 osób zdecydowało się na odbiór w punkcie poczty. Po 9 osób spośród ankietowanych wybrało również takie formy dostawy, jak Click&Collect, polegające na zakupie produktu w sklepie internetowym i odbiorze w sklepie stacjonarnym, a także korzystało z dostawy przez aplikację. Taka forma jest wykorzystywana najczęściej w przypadku dostaw artykułów żywnościowych, a przykładowymi przedsiębiorstwami realizującymi taką dostawę są: Pyszne.pl, Glovo, Uber Eats oraz Bolt Food.

Czynnikami, które miały największe znaczenie podczas wyboru dostawcy zanim rozpoczęła się pandemia są przede wszystkim koszt dostawy oraz przewidywany czas jej realizacji, które wybrało odpowiednio 86 i 70 badanych osób. Konsumentom przy wyborze formy dostawy zależało również na tym, aby można było odebrać przesyłkę o dowolnej porze dnia, co jest możliwe dzięki Paczkomatom InPost. Duże znaczenie ma dla nich również darmowy zwrot w przypadku nietrafionego zakupu oraz informowanie o aktualnym statusie przesyłki. Jedynie 5 osób przed pandemią zwracało uwagę na bezpieczeństwo.

Na rysunku 8. przedstawiono strukturę kupowanych artykułów przez Internet w latach 2015-2019.

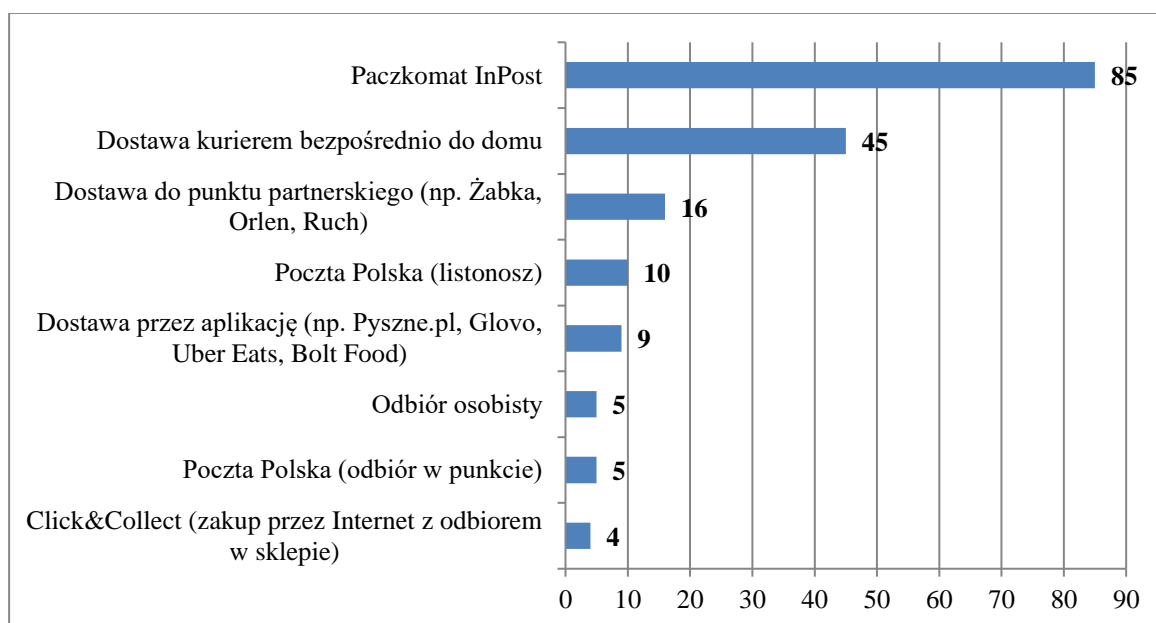


Rysunek 8. Artykuły kupowane przez Internet przed pandemią COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Wyraźnie można zauważyć, że najczęściej wybierano odzież i akcesoria – aż 81 ankietowanych zaznaczyło taką opcję. Odpowiednio 53, 50 i 47 osób kupowało także książki i multimedia, artykuły kosmetyczne oraz prezenty. Artykułami, na które decydowali się konsumenci były także sprzęt elektroniczny (28 osób), artykuły związane z hobby (24 osoby), artykuły sportowe i podróże (18 osób) oraz akcesoria i wyposażenie wnętrz (17 osób). Przed pandemią tylko 5 osób kupowało środki ochrony osobistej przez Internet.

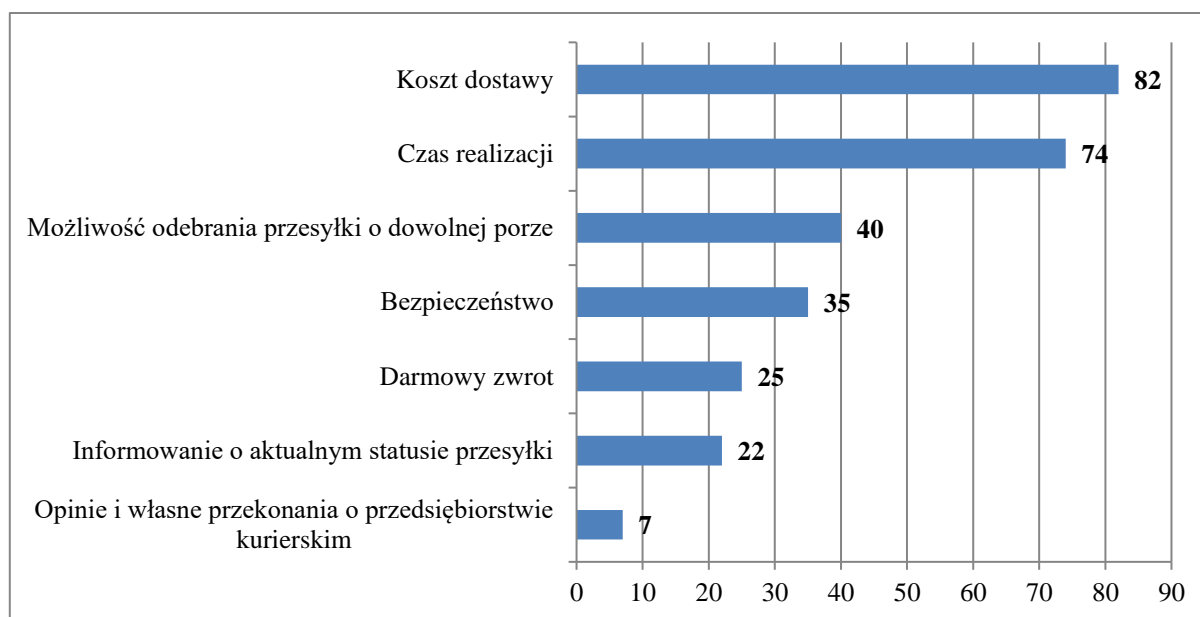
W następnym kroku respondentów zapytano o preferowane formy dostawy w czasie pandemii COVID-19 oraz czynniki, które wpływały na ich decyzję wyboru. Wyniki przedstawiono na rysunkach 9. i 10.



Rysunek 9. Wybór formy dostawy w trakcie trwania pandemii COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Na podstawie wykresu można stwierdzić, że najpopularniejszą formą dostawy w trakcie trwania pandemii COVID-19 były Paczkomaty InPost – wybierało je aż 85 spośród 95 ankietowanych osób, co w porównaniu z latami przed pandemią (rysunek 6.) oznacza blisko 20% wzrost. Paczkomaty umożliwiały bezkontaktowy i bezpieczny odbiór przesyłek przez całą dobę, co znacznie wpływało na korzyść w porównaniu z innymi formami dostawy. W przeciwieństwie do paczkomatów, opcja dostawy kurierem bezpośrednio do domu zanotowała znaczny spadek – aż o 36%. Trzecią najczęściej wybieraną formą dostawy była dostawa do punktów partnerskich, takich jak Orlen, Żabka, Ruch. Decydowało się na nią 16 osób spośród ankietowanych. Warto zaznaczyć, że 8 osób zrezygnowało z formy dostarczenia przesyłek przez listonosza na korzyść innych form dostawy. Pozostałe formy dostawy utrzymywały się na podobnym poziomie, jak w czasach przed pandemią COVID-19.

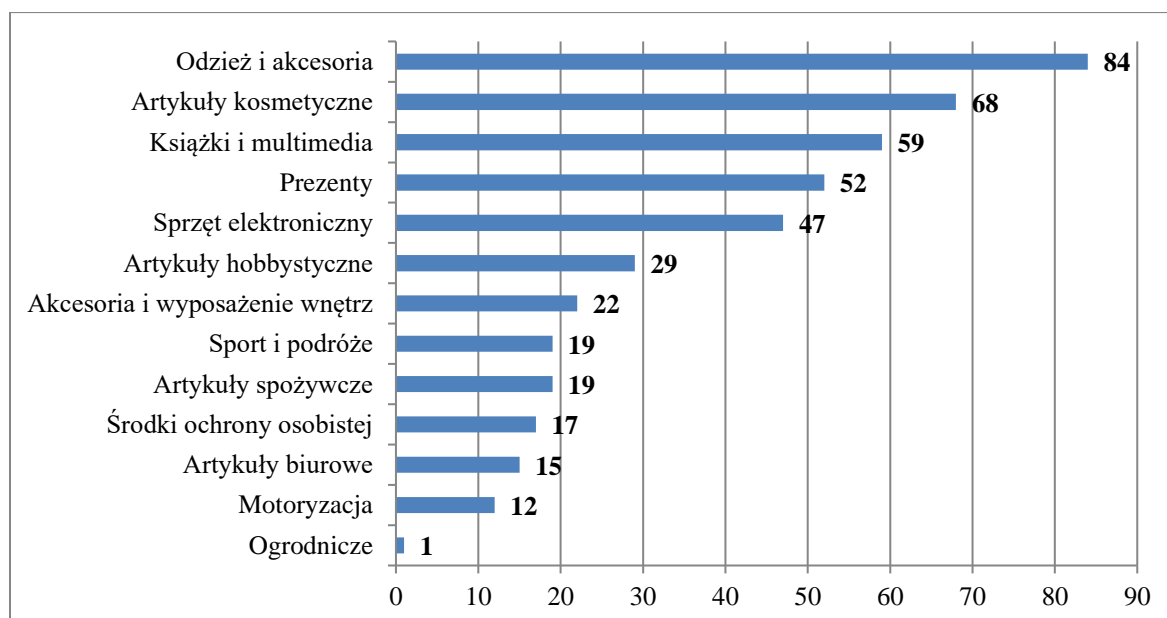


Rysunek 10. Czynniki mające wpływ na wybór formy dostawy w trakcie trwania pandemii COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Czynniki mające wpływ na wybór dostawy przed pandemią (rysunek 7) i w trakcie jej trwania (rysunek 10) były na bardzo zbliżonym poziomie – jedyny znaczący wzrost zanotowało „bezpieczeństwo”. W latach 2015-2019 jedynie 5 osób zwracało uwagę na ten aspekt, natomiast od 2020 roku aż 35 osób, co stanowi wzrost o 600%.

Na rysunku 11. przedstawiono produkty, które konsumenci decydowali się kupować przez Internet w trakcie trwania pandemii.



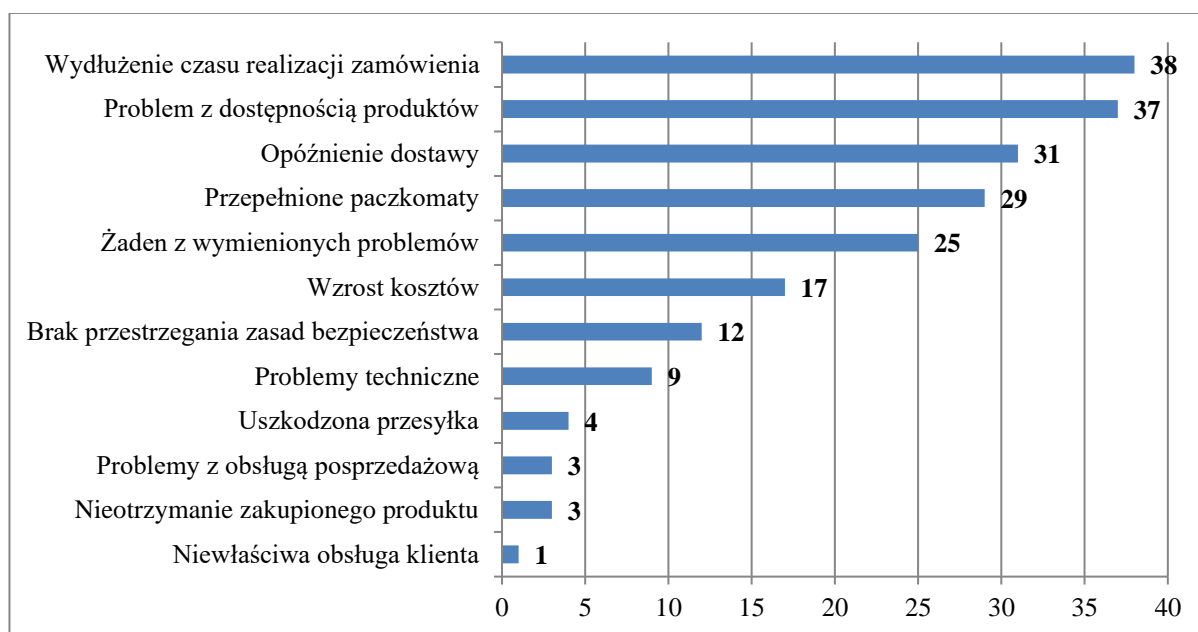
Rysunek 11. Artykuły kupowane przez Internet w trakcie trwania pandemii COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Można zaobserwować, że w porównaniu z rysunkiem 8. każdy z wymienionych artykułów osiągnął wzrost, co związane jest z chęcią dokonywania zakupów, mimo wprowadzonych

ograniczeń gospodarczych. Różnica między kupowanymi artykułami przed pandemią a podczas jej trwania jest zauważalna, zwłaszcza w kategorii zakupów artykułów kosmetycznych i środków ochrony osobistej. W latach 2015-2019 tylko 50 osób deklarowało kupowanie artykułów kosmetycznych, podczas gdy od 2020 roku liczba ta wzrosła do 68 osób, a w przypadku środków ochrony osobistej nastąpił wzrost z 5 do 17 osób. To oznacza wzrost o 36% i ponad 240% w odpowiednich kategoriach.

Zamawianie przesyłek w sklepach internetowych ma również wady. Na rysunku 12 przedstawiono problemy, z którymi respondenci zmagali się najczęściej w trakcie trwania pandemii COVID-19.



Rysunek 12. Problemy związane z zakupami online w trakcie trwania pandemii COVID-19

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Najpoważniejszymi utrudnieniami, z którymi konsumenci mieli styczność robiąc zakupy online było wydłużenie czasu dostawy oraz problem z dostępnością produktów. Z taką sytuacją spotkało się odpowiednio 38 i 37 osób. Ankietowanym zdarzały się także problemy związane z wydłużonym czasem dostawy oraz z przepełnionymi paczkomatami – te odpowiedzi wybrało 33% oraz 31% spośród 95 osób wśród których przeprowadzono badanie ankietowe. Respondenci zauważyli również wzrost kosztów oraz brak przestrzegania zalecanych zasad bezpieczeństwa, co w kontekście pandemii COVID-19 było sprzeczne z obowiązującymi wytycznymi dotyczącymi bezpieczeństwa. Stosunkowo rzadko pojawiały się także problemy techniczne, uszkodzenia przesyłki, problemy z gwarancją lub zwrotem towaru, niewłaściwa obsługa klienta, a nawet nieotrzymanie zakupionego produktu. Natomiast 25 osób nie zauważyło żadnego z wymienionych problemów.

W następnym pytaniu uczestnicy badania, którzy dokonują zakupów przez Internet, zostali zapytani o czynniki decydujące o wyborze właśnie tej metody zakupów, co zostało przedstawione na rysunku 13.



Rysunek 13. Czynniki decydujące o wyborze zakupów przez Internet w trakcie trwania pandemii

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

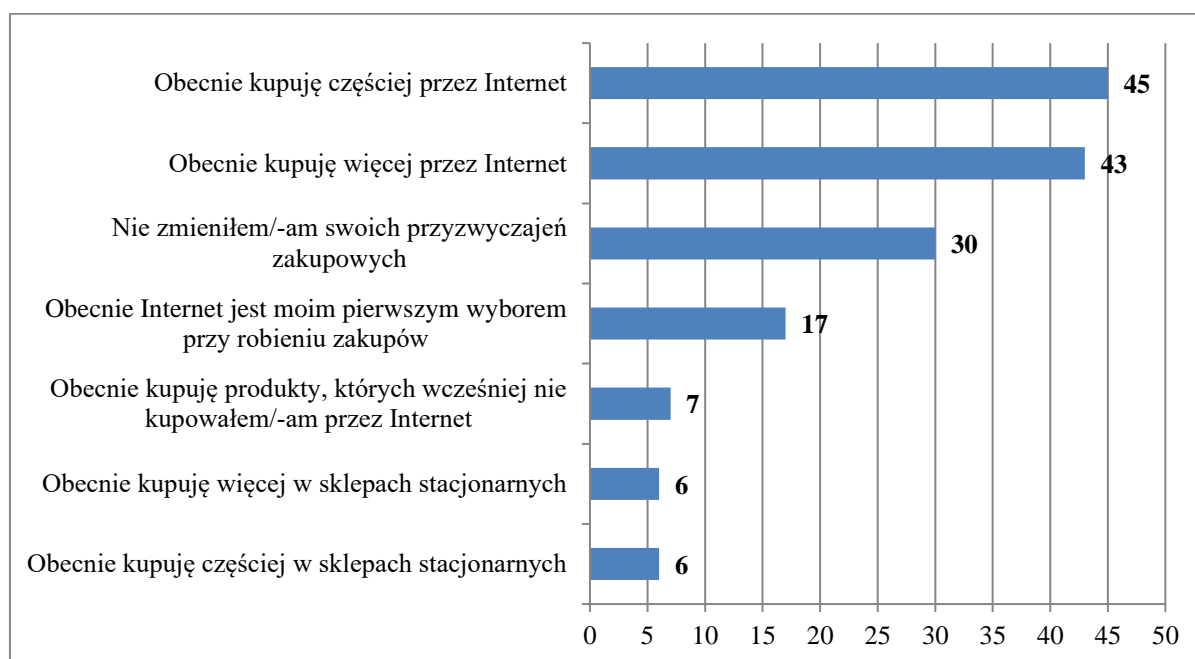
Wyniki ankiety obrazują, że konsumenci doceniają możliwość robienia zakupów w dowolnej chwili z dowolnego miejsca na świecie – najczęściej wybieranymi odpowiedziami były szybkość i wygoda robienia zakupów oraz całodobowa dostępność (odpowiednio 61 i 59 osób wybrało te odpowiedzi). Kolejnymi ważnymi czynnikami mającymi wpływ na decyzję o zakupach online były łatwość porównywania ofert, większy asortyment w porównaniu ze sklepami stacjonarnymi, a także możliwość swobodnego podejmowania decyzji, dzięki brakowi ograniczeń czasowych na podjęcie decyzji. Wielu ankietowanych decydowało się na zakupy w sklepach internetowych z powodu wprowadzonych obostrzeń w sklepach stacjonarnych, np. wprowadzenia limitu klientów przebywających jednocześnie w danym sklepie (maksymalnie 3 osoby na jedną kasę), ograniczonych godzin otwarcia sklepów stacjonarnych oraz wprowadzenia godzin dla seniorów (od 10:00 do 12:00), w których sklepy stacjonarne mogły przyjmować i obsługiwać jedynie osoby powyżej 65. roku życia<sup>9</sup>. Klienci w sklepach stacjonarnych musieli stosować się do obowiązujących obostrzeń, w tym do konieczności

<sup>9</sup> <https://www.gov.pl/web/mswia/nowe-obostrzenia-w-zwiazku-z-epidemia-koronawirusa> (dostęp. 13.04.2023).



przestrzegania zasady DDM (dystans – dezynfekcja – maseczka)<sup>10</sup>, która wymagała od klientów noszenia maseczek ochronnych, zachowania dystansu społecznego oraz regularnego dezynfekowania rąk, aby możliwie jak najbardziej ograniczyć rozprzestrzenianie się koronawirusa. Konsumentów w celu ochrony zdrowia zarówno własnego, jak i całej rodziny zdecydowali się na pozostanie w domach (zgodnie z inicjatywą *#StayAtHome*<sup>11</sup>) i wykonywanie zakupów online.

Na rysunku 14. zobrazowano wpływ pandemii COVID-19 na obecne zachowania zakupowe konsumentów.



Rysunek 14. Wpływ pandemii COVID-19 na obecne zachowania zakupowe  
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

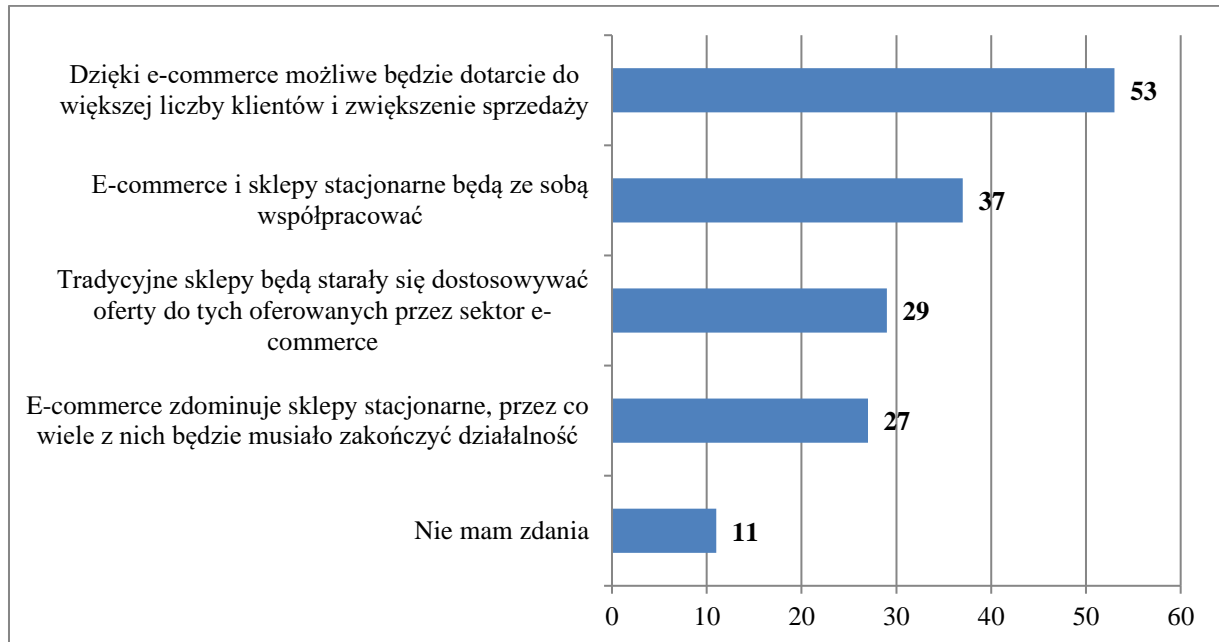
Jak można zauważyć, sklepy internetowe znacznie zyskały na popularności w trakcie trwania pandemii COVID-19. Odpowiednio 45 i 43 osoby wybrały odpowiedzi, że obecnie w jej wyniku kupują częściej i więcej niż w latach 2015-2019, a dla 17 osób Internet obecnie jest pierwszym wyborem przy robieniu zakupów. Siedem osób zauważa, iż obecnie kupuje przez Internet produkty, które wcześniej kupowała jedynie w sklepach stacjonarnych. Spośród ankietowanych 30 osób uważa, iż pandemia nie wpłynęła na zmianę ich przyzwyczajęń zakupowych. Po 6 osób twierdzi, że w wyniku pandemii COVID-19 obecnie kupuje więcej i częściej w sklepach stacjonarnych. Fakt ten może być związany z obostrzeniami, które miały na celu ograniczyć kontakty międzyludzkie. Społeczeństwu po tak długim czasie spędzonym w domu brakowało kontaktu z drugim człowiekiem. Pomimo że zakupy online stają się coraz

<sup>10</sup> <https://www.gov.pl/web/psse-oswiecim/jesienna-strategia> (dostęp. 15.04.2023).

<sup>11</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33400676/> (dostęp 16.04.2023).

bardziej popularne, zakupy w sklepach stacjonarnych wciąż pozostają dla wielu osób ważnym sposobem na nawiązanie kontaktu społecznego.

Respondentów zapytano także o ich opinie na temat przyszłości sektora e-commerce. Wyniki zobrazowano na rysunku 15.



Rysunek 15. Przyszłość e-commerce

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Zgodnie z danymi zgromadzonymi na rysunku 15., ponad połowa badanych jest przekonana, że w przyszłości e-commerce pozwoli na dotarcie do jeszcze większej liczby klientów, a 37 osób twierdzi, że przyczyni się do silniejszej współpracy między sklepami internetowymi i stacjonarnymi. Odpowiednio 29 i 27 ankietowanych zaznaczyło odpowiedzi, świadczące o tym, iż tradycyjne sklepy będą starały się dostosowywać oferty do tych, które proponuje sektor e-commerce oraz uważają, że handel elektroniczny zdominuje sklepy stacjonarne, przez co wiele z nich będzie musiało zakończyć działalność. Spośród ankietowanych 11 osób deklaruje brak zdania w kwestii rozwoju sektora e-commerce.

## 5. Wnioski badawcze

Badanie ankietowe pokazało, że w wyniku pandemii COVID-19 respondenci w większości zmienili swoje zachowania zakupowe. Wprowadzone obostrzenia związane z ograniczeniami w handlu sprawiły, że ludzie zaczęli szukać alternatywy do sklepów stacjonarnych – co znacznie wpłynęło na rozwój sektora e-commerce. Handel elektroniczny staje się coraz bardziej popularny ze względu na to, że zakupy można zrobić w każdej chwili z każdego miejsca – wystarczy mieć jedynie dostęp do Internetu. Mimo problemów m.in. z dostępnością produk-

tów lub opóźnieniem w dostawach, z jakimi często zmagali się konsumenci, odpowiednio 45 i 43 respondentów (z grupy badawczej liczącej 95 osób) obecnie kupuje częściej i więcej przez Internet niż w latach 2015-2019. Problemy te związane były głównie z tym, że znaczna część społeczeństwa nagle zaczęła kupować przez Internet (w celu zaspokojenia zarówno podstawowych potrzeb, jak i pod wpływem impulsu), na co zarówno sklepy internetowe, jak i przedsiębiorstwa dostarczające przesyłki nie były przygotowane.

Wraz z postępującym rozwojem technologicznym, zakupy w sklepach internetowych oferują znaczne korzyści, takie jak: ograniczenie czasu spędzanego na zakupach, większa wygoda, bogatszy wybór produktów oraz możliwość oszczędzania, dzięki programom lojalnościowym dla stałych klientów. Z pewnością można stwierdzić, że w przyszłości sklepy internetowe będą się coraz bardziej rozwijać, aby być w stanie spełniać rosnące wymagania konsumentów.

## **6. Podsumowanie**

Pandemia COVID-19 wpłynęła na cały świat w sposób znaczący, wywołując gwałtowne zmiany w sferze społecznej, ekonomicznej i gospodarczej. Choć większość skutków pandemii była negatywna (np. ze względu na śmierć wielu ludzi i ograniczenia dla gospodarki), można dostrzec także pozytywne aspekty z nią związane – m.in. przyspieszenie postępu technologicznego oraz rozwój sektora e-commerce. W obecnych czasach klienci poszukują takich formatów sklepów, które są jak najbardziej wygodne, bezpieczne i pozwalają zaoszczędzić czas i pieniądze. Ciągły rozwój nowoczesnych technologii, a także rosnący dostęp do sieci internetowej pozwala przedsiębiorstwom dotrzeć z ofertą do konsumenta w bardziej przystępny dla niego sposób. Przedsiębiorstwa powinny dostosowywać się do potrzeb klienta, zapewniając łatwe i przyjemne zakupy oraz budując pozytywne relacje między klientami a marką. Czasy pandemii COVID-19 ukazały, że podmioty gospodarcze powinny być gotowe do wprowadzenia szybkich i elastycznych zmian, które pozwolą im funkcjonować w dynamicznie zmieniającym się środowisku. Wykonywane transakcje wskazują, że handel online obejmuje teraz nie tylko towary luksusowe, ale także produkty codziennego użytku, które są dostępne dla szerokiej grupy odbiorców.

W obecnych czasach Internet służy nie tylko do komunikacji lub szukania różnorodnych form spędzania wolnego czasu. Pandemia COVID-19 przyczyniła się do tego, że Internet stał się przestrzenią, w której z każdego miejsca i w każdej chwili można dokonywać zakupów, bez konieczności pokonywania barier przestrzennych i fizycznego przebywania w sklepie stacjonarnym.

## Literatura

1. Bartczak K., *Bariery rozwojowe handlu elektronicznego*, Wydawnictwo Exante, Wrocław 2016.
2. Feldy M., *Sklepy internetowe. Jak złapać w sieci e-konsumentki i e-konsumentów*, Wydawnictwo JAK, Warszawa 2012.
3. Januszewski A., *Gospodarka elektroniczna – formy elektronicznego biznesu*, „Przegląd Organizacji” 2001, nr 3.
4. Konopielko Ł., Wołoszyn M., Wytrębowski J., *Handel elektroniczny. Ewolucja i perspektywy*, Oficyna Wydawnicza Uczelni Łazarskiego, Warszawa 2016.
5. Kramarz M., *Elementy logistyczne obsługi klienta w sieciach dystrybucji. Pomiar, ocena, strategie*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2014.
6. Pamuła A., *Handel elektroniczny*, [w:] *Spółeczeństwo informacyjne*, red. J. Papińska-Kacperk, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
7. Samuk G., Sidorowicz I., *Wpływ pandemii COVID-19 na zachowania konsumentów*, „Akademia Zarządzania” 2020, nr 3.

## Źródła internetowe

8. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC\\_EC\\_IBUY/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_EC_IBUY/default/table?lang=en) (dostęp 02.04.2023).
9. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc\\_ec\\_ib20/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ib20/default/table?lang=en) (dostęp 02.04.2023).
10. <https://www.gov.pl/web/mswia/nowe-obostrzenia-w-zwiazku-z-epidemia-koronawirusa> (dostęp 13.04.2023).
11. <https://www.gov.pl/web/psse-oswiecim/jesienna-strategia> (dostęp 13.04.2023).
12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33400676/> (dostęp 15.04.2023).
13. <https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/1778,pojecie.html> (dostęp 11.04.2023).
14. [https://www.wto.org/english/thewto\\_e/minist\\_e/mc11\\_e/briefing\\_notes\\_e/bfecom\\_e.htm](https://www.wto.org/english/thewto_e/minist_e/mc11_e/briefing_notes_e/bfecom_e.htm) (dostęp 07.03.2023).

**Karolina Smoliniec, Magdalena Szydelko**

Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogON”

## PROJEKT WIELOKANAŁOWEGO SYSTEMU DYSTRYBUCJI NA PRZYKŁADZIE HIPOTETYCZNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA Z BRANŻY MEBLARSKIEJ

### Streszczenie

Celem artykułu było zaprojektowanie wielokanałowego systemu dystrybucji dla hipotetycznego przedsiębiorstwa z branży meblarskiej. Zakres przestrzenny obejmuje województwo lubelskie. Przybliżono podstawowe zagadnienia związane z dystrybucją, ponieważ stanowi ona jeden z najważniejszych elementów systemu logistycznego. Biorąc pod uwagę specyfikę produkowanych wyrobów przez hipotetyczne przedsiębiorstwo z branży meblarskiej zaproponowano wielokanałowy system dystrybucji, który wykorzystuje zarówno kanały bezpośrednie, jak i pośrednie. Cel został osiągnięty w oparciu o przegląd literatury przedmiotu w postaci pozycji książkowych i artykułów naukowych oraz wnioski dedukcyjne.

**Słowa kluczowe:** dystrybucja, wielokanałowy system dystrybucji, kanały dystrybucji, pośrednicy.

### 1. Wprowadzenie

Kształtowanie przewagi konkurencyjnej jest nierozdzielnie związane z koniecznością stałej rywalizacji przedsiębiorstw o klientów instytucjonalnych i indywidualnych<sup>1</sup>. Głównym celem każdego przedsiębiorstwa jest uzyskanie jak największego zysku. Zysk natomiast ściśle jest związany z wytwarzaniem oraz ze skuteczną sprzedażą dóbr i usług. Za sukcesywne udostępnianie produktów na rynku odpowiada dystrybucja. Najważniejszym zadaniem, które spoczywa na przedsiębiorstwie jest właściwy wybór systemu i strategii dystrybucji dla wytwarzanych wyrobów. Celem artykułu jest więc zaprojektowanie odpowiedniego systemu dystrybucji biorąc pod uwagę specyfikę wytwarzanych wyrobów przez przedsiębiorstwo. Zakres podmiotowy stanowi hipotetyczne przedsiębiorstwo z branży meblarskiej, natomiast zakres przestrzenny obejmuje województwo lubelskie.

Szczególną uwagę w artykule poświęcono dystrybucji, ponieważ stanowi ona istotny element systemu logistycznego przedsiębiorstwa. Wielokanałowy system dystrybucji zaprojektowano z

---

<sup>1</sup> M. Szydelko, *Logistyczna obsługa klienta jako element kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa*, „Logistyka” 2012, nr 5, s. 194.

wykorzystaniem takich metod badawczych jakościowych, jak przegląd literatury i wnioskowanie dedukcyjne.

## 2. Dystrybucja jako istotny element systemu logistycznego przedsiębiorstwa

System logistyczny przedsiębiorstwa to zorganizowany zbiór elementów logistycznych mających odpowiednie cechy, między którymi występuje określona zależność. System łączy obszary produkcji, transportu, magazynowania, a także obiorców, przepływy informacji i strumienie finansowe<sup>2</sup>. Dystrybucja jest jednym z najważniejszych elementów systemu logistycznego przedsiębiorstwa, ponieważ skupia się na przemieszczaniu produktów od producenta do obiorcy po jak najniższym koszcie, uwzględniając przy tym wymagania klienta w zakresie obsługi. Pozwala to na redukcję łącznych kosztów logistycznych, a także wpływa na konkurencyjność przedsiębiorstwa na rynku<sup>3</sup>. Dystrybucja spełnia trzy zasadnicze grupy funkcji<sup>4</sup>:

- funkcje przedtransakcyjne,
- funkcje transakcyjne,
- funkcje potransakcyjne.

Funkcje przedtransakcyjne wyrażają się przez nawiązywanie kontaktów z dostawcami, szeroką promocję produktów, szukanie informacji o kupnie lub sprzedaży. Funkcje transakcyjne to transport i magazynowanie, a także paczkowanie produktów oraz sprzedaż ich pośrednikom i nabywcom finalnym. Funkcje potransakcyjne obejmują działania dostawcze, instalacyjne i naprawcze, badania rynkowe ukierunkowane na stopień zadowolenia klientów, a także przyczyny ich utraty<sup>5</sup>.

Na dystrybucję w ujęciu strukturalnym składają się kanały dystrybucji i dystrybucja fizyczna. Na rys. 1. zaprezentowano strukturę dystrybucji.

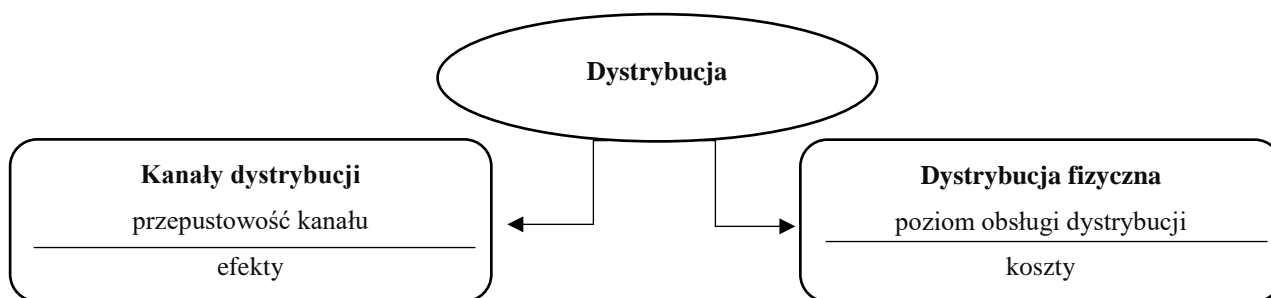
---

<sup>2</sup> I. Pisz, T. Sęk, W. Zielecki, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013, s. 59.

<sup>3</sup> B. Zagożdżon, *Dystrybucja jako istotny element systemu logistycznego przedsiębiorstwa*, „Logistyka” 2011, nr 3, s. 34.

<sup>4</sup> Z. Spyra, *Kanały dystrybucji. Kształtowanie relacji*, CeDeWu, Warszawa 2007, s. 8.

<sup>5</sup> A. Czubała, *Dystrybucja produktów*, PWE, Warszawa 2001, s. 16.



**Rys. 1. Struktura dystrybucji**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Frankowska, M. Jedliński, *Efektywność systemu dystrybucji*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2011, s. 16.

Kanał dystrybucji to ścieżka, jaką dany towar lub usługa obiera od punktu produkcji do ostatecznej konsumpcji. Są też w nią zaangażowane różne podmioty, m.in. osoby lub instytucje. Wybór odpowiedniego kanału dystrybucji przez producenta może wpłynąć na efektywność sprzedaży produktów. Do najważniejszych czynników, na które powinien on zwrócić uwagę przy podejmowaniu tej strategicznej decyzji można zaliczyć:

- cechy produktu, który chce sprzedawać,
- cechy rynku, na który będzie trafiał towar,
- cechy potencjalnych klientów i ich lokalizacja,
- zasoby finansowe przedsiębiorstwa,
- intensywność dystrybucji,
- siłę marki,
- czynniki dotyczące pośredników,
- czynniki dotyczące konkurencji.

Odpowiednie kanały dystrybucji i pośrednicy stanowią tylko część wyborów w zakresie dystrybucji. Ważne jest także, aby odpowiednio zarządzać dystrybucją fizyczną. Dystrybucja fizyczna jest odpowiedzialna za projektowanie i działanie systemu służącego do kontroli ruchu wytworzonych produktów<sup>6</sup>. Transport jest jednym z najdroższych elementów dystrybucji fizycznej. Dotyczy on zarówno przemieszczania surowców do zakładu, jak i wyrobów gotowych na rynek. Kolejnym elementem dystrybucji fizycznej jest planowanie i kontrola zapasów. Przedsiębiorstwo ponosi duże koszty, gdy utrzyma zbyt wysoki poziom zapasów. Z drugiej strony utrzymywanie zbyt niskiego stanu zapasów spowoduje wysokie koszty uzupełniania zapasów i produkcji. Dystrybucja fizyczna dzięki pełnieniu funkcji kontroli zapasów pozwala

<sup>6</sup> S.K. Kapoor, P. Kansal, *Basics Of Distribution Management A Logistical Approach*, Prentice- Hall of India Private Limited, New Delhi 2005, s. 11.

osiągnąć równowagę między tymi dwoma skrajnościami. Kolejną pełnioną funkcją jest magazynowanie, które odnosi się do przechowywania produktów w oczekiwaniu na sprzedaż. Przedsiębiorstwa wykorzystują do tego celu magazyny lub centra dystrybucyjne. Wybór jest dokonywany ze względu na koszt transportu oraz poziom zapasów. Wszystkie te elementy wpływają na to, że dystrybucja fizyczna zapewnia jak największą satysfakcję konsumenta, gwarantując efektywność czasową i lokalizacyjną transportowanych towarów.

W celu udostępniania w określonym miejscu i czasie produktów odbiorcom, producent musi podjąć decyzję w zakresie stopnia intensywności dystrybucji. Wyróżnia się trzy rodzaje dystrybucji:

- dystrybucję intensywną,
- dystrybucję selektywną,
- dystrybucję ekskluzywną (na wyłączność).

Dystrybucja intensywna sprawia, że rynek pokryty jest całkowicie, ponieważ towary są umieszczane we wszystkich możliwych punktach sprzedaży. Są wykorzystywane długie i szerokie kanały, a więc produkty są oferowane przez wielu pośredników. Dystrybucja ta jest stosowana na rynku towarów częstego i powszechnego użytku. Konsument oczekują, że będą mogli je nabyć łatwo, w dogodnych warunkach przy minimalizacji czasu poświęconego na zakup. Zaletą tej dystrybucji jest dotarcie z produktami do jak największej liczby odbiorców, a także brak skomplikowanych wymagań wobec partnerów (pośredników).

Dystrybucja selektywna pokrywa częściowo rynek z powodu konieczności wyboru odpowiednich pośredników. Stosuje się określone kryteria i dokonuje selekcji spośród wszystkich potencjalnych partnerów skłonnych do rozprowadzenia towarów. Produkty są oferowane tylko w określonych miejscach sprzedaży. Taka strategia dotyczy np. zabawek, mebli, odzieży oraz sprzętu RTV i AGD. Klient jest w stanie poświęcić więcej czasu i wysiłku na zakup w przypadku towarów wybieralnych (okresowego zakupu). Jako główne zalety tej dystrybucji można wskazać obniżenie kosztów dystrybucyjnych i kontrolę punktów sprzedaży.

W dystrybucji ekskluzywnej, inaczej wyłącznej producent współpracuje tylko z jednym lub kilkoma pośrednikami w celu rozprowadzenia swoich produktów. Dystrybucja ta ma zastosowanie na rynku towarów epizodycznego zakupu, sprzętu specjalistycznego i produktów luksusowych o dużym prestiżu marki. Wymaga stworzenia odpowiednich warunków do sprzedaży dóbr. Jest stosowana głównie przy sprzedaży samochodów, zegarków i biżuterii. Najważniejszą zaletą jest zredukowane ryzyko handlowe do małej liczby pośredników. Wadą



natomiast mogą być skomplikowane formalności prawne w sytuacji, kiedy pośrednikowi przyznaje się prawo wyłączności sprzedaży towarów na określonym obszarze.

### **3. Założenia funkcjonowania przedsiębiorstwa z branży meblarskiej**

Na potrzeby artykułu przyjmuje się, że Wood sp. z o.o. to nowopowstałe przedsiębiorstwo z branży meblarskiej w województwie lubelskim, które produkuje meble z drewna sosnowego i bukowego. Spółka widnieje w Krajowym Rejestrze Sądowym jako spółka z ograniczoną odpowiedzialnością o numerze NIP: 8831703932, REGON: 881342834, kodzie PKD wykonywanej działalności 31.09. Główna siedziba przedsiębiorstwa mieści się w Lublinie. Przy niej znajduje się jeden z zakładów produkcyjnych, natomiast drugi jest ulokowany w Lubartowie. W zakładach wprowadzono jednolity system informatyczny, którego zadaniem będzie szybszy przepływ danych i informacji niezbędnych do planowania produkcji, zaopatrzenia, prowadzenia właściwej gospodarki magazynowej i realizacji zamówień. Przy zakładach produkcyjnych znajduje się też suszarnia i malarnia proszkowa.

Wszystkie meble będą produkowane zgodnie z najnowszymi rynkowymi trendami. Wood sp. z o.o. posiada bogaty asortyment, w którym znajduje się około 500 produktów. Podstawowym przedmiotem działalności spółki jest produkcja łóżek, krzeseł, stołów, biurek i szaf. W ofercie przedsiębiorstwa znajduje się również szeroki wybór takich mebli ogrodowych, jak stoły, ławy i krzesła. Podmiot dąży do wprowadzenia strategii zintegrowanej, która polega na równoczesnym budowaniu obu przewag konkurencyjnych opartych na wysokiej jakości i niskich kosztach, co będzie wiązać się z poniesieniem dużych nakładów finansowych z powodu inwestycji w nowy sprzęt. Dystrybucja w obszarze transportu mebli odbywa się za pomocą zarówno własnych środków transportu, jak również zewnętrznego dostawcy usług spedycyjnych na zasadach zawartych w umowie handlowej.

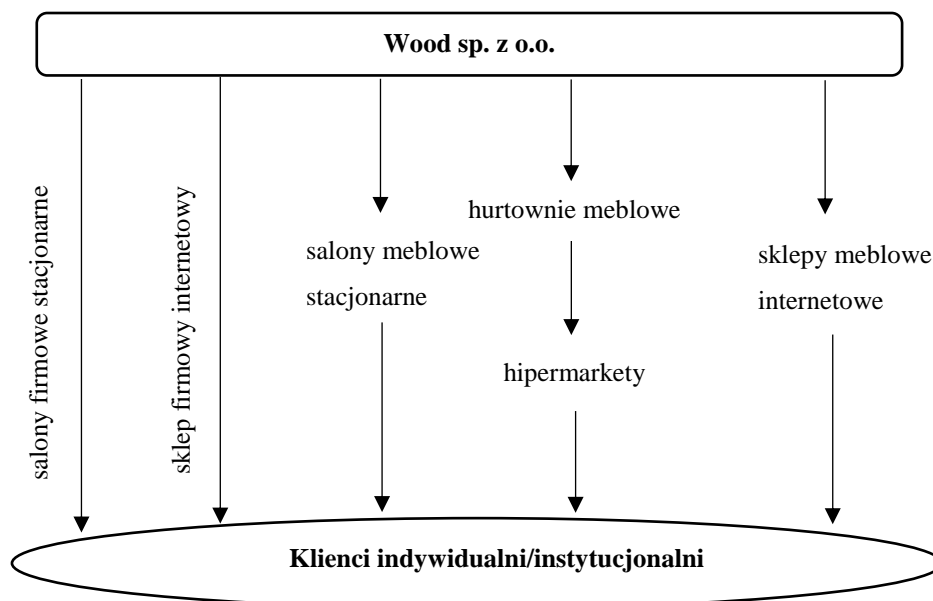
Zakłada się, że początkowa miesięczna produkcja będzie wynosić 5 tysięcy sztuk mebli. Produkty tego producenta mogą zostać użyte do meblowania mieszkań prywatnych, biur, sal konferencyjnych, szkół i lokali gastronomicznych. Przedsiębiorstwo początkowo będzie zatrudniać 30 pracowników. Przedsiębiorstwo zarządzane jest przez dyrektora naczelnego, któremu podlegają kierownik ds. logistyki i kierownik ds. administracji. W przedsiębiorstwie wyodrębniono działy zaopatrzenia, produkcji, transportu i dystrybucji, kontroli jakości, marketingu oraz kadr i płac. Dział zaopatrzenia będzie zajmować się sprawnymi dostawami materiałów i prowadzeniem przemyślanej gospodarki materiałowej. Dział produkcji ma za zadanie opracowywanie konstrukcji poszczególnych elementów oraz całości wyrobu, a także

procesów technologicznych przebiegu produkcji. Dział produkcji jest wspierany przez dział kontroli jakości. Wzajemna współpraca sprzyjać ma wysokiej jakości produktów uzyskanych przy maksymalnym wykorzystaniu możliwości przerobowych i wytwórczych. Do działu transportu i dystrybucji należy realizacja przewozów zgodnie z potrzebami przedsiębiorstwa oraz kontrola kosztów zbytu i eksportu oraz nadzorowanie przepływu towarów, w szczególności od miejsca produkcji do klienta. Dział marketingu będzie odpowiedzialny za analizę potrzeb rynkowych, przygotowanie odpowiedniej strategii promocji i budowanie długofalowych relacji biznesowych z klientami. Dział kadr i płac zajmować się będzie prowadzeniem rozliczeń i akt pracowniczych.

#### **4. Wielokanałowy system dystrybucji dla przedsiębiorstwa z branży meblarskiej**

Realizacja szybkiej i efektywnej dystrybucji jest możliwa jedynie przy wykorzystaniu odpowiednich strategii oraz doborze pośredników, którzy aktywnie będą brać udział w dostarczeniu klientowi wyrobu w odpowiednim czasie, miejscu, ilości, jakości i w określonej cenie. Sieć dystrybucyjna pełni istotną rolę w procesie przepływu produktu od dostawcy do końcowego odbiorcy, a jako istotny element logistyki dystrybucji powinna zapewniać realizację wszystkich czynności, które mają związek z zaopatrzeniem klienta w wyroby gotowe, bezpośrednio w wyniku procesu produkcyjnego lub z magazynów zbytu, bez względu na stopień zróżnicowania procesów dystrybucji realizowanych przez przedsiębiorstwa. Decyzje o tym, czy korzystać z usług pośredników czy sprzedawać oferowany produkt bezpośrednio ostatecznemu nabywcy, mają istotne znaczenie dla przedsiębiorstwa. Mają one zasadniczy związek z jego podstawową działalnością i wynikają przede wszystkim z prowadzonej strategii oraz intensywności rozmieszczania produktów na rynku.

Przedsiębiorstwo Wood biorąc pod uwagę specyfikę produkowanych wyrobów zdecydowało się wprowadzić wielokanałowy system dystrybucji do rozprowadzania swoich produktów. Na rys. 2. zaprezentowano ujęcie ogólne kanałów dystrybucji przedsiębiorstwa Wood.

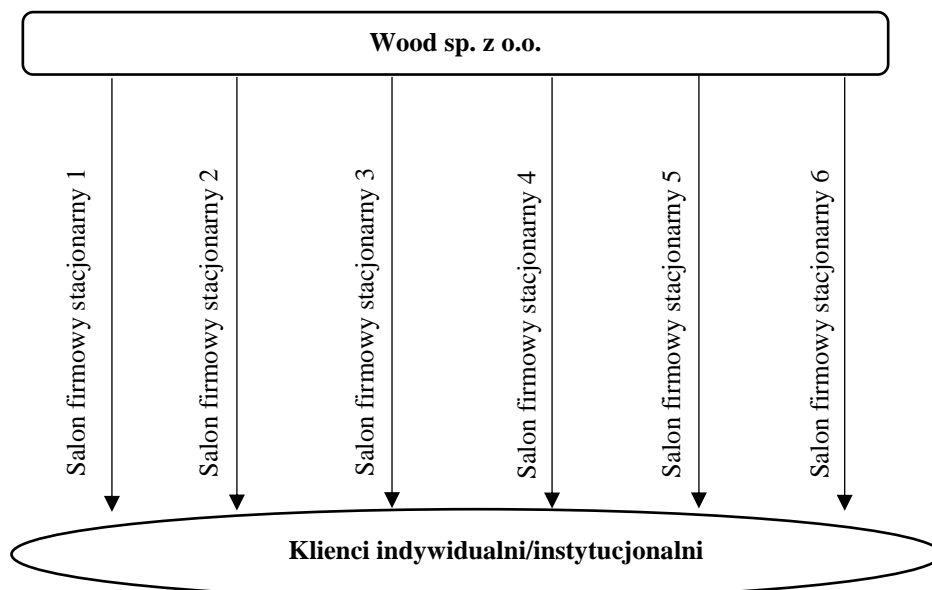


**Rys. 2. Ujęcie ogólne kanałów dystrybucji Wood sp. z o.o.**

Źródło: opracowanie własne.

Zakłada się, że przedsiębiorstwo umożliwi klientom bezpośredni zakup mebli od producenta lub z wykorzystaniem różnych pośredników. Struktura dystrybucji w omawianym przedsiębiorstwie wykorzystuje zatem kanały pośrednie i bezpośrednie, w tym cztery kanały krótkie i jeden długi.

Pierwszym z analizowanych kanałów jest kanał bezpośredni, co oznacza, że przedsiębiorstwo będzie prowadzić sprzedaż we własnym zakresie. Klient ma możliwość dokonywania zakupów bezpośrednio w salonach firmowych stacjonarnych. Szczegółowe ujęcie graficzne pierwszego kanału dystrybucji zaprezentowano na rys. 3.



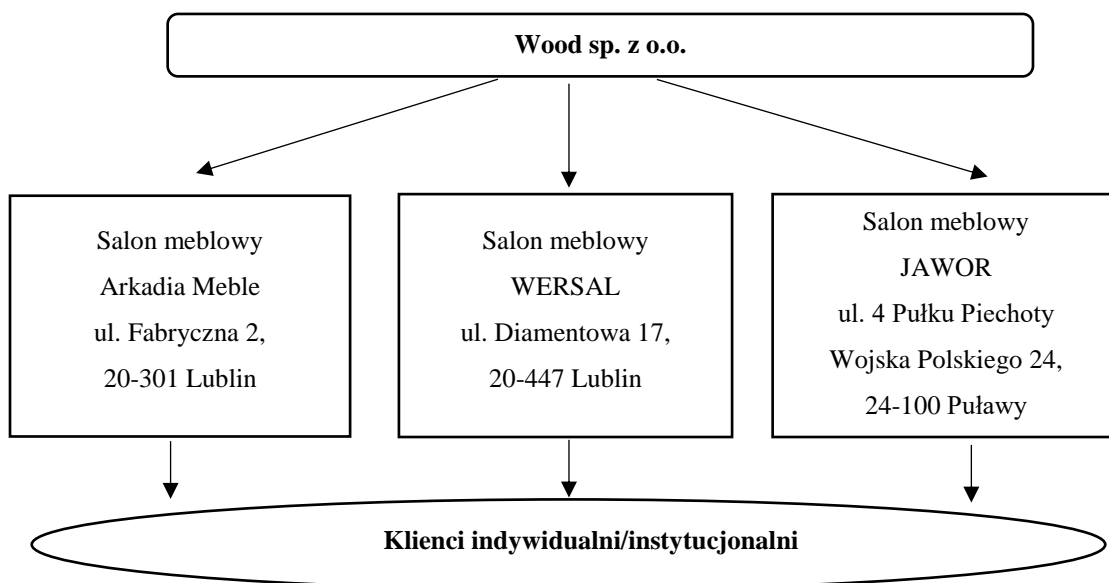
**Rys. 3. Kanał bezpośredni wykorzystujący salony firmowe stacjonarne**

Źródło: opracowanie własne.

Wood sp. z o.o. planuje otworzyć 6 salonów firmowych stacjonarnych w województwie lubelskim. Sklepy te będą zaopatrywane przez nowopowstałe centrum dystrybucji. Stosowanie kanału bezpośredniego umożliwia pełną kontrolę nad sprzedażą wytworzonych produktów, cenami oraz poziomem usług świadczonych końcowym nabywcom. Zaletą jest także szybki dwukierunkowy obieg informacji rynkowych pomiędzy producentem a jego klientami.

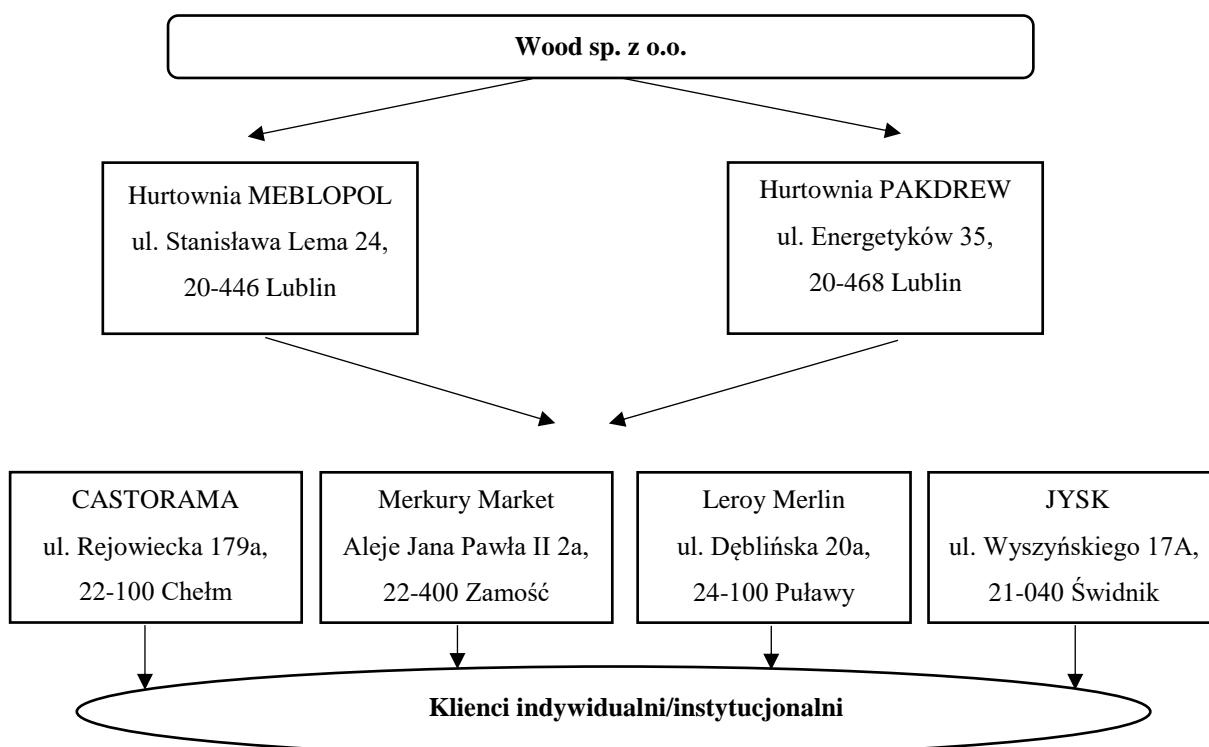
Istnieje również możliwość utworzenia własnego sklepu internetowego (drugiego bezpośredniego kanału dystrybucji). Zarówno klienci indywidualni, jak i instytucjonalni mogliby wówczas dokonać zamówienia za pośrednictwem strony internetowej, która będzie zintegrowana z systemem magazynowym w centrum dystrybucji, stąd zamawiający otrzyma natychmiastową informację o dostępności danego produktu. Zakłada się, że czas realizacji wysyłki będzie wynosił maksymalnie 3 dni. Dostawy byłyby realizowane na podstawie zlecenia internetowego i dostarczane za pomocą przedsiębiorstwa kurierskiego pod wskazany przez klienta adres na terenie całej Polski. Przedsiębiorstwo posiada także własną flotę samochodową (2 samochody dostawcze), dlatego na terenie całego województwa lubelskiego gwarantuje bezpłatny transport. Posiadanie własnej platformy sprzedażowej to dobre rozwiązanie w dobie rozwijającej się sprzedaży online. Założenie internetowego sklepu z meblami jest przede wszystkim o wiele tańszym rozwiązaniem niż inwestycja w tradycyjny sklep stacjonarny. Sklep internetowy umożliwia producentowi dotarcie do większej liczby klientów. Sklep internetowy jest czynny 24 h, dlatego producent nie jest ograniczony czasowo w sprzedawaniu swoich produktów. Dla klienta największą zaletą jest oszczędność czasu i pieniędzy. Zakupy online nie wymagają pokonania barier przestrzennych i dojechania do salonu meblowego, a następnie spędzenia czasu na wyborze odpowiedniego mebla. Również ceny mebli w ofercie online są zazwyczaj znacznie niższe niż w sklepach stacjonarnych.

Wood sp. z o.o. zastosuje również kanały pośrednie, co oznacza, że przedsiębiorstwo w celu dotarcia do większej grupy klientów będzie korzystać z pomocy pośredników. W ten sposób podjęto próbę rozwiązania problemu związanego z luką przestrzenną na linii przedsiębiorstwo – klient. Na rys. 4. zaprezentowano ujęcie szczegółowe kanału wykorzystującego pośredników, którymi są stacjonarne salony meblowe znajdujące się na terenie województwa lubelskiego.



**Rys. 4. Kanał pośredni krótki z wykorzystaniem salonów meblowych stacjonarnych**  
Źródło: opracowanie własne.

Kanał ten jest kanałem krótkim, dlatego charakteryzuje się występowaniem tylko jednej kategorii pośrednika. Wood sp. z o.o. nawiązuje współpracę z trzema salonami meblowymi stacjonarnymi. Dwa z nich znajdują się w Lublinie, jeden zaś w Puławach. Kanał pośredni ułatwia ekspansję producenta na nowe, dotychczas niedostępne dla niego rynki oraz pomaga w zintensyfikowaniu sprzedaży dotychczasowego produktu.

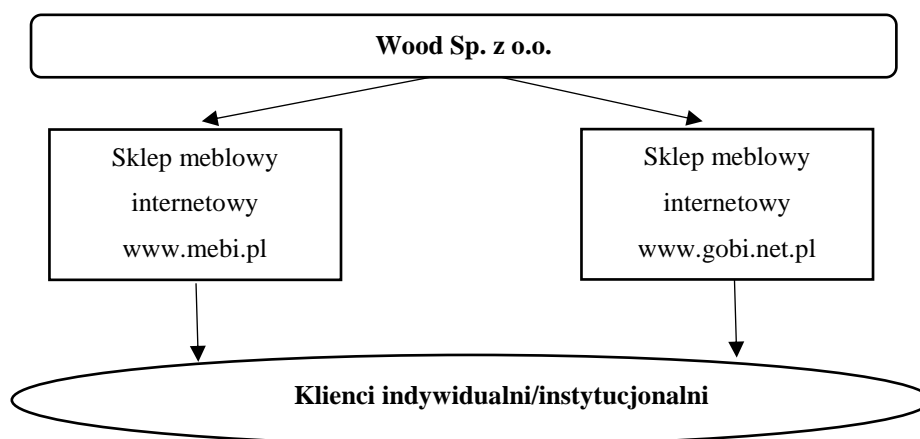


**Rys. 5. Kanał pośredni długi z dwoma ogniwami pośredników**  
Źródło: opracowanie własne.

Kolejny kanał pośredni jest kanałem długim, w którym występują dwa ogniwa pośredników. Na rys. 5. zaprezentowano ujęcie szczegółowe tego kanału.

Dystrybucja poprzez hurtowników będzie polegać na powierzeniu przez producenta dystrybucji pośrednikom handlowym zwanym hurtownikami. Dzięki hurtowniom producenci mogą dotrzeć ze swoimi towarami do różnych hipermarketów. Wykorzystując ten kanał następuje zmniejszenie ryzyka związanego ze sprzedażą produktów poprzez przeniesienie jego części na pośredników. Hurtownicy stanowią ważne źródło informacji, pomagają w promocji oraz w kreowaniu marki produktów, a także zwalniają producenta od kosztów magazynowania. Hipermarkety zaś dają możliwość dotarcia do większej liczby klientów.

Przedsiębiorstwo Wood będzie oferować swoje produkty wykorzystując również dwa sklepy meblowe internetowe. Na rys. 6. zaprezentowano szczegółowe ujęcie ostatniego kanału pośredniego.



**Rys. 6. Kanał pośredni krótki z wykorzystaniem internetowych sklepów meblowych**

Źródło: opracowanie własne.

Internetowe sklepy meblowe skupiają oferty różnych producentów mebli. Klient może porównać ceny, materiał i wybrać produkt spełniający jego wymagania. Dla producenta korzystanie z takiego rozwiązania daje szansę dotarcia do klientów rozproszonych po całej Polsce. Może także na bieżąco obserwować oferty konkurencji i reagować na zmiany rynkowe poprzez oferowanie swoich produktów po bardziej konkurencyjnej cenie.

## 5. Podsumowanie

Właściwe zaprojektowanie systemu dystrybucji jest dużym wyzwaniem dla przedsiębiorstwa. Wybór odpowiedniego kanału dystrybucji zależy od przyjętej polityki obsługi klienta, specyfiki produktów, charakteru działalności przedsiębiorstwa oraz oczekiwań klientów.

W artykule zaprezentowano wybrane elementy wielokanałowego systemu dystrybucji dla hipotetycznego przedsiębiorstwa z branży meblarskiej biorąc pod uwagę specyfikę wytwarzanych wyrobów. Przedsiębiorstwo umożliwi klientom zakup mebli od producenta w sklepach firmowych lub z wykorzystaniem różnych pośredników. Struktura dystrybucji w omawianym przedsiębiorstwie wykorzystuje zatem kanały pośrednie i bezpośrednie. Bezpośredni kanał oznacza dystrybucję produktów poprzez stacjonarne salony firmowe i własną stronę internetową. Rozpoczęcie produkcji oraz wejście na nowy rynek przyczyni się do nawiązania współpracy z takimi pośrednikami, jak hurtownie meblowe, salony meblowe stacjonarne i salony meblowe internetowe. Kanał bezpośredni pozwoli przedsiębiorstwu dostosować się do potrzeb odbiorców i umożliwi świadczenie usług na najwyższym poziomie. Wykorzystując kanały pośrednie przedsiębiorstwo ma możliwość nie tylko dotarcia do większej grupy odbiorców, ale i podziału ryzyka i kosztów dystrybucji z partnerami.

## Literatura

1. Czubała A., *Dystrybucja produktów*, PWE, Warszawa 2001.
2. Frankowska M., Jedliński M., *Efektywność systemu dystrybucji*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2011.
3. Kapoor S.K., Kansal P., *Basics Of Distribution Management A Logistical Approach*, Prentice- Hall of India Private Limited, New Delhi 2005.
4. Pisz I., Sęk T., Zielecki W., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.
5. Spyra Z., *Kanały dystrybucji. Kształtowanie relacji*, CeDeWu, Warszawa 2007.
6. Szydełko M., *Logistyczna obsługa klienta jako element kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa*, „Logistyka” 2012, nr 5.
7. Zagożdżon B., *Dystrybucja jako istotny element systemu logistycznego przedsiębiorstwa*, „Logistyka” 2011, nr 3.





**Aleksandra Raduj, Magdalena Szydelko**  
Studenckie Koło Naukowe Logistyków „LogON”

## **Analiza procesu transportu produktów spożywczych**

### **Streszczenie**

Transport żywności, w szczególności tej szybko psującej się, jest specyficzną gałęzią w branży spedycyjnej. Jest to spowodowane dodatkowymi wymaganiami, jakie muszą zostać spełnione zarówno podczas organizacji operacji transportowej, jak i podczas fizycznego przemieszczania ładunku. Celami artykułu są: przedstawienie wybranych aspektów prawnych związanych z transportem artykułów spożywczych, dokonanie charakterystyki pojazdów wykorzystywanych na potrzeby tego procesu oraz zaprezentowanie jego przebiegu. W pierwszej kolejności skupiono się na wszystkich wymaganych aspektach prawnych, zarówno krajowych jak i międzynarodowych. Poruszono kwestię pojazdów wykorzystywanych podczas transportu. Dokonano ich charakterystyki oraz zwrócono uwagę na specjalne warunki, które zapewniają bezpieczeństwo żywności. Scharakteryzowano również przebieg procesu transportowego z uwzględnieniem różnic występujących podczas fizycznego przemieszczania artykułów spożywczych. Na potrzeby artykułu wykorzystano takie metody badawcze, jak: analiza piśmiennictwa krajowego i zagranicznego oraz wnioskowanie dedukcyjne.

**Słowa kluczowe:** logistyka, transport, konwencja ATP, produkty spożywcze.

### **1. Wprowadzenie**

Rynek spożywczy jest jednym z najbardziej kontrolowanych sektorów w gospodarce, nie tylko w obszarze produkcji, ale również w zakresie dystrybucji artykułów spożywczych. Jakikolwiek odchylenia od normy mogą spowodować znaczne obniżenie jakości przewożonej żywności lub nawet jej całkowite zepsucie, co z kolei wiąże się z ogromnymi stratami finansowymi a nawet narażeniem zdrowiem konsumentów. Aby temu zapobiec wprowadzono wiele regulacji i konwencji międzynarodowych, które regulują warunki, w jakich powinny być produkowane i przewożone produkty spożywcze. Silne oddziaływanie globalizacji na rozwój krajów i regionów świata, czyli przede wszystkim na ich gospodarki i społeczeństwa sprawiło, że transport stał się podstawową gałęzią gospodarki światowej. Od niego zależy w dużym stopniu zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego na świecie. Jak wykazał wstępny raport Ministerstwa Finansów, eksport artykułów rolno-spożywczych w Polsce w 2022 roku wyniósł ponad 222,9 mld zł, a import 150,1 mld zł<sup>1</sup>. W kontekście logistyki najważniejsze jest, aby transport odbywał się w jak najkrótszym czasie, z wykorzystaniem odpowiednio przystosowanej i wyposażonej floty transportowej.

---

<sup>1</sup> *Polski handel zagraniczny towarami rolno-spożywczymi w 2022 r. (dane wstępne)*, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa 2023, s. 1, 13.

Celami artykułu są: przedstawienie wybranych aspektów prawnych związanych z transportem artykułów spożywczych, dokonanie charakterystyki pojazdów wykorzystywanych na potrzeby tego procesu oraz zaprezentowanie jego przebiegu.

Postawione cele zdeterminowały wybór takich metod badawczych, jak: analiza piśmiennictwa krajowego i zagranicznego oraz wnioskowanie dedukcyjne.

## 2. Aspekty prawne w transporcie artykułów spożywczych

Przedsiębiorstwo transportowe, które chce działać na rynku zajmującym się transportem artykułów spożywczych, musi być na bieżąco z najnowszymi regulacjami prawnymi, a te są systematycznie zmieniane i modyfikowane. Najważniejsze podczas transportu jest utrzymanie bezpieczeństwa żywności, poprzez dostosowanie się do prawa krajowego i międzynarodowego oraz utrzymanie odpowiedniego stanu eksploatacyjnego pojazdów. W ustawie z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia zdefiniowano bezpieczeństwo żywności jako ogół warunków i działań, które muszą zostać spełnione, aby chronić zdrowie i życie człowieka<sup>2</sup>.

Do czynników, które zapewniają bezpieczeństwo transportowanej żywności należą m.in.<sup>3</sup>:

- zapewnienie prawidłowych warunków transportu,
- wykorzystanie sposobu gwarantującego odpowiednie zabezpieczenie ładunku,
- presja czasu,
- ciągły nadzór,
- odpowiedni sprzęt i wyposażenie,
- ciągła ochrona przed szkodnikami i zanieczyszczeniami.

Rozporządzenie, które określa konkretne zasady sanitarne dotyczące transportu żywności w Polsce zostało ustanowione przez Ministra Zdrowia 19 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań sanitarnych dotyczących środków transportu żywności, substancji pomagających w przetwarzaniu, dozwolonych substancji dodatkowych i innych składników żywności. Opisano tam wymogi stawiane środkom transportu, jak powinny być zbudowane, oznakowane, czyszczone – w tym dezynfekowane – oraz wymogi, które należy spełnić podczas samego przewozu żywności<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225, z późn. zm.).

<sup>3</sup> M. Satora, M. Szkoda, *Zapewnienie jakości i bezpieczeństwa produktów żywnościowych w transporcie drogowym*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2019, nr 6, s. 86.

<sup>4</sup> Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań sanitarnych dotyczących środków transportu żywności, substancji pomagających w przetwarzaniu, dozwolonych substancji dodatkowych i składników żywności (Dz. U. 2003 nr 21 poz. 179, z późn. zm.).

Przepisy krajowe nie są jedynymi, które muszą przestrzegać polscy przewoźnicy. Obowiązują ich również przepisy międzynarodowe, w tym wydane przez Unię Europejską. Jednym z takich rozporządzeń i na ten moment podstawowym jest rozporządzenie (WE) o nr 178/2002, w którym opisano ogólne zasady dotyczące norm żywnościowych, a tym samym zabezpieczając interesy konsumenta<sup>5</sup>. Kolejnym jest rozporządzenie (WE) nr 852/2004 dotyczące higieny środków spożywczych. Podkreślono w nim, że obowiązkiem i odpowiedzialnością za bezpieczeństwo żywności są obarczone przedsiębiorstwa z sektora spożywczego, jednak odpowiednie warunki powinny być zapewnione podczas całego łańcucha produkcji i dystrybucji. W rozdziale IV Załącznika nr II do niniejszego Rozporządzenia skupiono się jedynie na sferze transportu. Wypisano 7 ogólnych zasad, które muszą być przestrzegane<sup>6</sup>:

- pojazdy muszą być utrzymane w czystości i dobrej kondycji technicznej i w miarę możliwości zaprojektowane tak, aby ułatwić odpowiednie czyszczenie i dezynfekcję,
- pojemniki, w których jest transportowana żywność nie mogą być używane do transportowania czegokolwiek innego, jeśli istniałoby prawdopodobieństwo zanieczyszczenia,
- środki spożywcze w postaci płynu, granulatu lub proszku muszą być przewożone w pojemnikach, które są odpowiednio oznaczone w wyraźny i nieścieralny sposób w minimum jednym języku Wspólnoty,
- jeśli pojemniki zostały użyte do przewożenia czegokolwiek innego niż środki spożywcze lub do przewożenia innych środków spożywczych, powinny zostać dokładnie wyczyszczone, aby uniknąć zanieczyszczenia,
- same środki spożywcze w transporterach muszą być tak rozmieszczone i zabezpieczone, żeby nie dopuścić do zanieczyszczenia,
- jeżeli istnieje taka potrzeba, transportery powinny być przystosowane do utrzymania odpowiedniej temperatury oraz kontrolowania jej.

Nadrzędnymi celami przytoczonych regulacji są ochrona życia i zdrowia konsumentów oraz utrzymanie jak najwyższej jakości przewożonych artykułów. Jednak do sprawnego funkcjonowania jest potrzebna również stała kontrola i monitorowanie przestrzegania narzuconych zasad i norm. Są potrzebne również nowe rozwiązania usprawniające. Naprzeciw

---

<sup>5</sup> Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 28 stycznia 2002r. ustanawiające ogólne zasady i wymogi prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywnościowego oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.

<sup>6</sup> Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych.

temu wyzwaniu wyszła Światowa Organizacja Zdrowia, która po raz trzeci opublikowała Globalną Strategię Bezpieczeństwa Żywności na lata 2022-2030. Głównym celem jest wzmocnienie działania krajowych systemów bezpieczeństwa żywności i międzynarodowej współpracy<sup>7</sup>.

## 2.1. Konwencja ATP

Konwencja ATP jest traktatem Organizacji Narodów Zjednoczonych ogłoszonym w 1970 r. Ustanawia ona normy, które dotyczą międzynarodowego transportu żywności łatwo psującej się<sup>8</sup>. Zalicza się do niej przede wszystkim mięso, ryby, nabiał, produkty mrożone, owoce i warzywa. Z uwagi na ciągły rozwój technologii konwencja jest aktualizowana co kilka lat. Obecnie obowiązuje wersja z lipca 2020 r. Do tego momentu została ratyfikowana przez 50 państw, z których większość to kraje europejskie, w tym Polska uczyniła to w 1984 r. Co istotne, umowa ta nie dotyczy jedynie transportu drogowego, ale również kolejowego i morskiego. Określa ona skrupulatne wymagania, które dotyczą<sup>9</sup>:

- temperatury przechowywania i transportu,
- stanu technicznego i wyposażenia danego pojazdu,
- kontroli, czy środki transportu chłodzone lub ocieplane spełniają odpowiednie normy,
- procedury i sposobu pomiaru oraz kontroli wykorzystywanych urządzeń grzewczych i chłodniczych.

Każdy środek transportu, który jest wykorzystywany do przewozu żywności w ramach konwencji ATP, musi mieć aktualny certyfikat ATP. Świadectwo zgodności środka transportu z normami wystawiają w Polsce dwa ośrodki: Centralny Ośrodek w Krakowie oraz Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

## 2.2. System HACCP

System HACCP to logiczny system tworzony w celu kontroli żywności opierający się głównie na profilaktyce. Dzięki zidentyfikowaniu, gdzie w procesie może wystąpić zagrożenie, istnieje możliwość wprowadzenia niezbędnych środków, które zapobiegą negatywnemu wpływowi na konsumenta. Oryginalnie system został opracowany w latach 60. XX wieku przez przedsiębiorstwo The Pillsbury Company, która wraz z NASA i laboratorium armii Stanów

---

<sup>7</sup> WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation, World Health Organization, Genewa 2022.

<sup>8</sup> A. Tümenbatur, M. Tanyaş, *ATP convention effects on food supply chain*, XIV. International Logistics And Supply Chain Congress, Proceedings, Izmir 1-2 December 2016, s. 494.

<sup>9</sup> Umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów (ATP), przyjęta w Genewie dnia 1 września 1970 r. (Dz.U. 2015 poz. 667).

Zjednoczonych współpracowały w celu stworzenia bezpiecznej żywności wykorzystywanej podczas przyszłych lotów kosmicznych<sup>10</sup>. Głównym jego celem jest utrzymanie wysokiej jakości żywności, głównie poprzez identyfikację możliwych zagrożeń. Ma on również za zadanie w jak najwyższym stopniu ograniczyć występowanie jakiegokolwiek ryzyka, a w razie niepowodzenia, ustalenie działań, które w przyszłości temu zapobiegną. Komisja Kodeksu Żywnościowego wraz ze Światową Organizacją Zdrowia przedstawiła 7 zasad HACCP. Należą do nich<sup>11</sup>:

1. Zlokalizowanie zagrożeń.
2. Wyznaczenie krytycznych punktów kontrolnych (CCP).
3. Ustalenie parametrów granic krytycznych.
4. Określenie systemu monitorowania CCP.
5. Określenie działań korygujących.
6. Określenie procedur weryfikacji.
7. Określenie sposobu dokumentacji procedur i zapisów.

### 2.3. IFS Logistics

Bardzo mocno z branżą transportową jest związana norma IFS Logistics opracowana w 2003 r. przez francuskie i niemieckie komercyjne przedsiębiorstwa spożywcze. Najnowsza wersja standardu weszła w życie 1 października 2021 r. i jest to IFS Logistics 2.3. Jest to norma skierowana głównie do przedsiębiorstw świadczących usługi transportowe oraz przechowywania żywności. Cały system jest oparty na następujących zasadach: usystematyzowanie całej logistyki, podjęcie działań prewencyjnych, które będą zapobiegać zagrożeniom żywności, wspieranie autentyczności pochodzenia produktów, polepszenie komunikacji między ogniwami w łańcuchu dostaw, a przede wszystkim wzrost zaufania pomiędzy dostawcami, konsumentami a organami kontrolnymi<sup>12</sup>. System obejmuje nie tylko transport, ale również obszary magazynowe, tymczasowego składowania, załadunku i rozładunku oraz wszystkie związane z tym operacje logistyczne. Dzięki usystematyzowaniu wszystkich etapów, proces może przebiegać wydajniej i z większą niezawodnością, co zwiększa z kolei bezpieczeństwo i przejrzystość oceny systemu. Ponadto certyfikacja IFS Logistics poprawia wizerunek przedsiębiorstwa, co może zwiększyć przewagę konkurencyjną na rynku. Zarówno dostawcy, jak i odbiorcy są świadomi, że wykonywana usługa jest na najwyższym poziomie bezpieczeństwa i jakości.

---

<sup>10</sup> S. Mortimore, C. Wallace, *HACCP A Practical Approach Third Edition*, Springer, New York 2013, s. 2-4.

<sup>11</sup> S. Ziajka, W. Dzwolak, *Praktyczny audit systemu HACCP*, Masterpress, Olsztyn 2000, s. 10.

<sup>12</sup> N. Jagodzińska, *Application of food safety systems in the transport industry*, „Research Journal Of The University Of Gdańsk. Transport Economics and Logistics” 2017, nr 71, s. 150.

### **3. Charakterystyka pojazdów wykorzystywanych do transportu produktów spożywczych**

Każde przedsiębiorstwo transportowe specjalizujące się w przewożeniu żywności powinno posiadać odpowiednią flotę transportową. Jest to spowodowane tym, że głównym celem jest zapewnienie, iż produkt dotrze do finalnego konsumenta w nienaruszonym stanie. Dlatego też zazwyczaj stosuje się transport w kontrolowanych warunkach. W chłodniach dodatkowo jest wymagany system ciągłego monitorowania temperatury. Po każdym transporcie komora ładunkowa musi być dokładnie czyszczona i dezynfekowana.

Aby odpowiednio dopasować warunki do przewożonego ładunku, jest potrzebne duże zróżnicowanie dostępnych na rynku środków transportu. Przyjmuje się ich podział na:

- chłodnie, czyli pojazdy z mechanizmem chłodniczym,
- pojazdy z oprzyrządowaniem ogrzewczym,
- pojazdy typu cysterna,
- izotermy, czyli pojazdy transportowe izotermiczne,
- lodownie, czyli pojazdy ze zbiornikiem zimna.

Każdy z wymienionych powyżej pojazdów, charakteryzuje się inną budową i termoizolacją, które bezpośrednio wpływają na późniejszą jakość produktu. Ich charakterystykę zaprezentowano w tabeli 1.

Każdy pojazd, który ma zostać wykorzystany do transportu żywności, musi być zatwierdzony przez Państwowy Inspektorat Sanitarny. Ponadto, jeśli pojazd ma przewozić mięso lub inne wyroby pochodzenia zwierzęcego, musi być również zatwierdzony w Głównym Inspektoracie Weterynaryjnym. Kierowca, który przewozi żywność dodatkowo musi posiadać aktualną książeczkę do celów sanitarno-epidemiologicznych. Jest wymagane również dobrze widoczne i nieścieralne oznakowanie takiego środka transportu.

Tabela 1. Charakterystyka pojazdów do transportu żywności

	<b>Chłodnie</b>	<b>Pojazdy z oprzyrządowaniem ogrzewczym</b>	<b>Pojazdy typu cysterna</b>	<b>Izotermy</b>	<b>Lodownie</b>
<b>Budowa</b>	a) konstrukcja warstwowa, termoizolacyjna, b) maksymalne obciążenie: 22 t, c) wymiary obszaru ładunkowego: 82 - 92 m <sup>3</sup> , d) szerokość: 2,42 - 2,45 m, e) wysokość: 13,2 - 13,5 m.	Konstrukcja oparta na izolacji termicznej.	a) zbiornik ze stali kwasoodpornej nierdzewnej, b) objętość około 30 m <sup>3</sup> .	Termoizolujące ściany, dach, podłoga i drzwi.	Izolowane w sposób termiczny.
<b>Temperatura</b>	a) klasa A: 12°C - 0°C, b) klasa B: 12°C - (-10)°C, c) klasa C: 12°C - (-20)°C, d) klasa D: poniżej 0°C, e) klasa E: poniżej -10°C, f) klasa F: poniżej -20°C.	Nie niższa niż 12°C.	W zależności od wymagań produktu.	W granicach: 0°C - 16°C.	a) klasa A - 7°C, b) klasa B - (-10)°C, c) klasa C - (-20)°C, d) klasa D - 0°C.
<b>Utrzymanie temperatury</b>	Ciągle.	Minimum 12 godzin.	Ciągle.	Ciągle.	Minimum 12 godzin.
<b>Użyty mechanizm</b>	Urządzenie chłodnicze.	Mechanizm ogrzewczy.	Możliwe jest posiadanie systemu grzewczego lub systemu chłodzenia w zależności od potrzeb produktu.	Brak agregatów – stała temperatura.	a) brak urządzeń mechanicznych, b) używane czynniki: <ul style="list-style-type: none"> <li>• skroplony gaz,</li> <li>• lód naturalny,</li> <li>• płyta eutektyczna,</li> <li>• suchy lód.</li> </ul>
<b>Przewożona żywność</b>	Np. mięso w różnych postaciach, świeże owoce i warzywa, lody, mrożonki, ciastka, słodycze, rośliny.	Wybrane owoce i warzywa.	Produkty płynne.	Nabiał, owoce, świeże wędliny, ale również pieczywo na krótkich dystansach.	Np. żywność zamrożona i głęboko mrożona, lody, koncentraty soków owocowych, ryby, podroby.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Satora, M. Szkoda, *Zapewnienie jakości ...*, op. cit., s. 88-89; A. Krzewińska, K. Matysek, *Wymagania stawiane środkom transportu żywności*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2012, nr 5, s. 243-244; <https://edu.trans.eu/wydarzenie/izoterma> (dostęp: 27.03.2023).

Transportując żywność szybko psującą się jest konieczne stosowanie się do umowy ATP, która określa dokładne warunki panujące podczas trasy. Pojazdy muszą posiadać<sup>13</sup>:

- ogrzewanie, które zapewni utrzymanie odpowiedniej temperatury do minimum 12 godzin,
- spełnienie wymagań dotyczących izolacji cieplnej, w tym izolacji termicznej ścian,
- mechaniczne chłodzenie, które dostosuje temperaturę do konkretnych wymagań przewożonego towaru.

#### 4. Przebieg procesu transportowego

Głównym zadaniem spoczywającym na przedsiębiorstwach transportowych i spedycyjnych jest organizowanie procesu transportowego dopasowanego do konkretnych wymagań ładunku. Podstawowym celem jest przemieszczenie ładunku z punktu początkowego do punktu końcowego. W trakcie procesu do zrealizowania jest wiele dodatkowych czynności, które zaprezentowano na rysunku 1. Dla klienta najważniejsze jest, aby jego produkt dotarł w nienaruszonym stanie, w odpowiednim czasie i za cenę, którą jest w stanie zaoferować. Dla przewoźnika najważniejsza jest maksymalizacja zysku.

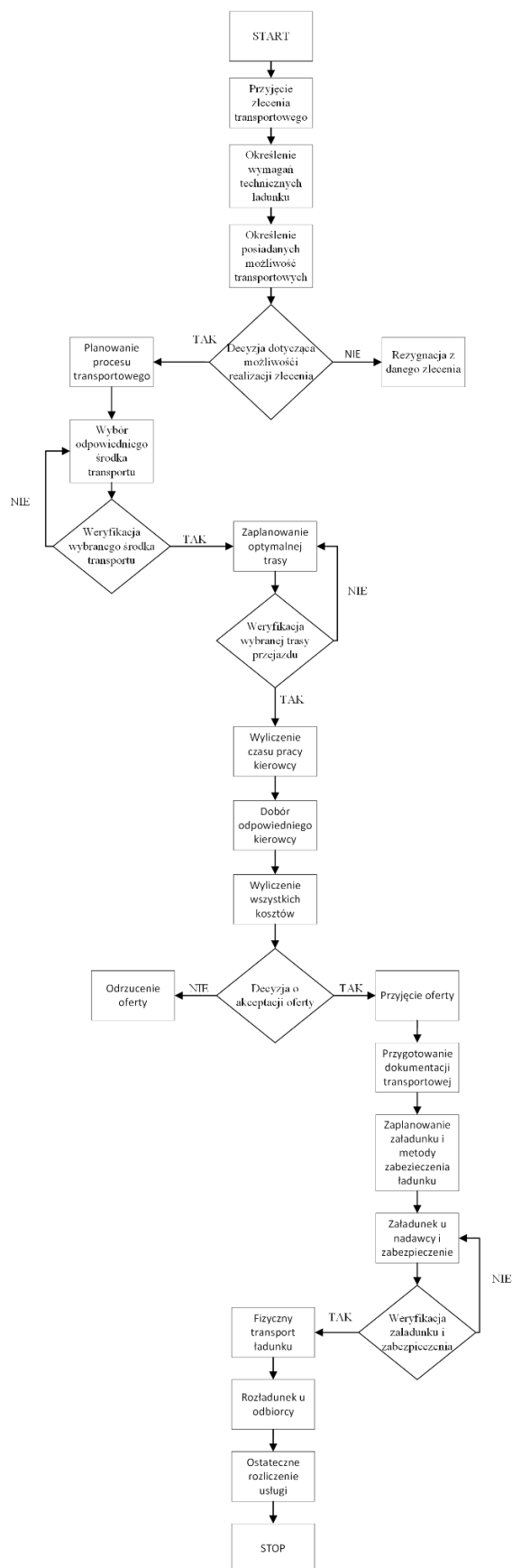
Planowanie procesu transportowego jest nieodłącznym elementem pracy spedytora, dlatego ważna jest u niego znajomość obowiązujących przepisów oraz procedur, które musi zrealizować podczas organizacji transportu. Fizyczne przemieszczanie się ładunku jest już finalnym etapem realizacji tego procesu, na który wcześniej składa się wiele innych czynności. Podstawowym aspektem jest przygotowanie całej dokumentacji transportowej, która w przypadku żywności jest rozszerzona. Należy również pamiętać, że w sytuacji, kiedy żywność jest sprowadzana spoza Unii Europejskiej trzeba ją zgłosić do granicznej kontroli sanitarnej. Wniosek powinien być przesłany minimum 48 godzin przed planowanym przekroczeniem danego przejścia granicznego, natomiast w przypadku produktów szybko psujących się jest to 24 godziny. Inspekcja jest przeprowadzana przez osoby upoważnione przez państwowego granicznego inspektora sanitarnego<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> A. Salomon, *Podstawowa dokumentacja spedycyjno-transportowa w pracy spedytora międzynarodowego*, „Współczesna Gospodarka” 2014, nr 3, s. 57.

<sup>14</sup> <https://www.biznes.gov.pl/pl/opisy-procedur/-/proc/1522> (dostęp: 29.03.2023).





**Rysunek 1. Uproszczony schemat procesu transportowego**

Źródło: opracowanie własne.

Przed rozpoczęciem fizycznego procesu transportu należy odpowiednio przygotować pojazd. Komora ładunkowa powinna być regularnie myta i dezynfekowana odpowiednimi środkami, a każde takie działanie trzeba zanotować w książce kontroli sanitarnej. Jest zalecane, aby do dyspozycji kierowcy był strój ochronny na wypadek, gdyby zaistniała potrzeba poruszania się po komorze ładunkowej. Jeżeli transport jest wykonywany w zgodzie z normami ATP, pojazd powinien być wyposażony w odpowiednią tabliczkę.

Sam transport, oprócz faktu, że stan atmosfery panującej w komorze ładunkowej musi być monitorowany cały czas, nie różni się bardzo od standardowej operacji transportowej. Jednak ze względu na to, że w całym procesie najważniejszy jest czas, przewozy te mają pewne udogodnienia. Przede wszystkim są one wyłączone z okresowych ograniczeń i zakazu ruchu, o których mówi Obwieszczenie Ministra Infrastruktury<sup>15</sup>. Ograniczenia ruchu nie obowiązują pojazdów przewożących artykuły szybko psujące się. Dodatkowo takie pojazdy są odprawiane na przejściach granicznych poza kolejnością.

## 5. Podsumowanie

Transport jest podstawowym ogniwem wspierającym gospodarkę krajową i światową. Przemieszczanie żywności jest ważnym procesem, ponieważ wpływa bezpośrednio na zdrowie i życie ludzi. Jest to powód, dla którego analizowany proces podlega określonym restrykcjom prawnym. Wprowadzenie systemów kontroli jakości z pewnością wzbudza większe poczucie bezpieczeństwa zarówno wśród konsumentów, jak i potencjalnych kontrahentów. Liczne kontrole i ciągły monitoring przewozów dają konsumentom pewność, że dokonano wszelkich starań, aby produkt dotarł do sprzedaży z jak najwyższą jakością.

Transport żywności powinien być elastyczny, a to oznacza konieczność jego odpowiedniego dopasowania do wymagań i specyfiki danego produktu. W praktyce obserwuje się dużą różnorodność środków transportu przeznaczonych głównie do transportu artykułów spożywczych.

## Literatura

1. Jagodzińska N., *Application of food safety systems in the transport industry*, „Research Jurnal Of The University Of Gdańsk. Transport Economics and Logistics” 2017, nr 71.

---

<sup>15</sup> Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu w sprawie okresowych ograniczeń oraz zakazu ruchu niektórych rodzajów pojazdów na drogach (Dz.U. 2021 poz. 783).

2. Krzewińska A., Matysek K., *Wymagania stawiane środkom transportu żywności*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2012, nr 5.
3. Mortimore S., Wallace C., *HACCP A Practical Approach Third Edition*, Springer, New York 2013.
4. *Polski handel zagraniczny towarami rolno-spożywczymi w 2022 r. (dane wstępne)*, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa 2023.
5. Salomon A., *Podstawowa dokumentacja spedycyjno-transportowa w pracy spedytora międzynarodowego*, „Współczesna Gospodarka” 2014, nr 3.
6. Satora M., Szkoda M., *Zapewnienie jakości i bezpieczeństwa produktów żywnościowych w transporcie drogowym*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2019, nr 6.
7. Tümenbatur A., Tanyaş M., *ATP convention effects on food supply chain*, XIV. International Logistics And Supply Chain Congress, Proceedings, Izmir 1-2 December 2016.
8. *WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation*, World Health Organization, Genewa 2022.
9. Ziajka S., Dzwolak W., *Praktyczny audit systemu HACCP*, Masterpress, Olsztyn 2000.

### **Akty normatywne**

10. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu w sprawie okresowych ograniczeń oraz zakazu ruchu niektórych rodzajów pojazdów na drogach (Dz.U. 2021 poz. 783).
11. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań sanitarnych dotyczących środków transportu żywności, substancji pomagających w przetwarzaniu, dozwolonych substancji dodatkowych i składników żywności (Dz. U. 2003 nr 21 poz. 179, z późn. zm.).
12. Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 28 stycznia 2002r. ustanawiające ogólne zasady i wymogi prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywnościowego oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.
13. Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych.
14. Umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów (ATP), przyjęta w Genewie dnia 1 września 1970 r. (Dz.U. 2015 poz. 667).

15. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225, z późn. zm.).

### **Źródła internetowe**

16. <https://www.biznes.gov.pl/pl/opisy-procedur/-/proc/1522> (dostęp: 29.03.2023).

17. <https://edu.trans.eu/wydarzenie/izoterma> (dostęp: 27.03.2023).



KOŁO

NAUKOWE

○ INŻYNIERII

ŚRODOWISKA





**inż. Oskar J. Rumak, inż. Dominika Saja, inż. Katarzyna Sitarz**  
SKN Inżynierii Środowiska

**dr inż. Adam Piech**  
Opiekun naukowy

## **Badanie właściwości fizykochemicznych wody w wybranych ujęciach indywidualnych na terenie powiatu rzeszowskiego**

### **Streszczenie**

Artykuł opisuje jakość wód pobranych z sześciu wybranych ujęć na terenie powiatu rzeszowskiego. Przedstawiono w nim charakterystykę punktów poboru wód podziemnych oraz ich lokalizację na mapie. Punkty poboru dobrano w sposób zróżnicowany pod względem urbanistycznym oraz rodzaju gruntu. Zaprezentowane wyniki badań przedstawiają właściwości fizykochemiczne w odniesieniu do rozporządzenia Ministra Zdrowia oraz zawartość metali ciężkich wód podziemnych. Badania zostały przeprowadzone za pomocą spektrometru rentgenowskiego S2 PPICOFox firmy Bruker oraz znormalizowanych metod pomiaru. Cztery z sześciu ujęć indywidualnych spełniają I klasę jakości, a pozostałe drugą. Wszystkie badane ujęcia charakteryzują się nieznaczącą zawartością metali ciężkich. Ujęcia znajdujące się w obrębie miast mają gorsze właściwości fizykochemiczne w porównaniu do terenów wiejskich, ale mogą być przeznaczone do spożycia przez ludzi.

**Słowa kluczowe:** właściwości fizykochemiczne wody, ujęcia indywidualne, studnie kopane.

### **1. Wprowadzenie**

Wypełniając lukę w badaniach jakości wód pobieranych z ujęć indywidualnych na terenie powiatu rzeszowskiego przeprowadziliśmy badania w wybranych czterech studniach kopanych i dwóch ujęciach źródła leżących w granicach administracyjnych powyższego powiatu. Według oficjalnych danych GUS na dzień 31.12.2021 r. aż 94,86% budynków mieszkalnych i mieszkań przyłączonych jest do sieci wodociągowej. W samym powiecie rzeszowskim do wodociągu przynależy 92,46% mieszkań, a w mieście na prawach powiatu Rzeszowie 99,49%. Zdarzają się jednak ciągle sytuacje poboru wody z ujęć indywidualnych. Często są to nie tylko sytuacje braku przyłączenia do wodociągu, czyli wykazane przez GUS raptem kilka procent, ale także jakość wody, czy jej cena. Wielu właścicieli zabudowań korzystało z wód gruntowych na długo przed podłączeniem wodociągu do ich terenów. Po wybudowaniu magistrali i sieci wodociągowych zostali podłączeni do sieci przez odpowiednie przyłącza. Jedni co prawda nie musieli już nosić wody ze studni, ale niektórzy posiadający hydrofory byli zobligowani albo przerobić instalacje na dwa źródła zasilania (z sieci i ze studni), albo zlikwidować instalacje doprowadzającą wodę ze swojego ujęcia indywidualnego.

Użytkownicy często nie są świadomi, że woda z ich ujęcia może być zanieczyszczona lub może nie spełniać wymagań wody przeznaczonej do spożycia. Dzieje się tak, ponieważ ujęcia indywidualne nie są objęte obowiązkową kontrolą sanepidu. Woda, choć pozornie czysta, może zawierać pierwiastki takie jak metale ciężkie (np. ołów, nikiel, chrom, kadm), które w przekroczonych ilościach są niebezpieczne dla zdrowia. Substancje te mogą przedostawać się do wód podziemnych wraz ze ściekami z zakładów przemysłowych, wodą deszczową, pestycydami lub spalinami. Toksyczność metali ciężkich jest spowodowana ich zdolnością do kumulowania się w organizmie oraz ich potencjalnym działaniem rakotwórczym<sup>1</sup>.

W obecnych czasach, kiedy konflikty wojenne toczą się za naszą wschodnią granicą, społeczeństwo powinno zatroszczyć się o powszechny dostęp do informacji o lokalizacji i stanie czystości wody ujęć indywidualnych. W obliczu niepokoju i trudności, z którymi musi zmagać się ludność Ukrainy, niebezpieczeństwo braku wody z sieci wodociągowej w naszym państwie staje się coraz bardziej prawdopodobne. Szukając alternatyw poboru wody pitnej na pierwsze miejsce wysuwają się ujęcia indywidualne, znane potocznie jako studnie przydomowe oraz ujęcia źródeł. W sytuacji uszkodzenia infrastruktury krytycznej małe ujęcia mogą stanowić zabezpieczenie awaryjne.

Celem niniejszego artykułu była ocena jakości wód pobranych z sześciu punktów (studnie kopane oraz ujęcia źródeł) z terenu powiatu rzeszowskiego oraz odniesienie uzyskanych wyników do norm zawartych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia „w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia” z dnia 7 grudnia 2017 r. Ponadto oceniono zawartość metali ciężkich w wodach pitnych.

## 2. Przedstawienie terenu i przedmiotu badań

Do badań zostało wybranych sześć ujęć indywidualnych z powiatu rzeszowskiego zlokalizowanych w następujących miejscowościach:

- Błędowa Zgłobieńska gm. Świlcza,
- Hyżne, gm. Hyżne,
- Sokołów Małopolski, gm. Sokołów Małopolski,
- Rzeszów, gm. Rzeszów
- Piątkowa, gm. Błażowa
- Kielnarowa, gm. Tyczyn

---

<sup>1</sup> Żurek N., Szwerc W., Bilek M., Kocjan R., *Zawartość metali ciężkich w wodach studziennych z terenu rolniczego*, BROMAT. CHEM. TOKSYKOL.-L, 2017, 2, str.140



Powyższe ujęcia zostały wybrane spośród innych ze względu na swoją różnorodność i lokalizację. Począwszy od terenów zalesionych, przez tereny rolno-leśne, rolne, peryferyjne miast oraz miejskie. Możemy więc zbadać nie tylko stan wód na terenie powiatu, ale także zaobserwować różnice wynikające z położenie studni względem aglomeracji zasiedlonych, a także na grunt rodzimy, który jest naturalnym filtrem wody powierzchniowej przesączającej się do wód gruntowych.

Wybrane studnie kopane i ujęcia źródła opisano poniżej.

- Studnia „Błędowa Zgłobieńska”.

Studnia zlokalizowana jest w zachodniej części gminy Świlcza. Znajduje się niedaleko domu jednorodzinnego i garażu. W pobliżu znajduje się pole uprawne oraz las. Wysokość terenu 262,1 m n.p.m..

- Studnia „Hyżne”.

Studnia zlokalizowana jest na terenie zalesionym w południowej części miejscowości Hyżne, w gminie Hyżne. Wysokość terenu wynosi około 274,2 m n.p.m..

- Studnia „Rzeszów”

Wybrana studnia znajduje się na wschodnich obrzeżach miasta, na terenie działki jednego z wewnętrznych segmentów zabudowy szeregowej oraz domków jednorodzinnych dokoła. Wysokość terenu ok. 210,0 m n.p.m.. Grunt pylasto-gliniasty.

- Studnia „Sokołów”

Studnia położona jest w centrum miasta. Zlokalizowana jest na terenie o wysokości 217,5 m n.p.m., na jednej z działek z budynkiem mieszkalnym i budynkami gospodarczymi. Grunt na danej działce charakteryzuje się dużą zawartością frakcji piaszczystej.

- Ujęcie źródła „Kielnarowa”

Ujęcie źródła zlokalizowana jest w Kielnarowej we wschodniej części gminy Tyczyn, na terenie rolniczo-leśnym. Wysokość terenu wynosi około 260 m n.p.m..

- Ujęcie źródła „Piątkowa”

Ujęcie źródła znajduje się na terenie leśnym, w miejscowości Piątkowa w gminie Harta. Umiejscowiona jest na wzniesieniu mierzącym 390 m n.p.m.

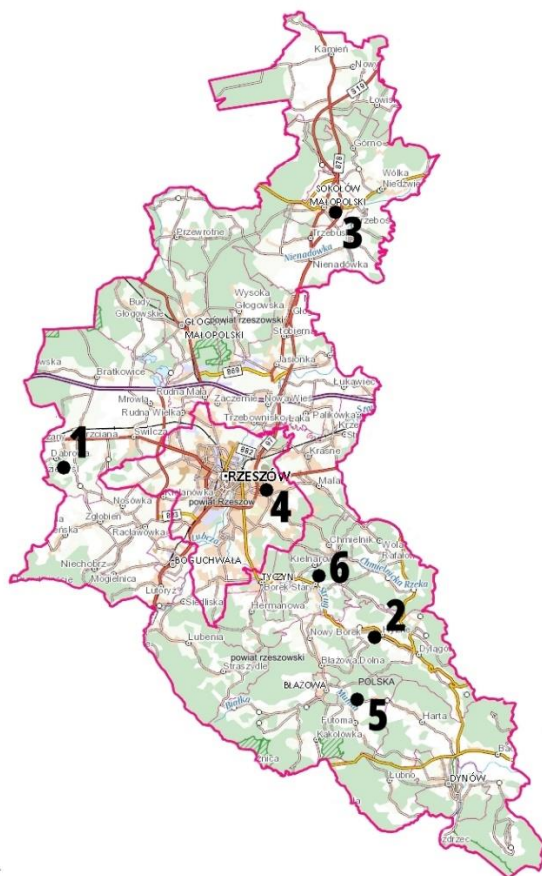
W tabeli 1 przedstawiono najważniejsze informacje o każdej z badanych studni.

Tabela 1. Charakterystyka punktów poboru wód studziennych.

Punkt, data poboru	Temperatura wody podczas poboru	Rok budowy	Głębokość	Rodzaj ujęcia	Wykorzystanie
Sokołów Młp., 23.05.2023r.	10,4°C	1950	5 betonów	Studnia kopana	Użytkowanie ciągłe, cele gospodarcze
Błędowa Zgłobińska, 23.05.2023r.	12,4°C	1940	3 betony	Studnia kopana	Użytkowanie ciągłe, woda pitna
Hyżne, 23.05.2023r.	11,1°C	1979	3 betony	Studnia kopana	Użytkowanie ciągłe, woda pitna
Rzeszów, 24.05.2023r.	11,4°C	1992	7 betonów	Studnia kopana	Użytkowanie sezonowe, cele gospodarcze
Kielnarowa, 25.05.2023r.	10,8°C	1990	3 betony	Ujęcie źródła	Użytkowanie ciągłe, woda pitna
Piątkowa, 24.03.2023r.	11,2°C	1990	3 betony	Ujęcie źródła	Użytkowanie ciągłe, woda pitna

Źródło: opracowanie własne

Wybrane ujęcia indywidualne (punkty poboru próbek) zaprezentowano na poniższej mapie.



Rysunek 1. Lokalizacja poborów wody z ujęć indywidualnych. 1 – Błędowa Zgłobińska; 2 – Hyżne; 3 – Sokołów Małopolski; 4 – Rzeszów; 5 – Piątkowa; 6 – Kielnarowa.

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2 i 3 Studnie kopane w Sokołowie Małopolskim (po lewej) i Błędowej Zgłobieńskiej (po prawej).  
Źródło: opracowanie własne

### 3. Problematyka

Woda podziemna powstaje dzięki opadom atmosferycznym przenikającym do głębszych warstw gruntu. W trakcie przesiąkania zmienia się skład wody. Dzięki poszczególnym warstwom gruntu, zostają zatrzymywane cząstki zanieczyszczeń. Wraz ze wzrostem głębokości zmieniają się właściwości fizykochemiczne wody.

Można rozróżnić cztery rodzaje wód podziemnych: wody płytkie (inaczej zaskórne), wody gruntowe, wody wgłębne i wody głębinowe. Wody zaskórne sięgające do 2 metrów w głąb gruntu, są zazwyczaj pomijane przy poborze wody, ze względu na ich okresowość występowania oraz liczne zanieczyszczenia. Zasoby wód podziemnych ocenia się inaczej niż wód powierzchniowych. Można szacować zasoby chwilowe w obrębie pojedynczego poziomu wodonośnego lub w wielu poziomach łącznie, w odniesieniu do zlewni lub regionu. Wody podziemne znajdują się w ciągłym ruchu, przy czym są równocześnie zasilane i drenowane<sup>2</sup>.

Woda w trakcie przesiąkania przez warstwy gruntu filtruje się przez naturalne bariery uniemożliwiające niektórym zanieczyszczeniom przenikanie w głąb gruntu, zabezpieczając w sposób naturalny warstwę wodonośną gruntu przed skażeniem. Budowa podłoża jest czynni-

<sup>2</sup> Chelmiński W., *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, str. 53.

kiem decydującym przy filtrowaniu wód opadowych. Im drobniejsza frakcja gruntu, tym lepsza filtracja, co oznacza, że mniej mikro-elementów przedostaje się w głąb gruntu. Zaleca się po wykopaniu studni obsypać kręgi betonowe w promieniu jednego metra warstwą łu o grubości pół metra sięgającą powierzchni terenu, co zapewnia odizolowanie warstw wodonośnych od wód powierzchniowych. Drugim istotnym elementem zabezpieczenia studni jest jej obudowa w postaci szczelnej pokrywy<sup>3</sup>.

W przypadku ujęć indywidualnych wody podziemnej mogą wystąpić lokalne skażenia. Przyczynę zanieczyszczeń można podzielić na: źródła obszarowe – dostarczają zanieczyszczeń na dużym obszarze, np. obszary rolne, z których splukiwane są nawozy i środki ochrony roślin; źródła punktowe – dostawa zanieczyszczeń do środowiska dokonuje się w jednym miejscu, punkcie, np. zrzuty ścieków; źródła liniowe – wzdłuż pewnej linii, np. drogi, z których następuje spływ zanieczyszczeń pochodzących z transportu<sup>4</sup>. W rezultacie woda podziemna może ulec skażeniu, nie przez bliskość źródła skażenia, ale przez migrację wody w warstwie wodonośnej. Dlatego ważne jest aby przebadać jakość wód ze źródeł indywidualnych, z których ludzie pobierają wodę pitną, ponieważ może ona nie spełniać wymagań wody przeznaczonej do spożycia.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych rozróżniamy 5 klas jakości wody podziemnej ze względu na ich elementy fizykochemiczne:

- 1) klasa I – wody bardzo dobrej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych kształtowane są wyłącznie w efekcie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych w zakresie tła hydrogeochemicznego; nie wskazują na wpływ działalności człowieka;
- 2) klasa II – wody dobrej jakości, w których wartości niektórych elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych; wartości elementów fizykochemicznych nie wskazują na wpływ działalności człowieka albo wpływ ten jest bardzo słaby;
- 3) klasa III – wody zadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych lub słabego wpływu działalności człowieka;

---

<sup>3</sup> Wygoda G., *Ujęcia wody pitnej i jej uzdatnianie*, Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” Krosno, 2019, str. 10-11.

<sup>4</sup> Chelmiecki W., *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, str. 146.

- 4) Klasa IV – wody niezadawalającej jakości, w których wartości fizykochemicznych elementów są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych; wskazują na wyraźny wpływ działalności człowieka.
- 5) Klasa V – wody złej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych wskazują na znaczący wpływ działalności człowieka<sup>5</sup>.

## 4. Przeprowadzone badania

### 4.1 Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone w dniach 24-26.05.2023r. Pobór wody został wykonany w dniach 23-25.05.2023r. Przeprowadzone badania podlegają Polskim Normom, które zapewniają miarodajność wyników. Zdefiniowano następujące parametry:

Tabela 2. Zestawienie parametrów wraz z metodą pomiaru.

Parametr, [jednostka]	Metoda	Numer normy
pH, [-]	Potencjometryczna, zakres (2-12)	PN-EN ISO 10523:2012
Przewodnictwo w temperaturze 20 °C, [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Potencjometryczna	PN-EN 27888-1999
Twardość ogólna (stężenie rozpuszczalnych składników Ca+Mg), [mval/l]	Miareczkowanie	PN-ISO 6059:1999
Zasadowość ( $\text{HCO}_3^-$ ), [mval/l]	Miareczkowanie	PN-EN ISO 9963-1:2001
Mętność, [-]		PN-EN ISO 7027-1:2016-09
Barwa, [mg/l Pt]	Spektrofotometryczna	PN-EN ISO 7887:2012
Chlorki, [mg/l Cl <sup>-</sup> ]	Miareczkowanie	PN-ISO 9297:1994
Azotany, [mg/l $\text{NO}_3^-$ ]	Spektrofotometryczna	PN-EN ISO 10304-1:2009
Siarczany, [mg/l $\text{SO}_4^{2-}$ ]	Spektrofotometryczna	PN-EN ISO 10304-1:2009
Związki fosforowe, [mg/l $\text{PO}_4$ ]	Spektrofotometryczna	PN-EN ISO 6878:2006
Ogólny węgiel organiczny (OWO), [-]	Laboratory TOC Analyzer	PN-EN 1484:1999
Amoniak, [mg/l $\text{NH}_4^+$ ]	Metodyka firmy Hach z salicylanem zakres do 0.5 mg/l	Nr katalogowy: 5870040

Źródło: opracowanie własne

<sup>5</sup> Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 7 listopada 2019r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych.

Analizy na obecność metali ciężkich wykonano za pomocą spektrometru rentgenowskiego S2 PICOFOX firmy Bruker. Przygotowano roztwór wzorcowy 100  $\mu\text{l}$  stężonego Ga. Następnie do sześciu probówek Appendorffa wprowadzono po jednym mililitrze badanej wody i 10  $\mu\text{l}$  roztworu roboczego Galu. Tak przygotowane próbki wymieszano na wytrząsarce laboratoryjnej typu vortex. W kolejnym etapie na rozgrzanej płytce umieszczono szkiełko i nanoszono na nie po 1 kropli badanej próbki aż do odparowania. Czynność tę powtórzono 5 razy dla każdego roztworu. Tak przygotowane szkiełka włożono do aparatu pomiarowego PICOFOX i rozpoczęto analizę. Każda z sześciu analiz trwała 1000 sekund, dzięki czemu uzyskano najdokładniejsze oznaczenia oraz śladowe ilości rzadko spotykanych pierwiastków.

#### **4.2 Wyniki analiz**

W tabeli 4, 5, 6, 7, 8 oraz 9 przedstawiono wyniki pomiaru aparatem rentgenowskim S2 PICOFOX. Tylko w dwóch próbkach pojawiły się śladowe ilości metali ciężkich. Stężenie niklu w wodzie z Rzeszowa wyniosło 8.242  $\mu\text{g/l}$  i była to jedyna próbka, w której pojawił się ten pierwiastek. Jest to śladowa ilość i nie zagraża zdrowiu człowieka. Kolejnym metalem ciężkim, który udało nam się odczytać jest ołów. Wystąpił on w próbce Błędowa Zgłobieńska w stężeniu 1.168  $\mu\text{g/l}$ , co również nie jest niebezpieczne dla człowieka. W każdej z badanych wód analizy wykazały obecność pierwiastków takich jak: potas, wapń, cynk, żelazo, miedź, brom oraz stront, które są naturalnymi składnikami wód podziemnych. W każdej próbce wykryto zawartość miedzi. Stężenie tego pierwiastka wyniosło od 2,7 do 7,7  $\mu\text{g/l}$ . Pierwiastkiem dominującym w każdej próbce był wapń. Najwyższe stężenie osiągnęło 147192.322  $\mu\text{g/l}$  (Błędowa Zgłobieńska), natomiast najniższe wyniosło 52738.617  $\mu\text{g/l}$  (Rzeszów).

Tabela 3. Zestawienie wyników.

Miejsce pobrania próbki	Fosforany [mg/l PO <sub>4</sub> ]	OWO [-]	pH [-]	Mętność [NTU]	Barwa [mg/l Pt]	Przewodnictwo [μS/cm]	Zasadowość [mval/dm <sup>3</sup> ]	Twardość [mg/dm <sup>3</sup> ]	Siarczany [mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]	Amoniak [mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	Azotany [mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	Chlorki [mg/l Cl <sup>-</sup> ]
Błędowa Zgłobieńska	0,05	0,866	7,02	0,53	1<	622	6,5	372	51	0,01	1,1	9,0
Piątkowa	0,48	0,891	7,05	0,48	1<	656	7,0	382	46	0,01	7,8	12
Rzeszów	0,45	1,27	6,50	6,48	1<	413	2,8	164	42	0,02	<u>22,3</u>	41
Hyżne	0,11	0,878	7,09	0,48	1<	528	6,1	332	46	0,01	1,7	7
Sokołów	0,22	4,65	7,23	0,41	2	860	4,4	316	<u>92</u>	0,03	34,9	<u>96</u>
Kielnarowa	0,11	0,589	7,24	0,38	12	455	4,5	250	30	0,05	10,5	8
<b>ŚREDNIA</b>	0,247	1,524	7,02	1,46	3	589	5,23	302,67	51,17	0,02	13,05	28,8

Źródło: opracowanie własne

Zawartość metali ciężkich w badanych wodach przedstawiono poniżej.

Tabela 4. Zestawienie wyników analizy elementarnej dla Błędowa Zgłobieńska

B_1000_100	Błędowa Zgłobieńska										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	K	K12	3.314	1	37498	72354	427	6.18	866.655	13.225	18.651
	Ca	K12	3.692	101	9268711	25494	3053	75.33	147192.322	619.048	7.607
	Fe	K12	6.405	451	3556	4611	113	1.06	13.528	0.482	0.775
	Cu	K12	8.046	451	3308	4489	111	1.08	7.709	0.288	0.468
	Zn	K12	8.637	301	6488	4428	124	0.85	13.007	0.299	0.400
	Br	K12	11.924	451	13452	5503	156	1.00	16.867	0.261	0.279
	Sr	K12	14.165	451	744314	7497	871	17.45	858.682	4.334	0.300
	Ba	L1	4.466	251	1979	6533	123	2.55	41.382	2.726	5.070
	Pb	L1	10.551	451	582	3986	92	1.22	1.168	0.190	0.380

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Zestawienie wyników Analizy elementarnej dla Piątkowa

P_1000_100	Piątkowa										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	Mg	K12	1.254	451	5189	22194	223	1.27	26168.364	1264.231	2253.886
	K	K12	3.314	51	113244	43032	446	6.27	2629.010	24.573	14.448
	Ca	K12	3.692	101	8366588	23738	2901	65.43	133461.743	767.588	7.373
	Fe	K12	6.405	151	10227	4440	138	0.53	39.080	0.739	0.764
	Cu	K12	8.046	451	2198	4328	104	0.96	5.145	0.272	0.462
	Zn	K12	8.637	451	4456	4303	114	1.58	8.975	0.279	0.396
	Br	K12	11.924	101	22692	4953	181	1.53	28.580	0.382	0.266
	Sr	K12	14.165	451	404848	7012	647	11.96	469.150	3.286	0.291
	Ba	L1	4.466	51	759	5918	112	1.69	15.951	2.444	4.850

Źródło: opracowanie własne

Tabela 6. Zestawienie wyników Analizy elementarnej dla Rzeszów

RZ_1000_100	Rzeszów										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	K	K12	3.314	1	405524	53869	716	20.46	8444.945	39.040	14.500
	Ca	K12	3.692	151	3685669	13324	1927	27.93	52738.617	178.204	4.955
	Mn	K12	5.900	1	1332	3880	95	1.24	5.796	0.432	0.813
	Fe	K12	6.405	1	8402	3823	127	1.49	28.799	0.516	0.636
	Ni	K12	7.480	451	3494	3544	103	1.24	8.242	0.266	0.421
	Zn	K12	8.637	451	7207	3477	119	1.54	13.019	0.252	0.320
	Br	K12	11.924	151	28646	3885	191	1.26	32.364	0.308	0.211
	Sr	K12	14.165	451	212301	5448	472	8.96	220.686	1.121	0.230
	Ba	L1	4.466	451	2731	4757	111	1.48	51.467	2.232	3.899

Źródło: opracowanie własne



Tabela 7. Zestawienie wyników Analizy elementarnej dla Hyżne

H_1000_100	Hyżne										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	K	K12	3.314	51	47210	38979	354	5.06	1071.266	13.435	13.440
	Ca	K12	3.692	101	7383297	21364	2725	45.76	115119.833	623.514	6.837
	Fe	K12	6.405	301	3775	4033	109	0.92	14.099	0.478	0.712
	Cu	K12	8.046	451	3041	3992	105	1.10	6.958	0.275	0.434
	Zn	K12	8.637	151	92681	4145	318	3.37	182.438	1.546	0.380
	Br	K12	11.924	101	11415	4332	142	1.30	14.053	0.245	0.243
	Sr	K12	14.165	451	263393	5975	525	14.06	298.342	2.100	0.263

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8. Zestawienie wyników Analizy elementarnej dla Sokołów Małopolski

S_1000_100	Sokołów Małopolski										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	K	K12	3.314	1	1300669	103356	1228	38.95	37431.683	256.419	27.756
	Ca	K12	3.692	451	5149937	12470	2275	29.49	101837.281	646.474	6.625
	Mn	K12	5.900	51	13289	5291	155	1.94	79.924	1.401	1.312
	Fe	K12	6.405	1	7842	5495	137	5.22	37.147	0.869	1.053
	Cu	K12	8.046	451	952	4655	101	1.12	2.764	0.310	0.594
	Zn	K12	8.637	451	942	4546	100	1.59	2.351	0.264	0.505
	Br	K12	11.924	51	22649	5248	182	1.81	35.363	0.493	0.339
	Rb	K12	13.396	401	5956	7046	142	1.29	8.629	0.256	0.365
	Sr	K12	14.165	451	243515	7235	508	15.00	349.818	2.796	0.367
	Ba	L1	4.466	51	580	6078	113	1.64	15.117	3.029	6.096

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9. Zestawienie wyników Analizy elementarnej dla Kielnarowa

K_1000_100	Kielnarowa										
	Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi	Stęż./(µg/l)	SigmaC/(µg/l)	LLD/(µg/l)
	Mg	K12	1.254	451	2584	18149	197	1.14	12906.031	1045.988	2018.589
	K	K12	3.314	51	67082	33973	367	6.12	1542.538	15.753	12.715
	Ca	K12	3.692	151	6223868	15468	2501	47.81	98337.662	505.089	5.895
	Fe	K12	6.405	451	4112	3640	107	1.03	15.564	0.478	0.685
	Cu	K12	8.046	451	3134	3610	102	1.25	7.267	0.270	0.418
	Zn	K12	8.637	451	8266	3608	124	1.57	16.489	0.326	0.359
	Br	K12	11.924	451	10572	4232	138	0.85	13.189	0.235	0.243
	Rb	K12	13.396	351	1350	6109	116	0.67	1.563	0.142	0.271
	Sr	K12	14.165	451	647713	5836	812	18.82	743.451	4.452	0.263
	Ba	L1	4.466	101	1036	5004	105	1.55	21.559	2.289	4.416

Źródło: opracowanie własne

## 5. Omówienie wyników badań

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi pięć, spośród badanych wód spełnia warunki zdatności do picia. Woda ze studni w Rzeszowie przekroczyła dopuszczalną mętność sześciokrotnie, co zaznaczono w tabeli numer 3, reszta parametrów spełniała wymagania z rozporządzenia.

Odnosząc się do kwestii klasyfikacji stanu wód podziemnych należy mieć na uwadze rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października z 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych, w którym zawarty jest podział klas jakości wód podziemnych. Badając poszczególne wskaźniki, przyporządkowano pobrane wody do kolejnych klas jakości: Błędowa Zgłobieńska, Piątkowa, Hyżne, Kielnarowa – I klasa jakości; Rzeszów i Sokołów Małopolski – II klasa jakości. W wodzie ze studni w Rzeszowie wykazano zawartość azotanów na poziomie charakterystycznym dla klasy II (co w tabeli numer 3 podkreślono). Woda badana z Sokołowa Małopolskiego zawierała większe stężenia siarczanów i chlorków, również charakterystycznych dla wody podziemnej o II klasie jakości (co podkreślono w tabeli numer 3).

W wynikach z aparatu rentgenowskiego S2 Analizy elementarnej nie wykazano znaczących ilości metali ciężkich i innych pierwiastków chemicznych. Wysokie stężenia potasu, magnezu i wapnia są stężeniami naturalnymi i nie mają wpływu na możliwość spożycia badanych wód przez ludzi.

## 6. Podsumowanie

Urzędy i instytucje sanitarno-epidemiologiczne nawoľują do badania wody z własnych ujęć. Nie rzadko zdarza się, że woda czerpana od lat nie była badana pod kątem jej przydatności do spożycia. Ocena jakości jest skomplikowana, ponieważ zanieczyszczenia są spowodowane zarówno czynnikami naturalnymi jak i ludzkimi. Badania jakości i programy monitorujące są coraz częściej stosowane ze względu na m.in. wzrost przypadków zanieczyszczeń wody. Skażenia mogą mieć związek z nawożeniem pobliskich upraw, nieodpowiednie zabezpieczenie, nieużytkowanie ujęcia przez dłuższy czas lub sąsiedztwo szamba. Stanowi to zagrożenie dla zdrowia ludzi, ekonomicznego rozwoju i dobrobytu społecznego. Dlatego tak ważna jest kontrola zanieczyszczeń wód i monitorowanie ich jakości.

W dobie czasu niepokoju za nasza wschodnią granicą prywatne ujęcia indywidualne mogą być zabezpieczeniem w wypadku braku możliwości poboru wody z sieci wodociągowej.

Wyniki uzyskane w trakcie tego badania pochodziły z analizy próbek pobranych z sześciu lokalizacji ujęć w różnych miejscach na terenie powiatu rzeszowskiego. Rezultaty badań dowiodły, że woda z czterech na sześć rezerwuarów spełnia warunki I klasy stanu jakości wód podziemnych z rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października z 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych. W przypadku wody ze studni w Rzeszowie i Sokołowie Małopolskim kwalifikują się ona do II klasy jakości. Dodatkowo woda z ujęcia w Rzeszowie przekroczyła mętność kilkukrotnie, więc nie spełnia wymagań dotyczących stopnia mętności zgodnie z kryteriami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Możemy przypuszczać, że związane jest to z wysokim stopniem zurbanizowania terenu wokół rezerwuarów oraz podatnością na liczne źródła zanieczyszczeń. Wszystkie pomiary metali ciężkich przeprowadzone aparatem rentgenowskim S2 Picofox nie wykazały znaczących ilości metali ciężkich i innych pierwiastków niebezpiecznych. W związku z tym z przeprowadzonych badań wynika, że nie ma znaczącego zagrożenia toksycznością metali z przebadanych ujęć. Obecność większych stężeń jonów metali wprowadzonych w wyniku działalności człowieka lub występujących naturalnie w wodach podziemnych stanowiłaby zagrożenie dla ludzkiego życia, czyniąc tym samym wodę niezdadną do użytku domowego.

W badaniach do niniejszego artykułu celowo pominięto analizę mikrobiologiczną, która będzie uwzględniona w kolejnym etapie badań.

## Literatura

1. Chełmicki W., *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, str.53.
2. Wygoda G., *Ujęcia wody pitnej i jej uzdatnianie*, Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” Krosno, 2019, str. 10-11.
3. Żurek N., Szwerc W., Bilek M., Kocjan R., *Zawartość metali ciężkich w wodach studziennych z terenu rolniczego*, BROMAT. CHEM. TOKSYKOL. – L, 2017, 2, str. 140.

4. Papciak D., Zamorska J., Bartoszek L. *Mikrobiologia i biotechnologia w procesach oczyszczania wody* Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011, str. 57-63.

### **Akty normatywne**

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 29 sierpnia 2019 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Wodnej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych.
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.



KOŁO

NAUKOWE

○ INFORMATYKÓW

„KOD”





**Filip Kula, Wojciech Zajączkowski, Michał Zielonka, Kamil Uchwat, Jakub Żańczak**  
SKNI „Kod”

**dr inż. Bartosz Trybus**  
Opiekun Koła Naukowego

## Zastosowanie frameworka Laravel na przykładzie interfejsu aplikacji w architekturze REST

Artykuł opisuje implementację interfejsu aplikacji wykorzystując jedno z najpopularniejszych podejść do ich tworzenia jakim niewątpliwie jest architektura REST. Autorzy wyjaśniają czym się ów styl tworzenia aplikacji charakteryzuje oraz przedstawia jego główne założenia i konwencje. Następnie przedstawiają szczegółową implementację wybranej architektury z wykorzystaniem Laravela – jednego z najpopularniejszych narzędzi do tworzenia aplikacji internetowych napisanego z użyciem języka PHP, przy tworzeniu API dla aplikacji o tematyce kinematografii. Omówiono czym jest dany framework, a następnie przedstawiono inne dostępne narzędzia. Zaprezentowano strukturę projektu, tworzenie poszczególnych warstw interfejsu, takich modele, kontrolery czy migracje bazy danych, a także wykorzystanie aplikacji Postman do testowania naszych punktów końcowych.

**Słowa kluczowe:** backend, laravel, mvc, rest, postman, framework, kontroler, model.

### 1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój technologii internetowych doprowadził do sytuacji, że niegdyś powszechne strony statyczne, czyli takie, które opierały się na serwowanych przez serwer HTTP plikach HTML i nie mające żadnego systemu dynamicznej zmiany treści czy też struktury witryny powoli odchodzą w niepamięć. Co prawda nadal stosowane są do prostych celów takich jak strony wizytówki niektórych firm, ale jeśli mówimy o większych aplikacjach, muszą one posiadać coś więcej np. logikę, która pozwoli przedstawiać nam różne treści na witrynie w zależności od akcji wykonywanych przez użytkownika czy też w prosty i wygodny sposób zarządzać informacjami, które mogą się na stronie pojawić.

Na początku wykorzystywano do tego skrypty pisane w językach takich jak PHP, Perl czy też JAVA. Dzięki nim łączono się z bazą danych, która była zbiorem danych witryny, a następnie w zależności od tego co użytkownik zrobił na stronie prezentowano mu spersonalizowane pod niego informacje. Jednak z czasem aplikacje rosły, a utrzymywanie czy też tworzenie nowych funkcjonalności stawało się trudne i czasochłonne. Z pomocą przyszły frameworki, czyli pewnego rodzaju szkielety do budowy aplikacji, które dostarczają gotowe rozwiązania i biblioteki, a także określone i opracowane wcześniej wzorce tworzenia aplikacji takich jak REST, które pozwalają na lepsze i szybsze tworzenie oraz zarządzanie i utrzymywanie aplikacji.

Artykuł przedstawi kilka z najpopularniejszych technologii, które są wykorzystane do tworzenia tego typu aplikacji backendowych. Są nimi:

- framework Laravel,
- framework Spring,
- framework Django.

Mnogość technologii sprawia, że wiele podejść czy też implementacja pewnych rozwiązań przewija się w każdej z nich, jednak to pewne niuanse powodują, że z pośród kilkunastu różnych wybiera się tą jedną, która posłuży nam do zbudowania naszej aplikacji. W poniższym artykule zostanie przedstawiona architektura REST zaimplementowana przy pomocy frameworka Laravel, wykorzystane do zbudowania API do aplikacji o tematyce kinematografii.

## 2. Czym jest REST?

Interfejsy aplikacji zwane popularnie API są najpopularniejszym sposobem na komunikację między aplikacjami. Zawierają one napisane w wybranym języku instrukcje określające jak powinien wyglądać przepływ danych z jednej aplikacji do drugiej np. z części backend-u na frontend aplikacji internetowej.

REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) jest typem architektury i konwencją tworzenia oprogramowania, która umożliwia rozwój i projektowanie interfejsów w prosty, skalowalny, ale także nie zależny od żadnej platformy sposób. API utworzone w koncepcie REST opiera swoje działanie na protokole HTTP i jego metodach takich jak:

- GET,
- POST,
- PUT,
- PATCH,
- DELETE.

Interfejs REST może obsługiwać praktycznie każde żądanie dostępu do danych, kontroli zasobów czy komunikatów o stanie. Jednak według jednej z zasad tworzenia tego typu API – bezstanowości (ang. stateless), każde żądanie musi zawierać informacje, które umożliwią obsłużenie potrzeby przechowywania pewnych pakietów informacji między zapytaniami. Interfejs wykorzystujący podejście REST-owe przekazuje wszystkie niezbędne informacje za pomocą nagłówków oraz parametrów żądań. Najpopularniejszym typem zwracanych oraz

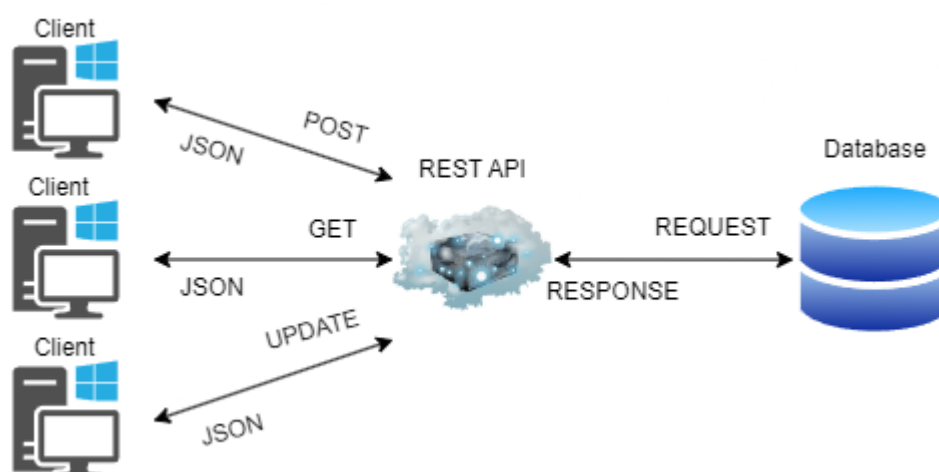


wysyłanych danych jest JSON (Javascript Object Notation). Jest on dostępny i obsługiwany przez większość języków programowania, co wskazuje na uniwersalność tego rozwiązania.

Reguły projektowania REST API są następujące:

1. Jednolity interfejs – każde zapytanie musi wykorzystywać i spełniać określoną przez API konwencje formatowania. Bez względu na użytkownika, wysłane zapytanie musi przekazywać informacje w odpowiednie miejsce.
2. Klient – serwer – instancja klienta jak i serwera powinny być niezależne od siebie.
3. Bezstanowość – każde zapytanie skierowane do serwera musi zawierać wszystkie niezbędne informacje, aby serwer mógł je przetworzyć. Serwer nie powinien polegać na żadnych poprzednich i przechowywanych informacjach.
4. Buforowalność – zasoby powinny być dostępne w pamięci podręcznej lub między klientem, a serwerem. Jest to kluczowe dla uzyskania lepszej wydajności interfejsu. Ma na celu uniknięcie zbędnych żądań, jeśli dane przez dłuższy czas nie ulegają zmianie.
5. Warstwowa architektura systemu – klient nie ma wiedzy, czy komunikuje się bezpośrednio z serwerem czy z warstwą pośrednią. Pozwala to obudować i optymalizować działania API przez programistów po stronie serwera np. za pomocą oprogramowania pośredniego (ang. Middleware).
6. Kody zapytań – API powinno informować za pomocą kodów zapytań HTTP np. 200, 201, 404 jakie działanie zostało wykonane na serwerze. Dodatkowo dobrą praktyką jest zwracanie wiadomości, która poza kodem określającym status naszego zapytania, przekaże nam bardziej dokładne informacje np. że użytkownik od danej nazwie nie istnieje.

Schemat działania REST API został zaprezentowany na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat połączenie klientów z REST API  
Źródło: opracowanie własne.

Warstwa prezentacji realizowana jest przez różne formy interfejsów klienckich, takie jak aplikacje mobilne czy strony internetowe.

### 3. Porównanie ekosystemów backendowych

Architekturę REST możemy zaimplementować z wykorzystaniem wielu różnych języków programowania takich jak Python, Java, PHP czy też C#. Jednakże aktualnym standardem podczas tworzenia oprogramowania jest wykorzystywanie frameworków, które pozwalają ustandaryzować i ujednoczyć strukturę kodu, a także przyspieszyć jego tworzenie przez wykorzystanie gotowych rozwiązań i paczek. Według wielu rankingów, najpopularniejszymi frameworkami backend-owymi na przełomie 2022 i 2023 roku były:

- Laravel – PHP,
- Django – Python,
- Spring – Java.

Bezpośrednie porównanie wcześniej wymienionych technologii przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie cech najpopularniejszych frameworków backendowych

Kategoria	Laravel	Django	Spring
Język programowania	PHP	Python	Java
Rodzaj oprogramowania	Open-source	Open-source	Open-source
Struktura aplikacji	MVC	MVT	MVC
ORM	Eloquent ORM	Django ORM	Spring Data JPA
Popularność	Umiarkowana	Wysoka i ciągle rośnie	Wysoka
Dokumentacja	Rozbudowana	Rozbudowana	Rozbudowana

Źródło: opracowanie własne.

W odróżnieniu od bibliotek frontendowych, które bazują w większości na Javascript czy TypeScript, każda z wyżej wymienionych technologii opiera się na innym języku programowania. Uniemożliwia to szybką i łatwą przesiadkę z jednej technologii do drugiej bez poznania jej ekosystemu, składni i innych rozwiązań, które oferują.

Django, który został napisany w Pythonie podziela cechy, za które deweloperzy pokochali ten język. Aplikacjami, które wykorzystują framework to między innymi Instagram, Udemy czy też Instagram. Jego prosta i czytelna składnia pozwala na szybkie tworzenie skalowalnych aplikacji internetowych. W odniesieniu do wyżej umieszczonej tabeli, popularność języka jak

i samej technologii Django w połączeniu ze szczegółowo napisaną dokumentacją sprawia, że rozwiązanie problemu, który próbujemy rozwiązać nie powinno trwać długo. Sam Python jest określany mianem dobrego dla początkujących programistów przez mnogość jego zastosowań, co bardzo przyciąga potencjalnych deweloperów. Sam framework zapewnia nam dobrą skalowalność przez co aplikacje są stabilne, a także umożliwia efektywne „dobudowywanie” kolejnych elementów naszej aplikacji. Dodatkowo jest bardzo bezpieczną technologią, odporną na ataki typu „SQL Injection” i inne niepożądane akcje. Tak jak zostało przedstawione w tabeli, w odróżnieniu od Spring i Laravel jego strukturą jest MVT (Model-View-Template). Template jest swego rodzaju warstwą prezentacji, kodem HTML, który wyświetla nam dane. Natomiast warstwa Controller została połączona z warstwą View, która zawiera część logiki biznesowej aplikacji.

Kolejnym frameworkiem jest Spring, który bazuje na Javie i jest przeznaczony do tworzenia rozbudowanych aplikacji dla przedsiębiorstw. Aplikacjami, które korzystają z Spring są między innymi Netflix i Spotify, ale można go spotkać również w bankach. Spring w zastosowaniach komercyjnych zazwyczaj nie występuje sam, a w połączeniu z Spring Bootem i Spring Cloudem co pozwala na szybsze uruchomienie i konfigurowanie aplikacji. Tak jak zostało wspomniane wcześniej, Spring możemy spotkać w dużych aplikacji przedsiębiorstw. Jest to spowodowane jego kompleksowością, stabilnością i rozbudowanym ekosystemem. Ma na to wpływ wysoka skalowalność dzięki modułowej budowie, a także różnorodność zastosowań. Dodatkowo dzięki zaimplementowaniu IoC (Inversion of Control) i DI (Dependency Injection) pozwala na łatwe testowanie z wykorzystaniem oferowanych przez technologie narzędzi do tego przeznaczonych.

Ostatnim z omawianych frameworków jest Laravel. Bazuje on na języku PHP, który od lat jest wykorzystywany do tworzenia wszelakich aplikacji internetowych. Sam framework zapewnia odpowiednie narzędzia dla początkujących programistów dzięki swojej czytelnej dokumentacji i różnego rodzaju poradników wideo, ale także tych bardziej doświadczonych takie jak:

- wstrzykiwanie zależności,
- testy jednostkowe,
- kolejki.

Jest on popularnym wyborem przy tworzeniu nowoczesnych aplikacji. Owiany złą sławą język PHP w wersji 5 skutecznie odrzucał i nadal odrzuca programistów. Realia są jednak takie, że PHP w wersji 8 jest bardzo przyjemnym i pozbawionym wielu nieprawidłowości sprzed lat językiem, a sam Laravel dzięki statusowi open-source bardzo szybko się rozwija. Dzięki temu

w połączeniu z elegancką składnią i szeroką gamą rozwiązań mamy do czynienia z ciekawą alternatywą dla wcześniej wspomnianych technologii, która przez następne lata będzie tylko zyskiwać swoich zwolenników.

## 4. Co wybrać?

Wybór technologii, na bazie której będziemy budować aplikację jest często bardzo trudny. Mnogość dostępnych frameworków, paczek, dodatków i innych tego typu rozwiązań sprawia, że przed rozpoczęciem prac powinniśmy poważnie przemyśleć co będzie dla nas najlepsze. Może mieć na to wpływ na przykład z jaką technologią na frontendzie będziemy chcieli sparować naszą część backendową, jakiej bazy danych będziemy używać czy też jakie będziemy stosować podejście do budowy naszego API.

Do stworzenia naszej aplikacji wykorzystamy framework Laravel. Wykonane zostaną podstawowe struktury potrzebne do działania naszego API:

- migracje tabeli z bazy danych,
- modele danych
- kontrolery,
- trasy.

Ze względu na jego prostą, czytelną i sugestywną składnię pozwoli nam to zrozumieć co wykonują poszczególne funkcje, a także w szybki sposób zrealizować wszystkie założone wcześniej funkcjonalności.

## 5. Utworzenie projektu

Duża część nowoczesnych frameworków została wyposażona w CLI(ang. Command Line Interface). Jest to swoisty menedżer naszej aplikacji za pomocą, którego możemy uruchomić, wyłączyć, zrestartować, a także jak w przypadku Artisan w Laravelu tworzyć pewne elementy aplikacji. Aby utworzyć może wykorzystać Composera<sup>1</sup>. Na rysunku 2 zostało zaprezentowane polecenie aby tego dokonać.

```
composer create-project laravel/laravel example-app
```

Rysunek 2. Polecenie do tworzenia nowego projektu w Laravel

Źródło: opracowanie własne.

Po udanej instalacji możemy przejść do folderu naszej aplikacji i uruchomić lokalne środowisko deweloperskie Laravla właśnie z wykorzystaniem konsoli Artisan (Rys. 3).

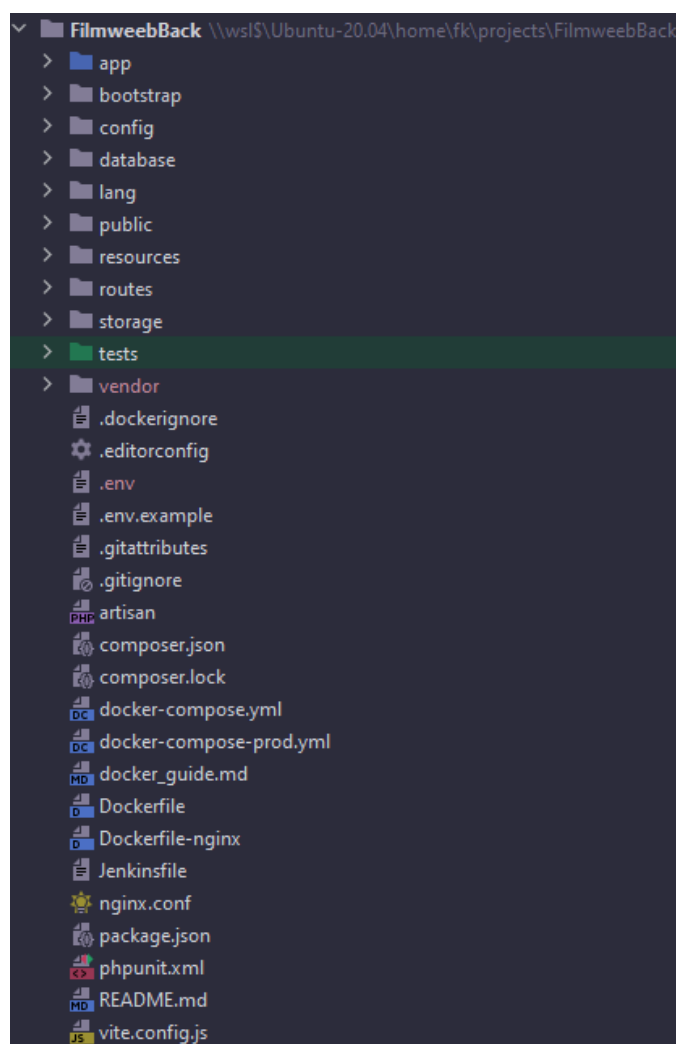
```
cd example-app  
  
php artisan serve
```

Rysunek 3. Polecenia do przejścia do folderu projektu i uruchomienia środowiska deweloperskiego

Źródło: opracowanie własne.

---

<sup>1</sup> Composer jest systemem zarządzania pakietami wykorzystywanym przez PHP.



Rysunek 4. Struktura projektu w Laravel

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku prezentowanej aplikacji zostało to wykonane w nieco inny sposób. Laravel został stworzony aby umożliwić prostą konfigurację w środowisku Dockera<sup>2</sup>. Posiada on interfejs Sail, który umożliwia konfigurację naszej aplikacji pod kątem konteneryzacji. Przedstawienie budowy wykorzystanego środowiska wymagałoby zagłębienia się w temat wspomnianych wcześniej kontenerów, co nie jest bezpośrednio powiązane z architekturą REST.

Po utworzeniu nowego projektu za pomocą konsoli Artisan otworzymy go w środowisku JetBrains – PhpStorm. Jest to dedykowane środowisko dla programistów PHP. Na rysunku 4 możemy zauważyć strukturę naszego projektu. Możemy tam zauważyć takie foldery jak app, database, routes, a także pliki takie jak plik środowiskowy czy właśnie pliki konfiguracyjne

<sup>2</sup> Docker jest aplikacją wykorzystywaną do automatyzacji, konteneryzacji i wdrażania środowisk programistycznych.

wspomnianego wcześniej Dockera. W kolejnych rozdziałów zostanie omówiona zawartość części z nich. Dzięki wykorzystanie konsoli Artisan możemy zaoszczędzić dużo czasu na tworzeniu takiej struktury ręcznie.

## 6. Migracje

Nieodzowną częścią aplikacji jest miejsce, w którym będziemy przechowywać dane czyli baza danych. Laravel umożliwia integracje z wieloma silnikami baz danych takimi jak MySQL, PostgreSQL czy też SQLite. Do zbudowania projektu wykorzystano bazę danych PostgreSQL, która została zintegrowana z aplikacją. Konfiguracja połączenia odbywa się poprzez uzupełnienie odpowiednich pól w pliku zmiennych środowiskowych. Jest to plik, który jest ukryty w eksploratorze plików Windowsa jak i Linuksa. Dopiero po zmianie ustawień możemy go zobaczyć. Zawiera takie informacje jak klucze dostępowe do usług, z których korzysta aplikacja i dane konfiguracyjne bazy danych takich jak loginy, hasła i port, na która ona pracuje. Resztą zajmuję się Laravel, a strukturę takiego pliku przedstawia rysunek 5.

```
DB_CONNECTION=  
DB_HOST=  
DB_PORT=  
DB_DATABASE=  
DB_USERNAME=  
DB_PASSWORD=
```

Rysunek 5. Zmienne środowiskowe przygotowane do połączenia z bazą danych  
Źródło: opracowanie własne.

Schemat bazy danych prezentowanego projektu przedstawiony został na rysunku 6.



Rysunek 6. Diagram prezentujący strukturę bazy danych tworzonego projektu.

Źródło: opracowanie własne.

Żeby móc przechowywać dane w bazie, musi ona posiadać tabele, do których będziemy je wprowadzać. W Laravelu tworzymy tak zwane migracje, czyli pliki, które określają szczegóły na temat konkretnej tabeli. Znajdują się one w folderze *migrations* wewnątrz folderu *database*. Przykładem takiej migracji będzie tabela *media*, która została przedstawiona na obrazku poniżej. Plik migracji dziedziczy (Laravel jest frameworkiem, który korzysta z paradygmatu obiektowego<sup>3</sup>) po abstrakcyjnej klasie *Migration*. Posiada dwie metody:

- *Up()* – odpowiada za stworzenie tabeli
- *Down()* – odpowiada za usuwanie tabeli

<sup>3</sup> Programowanie obiektowe jest stylem tworzenia oprogramowania, w którym poszczególne elementy są reprezentowane przez obiekty.

Jak widać na rysunku 7, każde pole posiada zdefiniowaną nazwę, typ, a jeśli jest to wymagane to jego rozmiar.

```
<?php

use Illuminate\Database\Migrations\Migration;
use Illuminate\Database\Schema\Blueprint;
use Illuminate\Support\Facades\Schema;

return new class extends Migration {
    /**
     * Run the migrations.
     *
     * @return void
     */
    public function up()
    {
        Schema::create( table: 'media', function (Blueprint $table) {
            $table->id();
            $table->string( column: 'title', length: 64);
            $table->string( column: 'original_title', length: 64);
            $table->date( column: 'release_date');
            $table->string( column: 'overview', length: 300);
            $table->double( column: 'duration');
            $table->enum( column: 'type', ['movie', 'serie']);
            $table->string( column: 'image_path', length: 128);
            $table->timestamps();
        });
    }

    /**
     * Reverse the migrations.
     *
     * @return void
     */
    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists( table: 'media');
    }
};
```

Rysunek 7. Struktura pliku migracyjnego.

Źródło: opracowanie własne.

Każdą tabelę definiuje się w osobnym pliku. Dodatkowo warto wspomnieć o konwencji nazewnictwa. Tabele powinny się nazywać liczbą, a modele liczbą pojedynczą. Aby zbudować naszą bazę danych wykorzystamy polecenie, które możemy zobaczyć poniżej.

```
sail artisan migrate
```

Przechodzi ona przez wszystkie pliki w folderze `database/migrations`, w przypadku zmian wprowadzi je do bazy. W przypadku braku jakichkolwiek tabel, zostaną one po prostu stworzone.



## 7. Modele

Model są reprezentacją struktur danych aplikacji. Każda tabela ma odpowiadający jej model, który zawiera funkcje, za pomocą których możemy odczytywać dane z tabeli. Laravel posiada zaimplementowany Eloquent ORM (object-relational mapper), który jest odpowiedzialny za taki stan rzeczy. Dostarcza on wiele funkcjonalności takich jak wyszukiwanie rekordu z tabeli po konkretnych id czy też wyciągnięcie ich wszystkich. Pozwala to deweloperom na skupienie się na bardziej złożonych problemach. Przykładowy model Medium został przedstawiony na rysunku 8.

```
class Medium extends Model
{
    use HasFactory;

    protected $fillable = ['title', 'original_title', 'release_date', 'overview', 'duration', 'type', 'image_path'];

    /**
     * The accessors to append to the model's array form.
     *
     * @var array
     */
    protected $appends = ['avg_grade'];

    protected function avgGrade(): Attribute
    {
        return new Attribute(
            get: fn() => $this->grades()->average( column: 'rating' )
        );
    }

    public function seasons()
    {
        return $this->hasMany( related: Season::class );
    }

    public function genres()
    {
        return $this->belongsToMany( related: Genre::class );
    }

    public function countries()
    {
        return $this->belongsToMany( related: Country::class );
    }
}
```

Rysunek 8. Struktura pliku modelu danych.

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 8 można zaobserwować również metody modelu o nazwach tabel, które znajdują się w naszej bazie. Jest to definicja relacji między nimi, którą również implementuje EORM. W modelu możemy dopisywać również bardziej wyszukane funkcje, takie jak widoczna powyżej funkcja *avgGrade()*, która liczy średnią ocenę filmu i dzięki polu *appends* dołącza pole *avg\_grade* do wyniku naszego zapytania.

Do utworzenia pliku modelu jak i jego podstawowej struktury możemy ponownie wykorzystać konsolę Artisan. Dodatkowo jeśli nie utworzyliśmy wcześniej możemy wykorzystać parametr „-m”, który przy okazji wykonania polecenia utworzy nam plik migracji naszego modelu stosując się do odpowiedniej konwencji nazewnictwa.

```
sail artisan make:model Medium -m
```

Rysunek 9. Polecenie do tworzenia nowego modelu wraz z plikiem migracyjnym.  
Źródło: opracowanie własne.

## 8. Kontrolery

Głównym elementem modelu MVC, który odpowiada za większość logiki biznesowej jest właśnie kontroler. On obsługuje zapytania wysyłane do aplikacji, przetwarza je, a następnie przekazuje do modelu, który tak jak zostało wspomniane wcześniej jest odpowiedzialny za logikę danych i interakcje z bazą danych. Następnie model zwraca obróbrane dane z powrotem do kontrolera, który przekazuje je w odpowiedzi do warstwy prezentacji.

Każda metoda kontrolera obsługuje odpowiednie żądania HTTP. Są to:

- POST,
- GET,
- UPDATE,
- DELETE,
- PUT.

Każde takie zapytanie w zależności od tego jak skonstruowana jest logika – otrzymuje zwrotne dane na temat powodzenia, lub też nie powodzenia zarządzanej operacji, bądź dane w formacie JSON. Jest on przyjazny do obsługi po stronie frontendowej i pozwala na generowanie treści na stronie na bazie tego co się w nim znajduje. Poniżej przedstawiona została metoda *show* MediumController, która obsługuje żądanie GET. Ma ona za zadanie wyszukanie w bazie danych na temat filmu o zadanym w zapytaniu identyfikatorze. Jeśli zostanie odnaleziony taki film w bazie jako odpowiedź API kontroler przekaże zestaw danych o szukanym medium, a także stosowną informację o sukcesie operacji. W razie niepowodzenia przekaże wiadomość błędów, aby umożliwić poinformowanie użytkownika końcowego o problemie z wykonaniem żądania.

```
public function show($id)
{
    $medium = $this->mediumService->findById($id);
    $medium->append('avg_grade')->toArray();
    if ($medium instanceof Medium) {
        return $this->sendResponse(new MediumResource($medium), message: 'Medium retrieved successfully.');
```

Rysunek 10. Metoda show kontrolera wyświetlająca dane z bazy wyszukane na podstawie podanego identyfikatora.

Źródło: opracowanie własne.

## 9. Routes

Połączenie z REST API odbywa się za pomocą zdefiniowanych przez programistę tras. Aby móc wykonać zapytanie czy też połączyć się z API, aplikacja powinna mieć zdefiniowane drogi dostępu. Laravel dysponuje API Routes, które odpowiadają za konfigurację tras w interfejsach typu REST, a sama konfiguracja znajduje się w pliku 'routes/api.php'. Trasy odpowiadają żądaniom HTTP. Na rysunku 11 przedstawiono trasy tworzonej aplikacji. Możemy zaobserwować wspomnianą wcześniej trasę dla metody show kontrolera MediumController, ale również dla metody index, czy też metody AuthController, który

odpowiada za autentykację. Trasy definiujemy za pomocą fasady Route, która posiada metody GET, POST, PUT czy też DELETE, a jako ich parametry podawane są URL, pod którym będzie dostępny dany zasób, a także metoda kontrolera, która obsługuje dane żądanie.

```
Route::post( uri: 'actors/{id}/addImage', [AdminController::class, 'addImage']);
Route::get( uri: 'person/{id}', [AdminController::class, 'getPerson']);

Route::controller( controller: AuthController::class)->group(function () {
    Route::post( uri: '/register', action: 'register');
    Route::post( uri: '/login', action: 'login');
    Route::get( uri: '/login/{provider}/redirect', action: 'redirectToProvider');
    Route::get( uri: '/login/{provider}/callback', action: 'handleProviderCallback');
});

Route::controller( controller: MediumController::class)->group(function () {
    Route::get( uri: 'media', action: 'index');
    Route::get( uri: 'media/top', action: 'getTopRated');
    Route::get( uri: 'media/{id}', action: 'show');
    Route::get( uri: 'media/{id}/casts', action: 'getCasts');
});

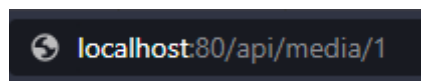
Route::controller( controller: PersonController::class)->group(function () {
    Route::get( uri: 'person/{id}', action: 'show');
});

Route::middleware( middleware: 'auth:sanctum')->group(function () {
    Route::get( uri: '/user', function (Request $request) {
        return $request->user();
    });
    Route::post( uri: '/logout', [AuthController::class, 'logout']);
});
```

Rysunek 11. Plik konfiguracyjny tras REST API

Źródło: opracowanie własne.

Niektóre żądania oczekują konkretnych danych dlatego na obrazku powyżej możemy zaobserwować URL połączony z parametrem „{id}”. Jest to identyfikator obiektu w bazie danych podawany przez zapytanie. Struktura takie zapytania wygląda w sposób następujący.

localhost:80/api/media/1

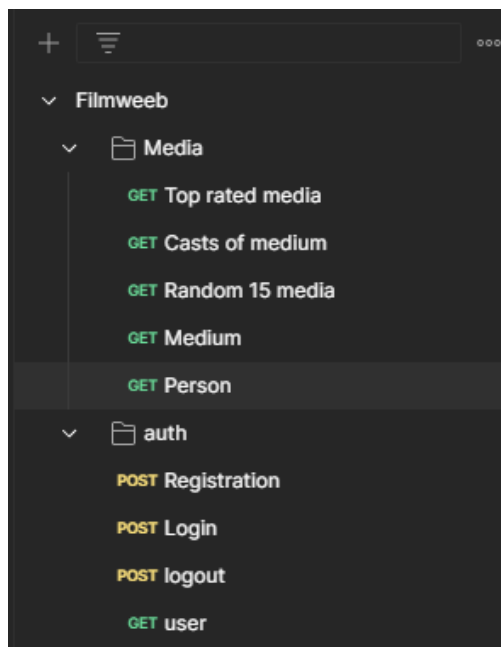
Rysunek 12. URL do połączenie się jednym z endpointów API

Źródło: opracowanie własne.

Jak widzimy w miejscu „{id}” pojawia się 1, które jest wspomnianym wcześniej identyfikatorem z bazy danych. Dzięki temu powinniśmy otrzymać takie dane jakich oczekiwaliśmy.

## 10. Testowanie z wykorzystaniem narzędzia Postman

Aby sprawdzić czy poszczególne trasy i typy zapytań działają w oczekiwany sposób wykorzystuje się zewnętrzne oprogramowania. Jednym z najpopularniejszych tego typu programów jest Postman, który służy do projektowania i testowania API. Umożliwia on tworzenie kolekcji, które grupują tzw. endpointy, czyli wcześniej wspomniane trasy w powiązane ze sobą zestawy. Poniżej możemy zobaczyć przykładowe kolekcje.

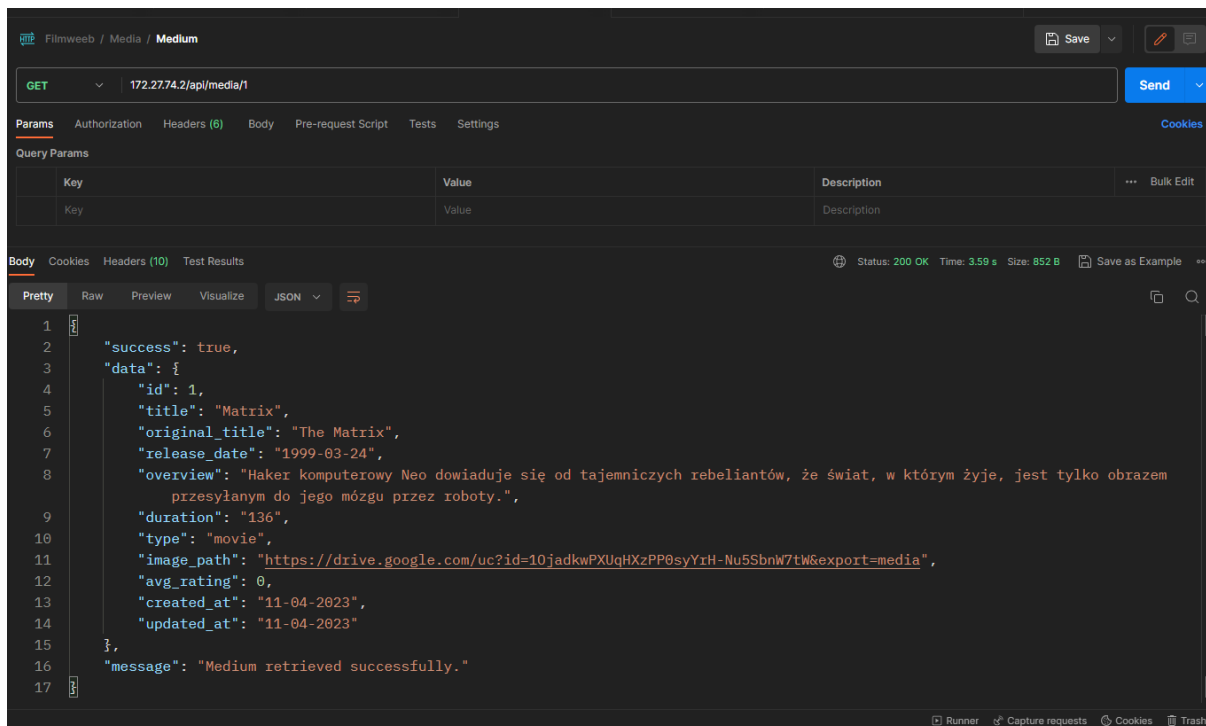


Rysunek 13. Grupy powiązanych ze sobą zapytań.  
Źródło: opracowanie własne.

W oknie programu jest możliwość wyboru typu żądania, wprowadzić URL, który zamierzamy przetestować, a w przypadku zapytania post uzupełnić w zakładce Body odpowiednie wartości, dla których chcemy sprawdzić działanie.

## 11. Podsumowanie

Interfejs aplikacji w architekturze REST jest jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań w tworzeniu aplikacji backendowych. Przez odseparowanie warstwy prezentacji mamy możliwość korzystania z API przez różne formy np. przez aplikacje mobile czy strony internetowe. Z wykorzystaniem Laravela może w szybki i prosty sposób zbudować nasz własny interfejs, a mnogość dodatków i paczek pozwoli nam dostosować go do naszych potrzeb i rozwijać w przyjazny i poukładany sposób. Sam framework wykonuje wiele rzeczy za nas takich jak np. konfiguracja połączenia z bazą danych. Dodatkowo jest to jedna z najpopularniejszych technologii w branży, dlatego jest warta polecenia.



Rysunek 14. Wynik testowania zapytania w programie Postman.

Źródło: opracowanie własne.

## Literatura

1. Kamiński P., *Laravel. Wstęp do programowania aplikacji internetowych*, Wydawnictwo Helion, Październik 2019.

## Źródła internetowe

1. <https://laravel.com/docs/10.x> (dostęp: 23.06.2023).
2. <https://www.simform.com/blog/laravel-vs-spring/> (dostęp: 23.06.2023).
3. <https://kinsta.com/blog/django-vs-laravel/> (dostęp: 23.06.2023).
4. <https://docs.djangoproject.com/en/4.2/> (dostęp: 23.06.2023).
5. <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/> (dostęp: 23.06.2023).
6. <https://github.com/skni-kod/FilmweebBack> (dostęp: 23.06.2023).



**Jakub Przystasz**

Studenckie Koło Naukowe Informatyków „Kod”

**dr inż. Bartosz Trybus**

Opiekun Koła Naukowego

## **Sieciowy program rozruchowy w systemie operacyjnym MicrOS**

### **Streszczenie**

Artykuł opisuje w jaki sposób zrealizowany został program rozruchowy dla systemu operacyjnego MicrOS, w którym wykorzystano technologię Preboot Execution Environment. System operacyjny MicrOS jest projektem rozwijanym przez Studenckie Koło Naukowe Informatyków „KOD”. To prosty system operacyjny działający w 32-bitowym trybie chronionym, w którym zaimplementowano podstawowe mechanizmy takie jak wielozadaniowość, system plików FAT12, wsparcie dla plików wykonywalnych ELF oraz bibliotekę standardową dla języka C. W niniejszym artykule przedstawiona zostanie procedura uruchamiania systemu za pośrednictwem sieci lokalnej z wykorzystaniem standardu Preboot Execution Environment. W artykule pokazano w jaki sposób wykorzystywać interfejs programistyczny (API) udostępniony w środowisku PXE. Wywoływanie funkcji interfejsu dla 16-bitowego trybu rzeczywistego procesora będzie wykonywane z poziomu programu rozruchowego skompilowanego do uruchomienia w 32-bitowym trybie chronionym.

**Słowa kluczowe:** system operacyjny, rozruch systemu, program rozruchowy, sieć.

### **1. Wprowadzenie**

PXE - Preboot eXecution Environment jest środowiskiem zawierającym interfejs programistyczny oraz zestaw protokołów komunikacyjnych pozwalający na uruchomienie systemu operacyjnego za pośrednictwem sieci. Ogromna popularność jaką zyskała nowa technologia sprawiła, że rozwiązanie stało się powszechnym standardem, za którego stworzenie odpowiedzialne jest konsorcjum firm Intel oraz SystemSoft. Rozwój technologii miał miejsce na przestrzeni lat 80-tych oraz 90-tych. Ostatnia odsłona standardu o oznaczeniu 2.1 wydana w 1999 roku jest stosowna do dnia dzisiejszego. W chwili obecnej niemal każdy komputer zgodny z architekturą x86 posiada kartę sieciową oraz oprogramowanie układowe wspierające PXE, co świadczy o powszechności tego rozwiązania. PXE stanowi standard w którym ujednociono wykorzystanie funkcji BIOS/UEFI, opracowano spójny interfejs programistyczny (API) oraz sposób komunikacji pomiędzy klientem a serwerem z wykorzystaniem protokołów komunikacyjnych takich jak TFTP, DHCP. PXE w połączeniu z WakeOnLan pozwala efektywnie zarządzać całymi klastrami komputerów. WakeOnLan daje możliwość zdalnego uruchomienia komputera poprzez przesłanie ramki Ethernet zawierającej „magic packet”. Po odebraniu takiej

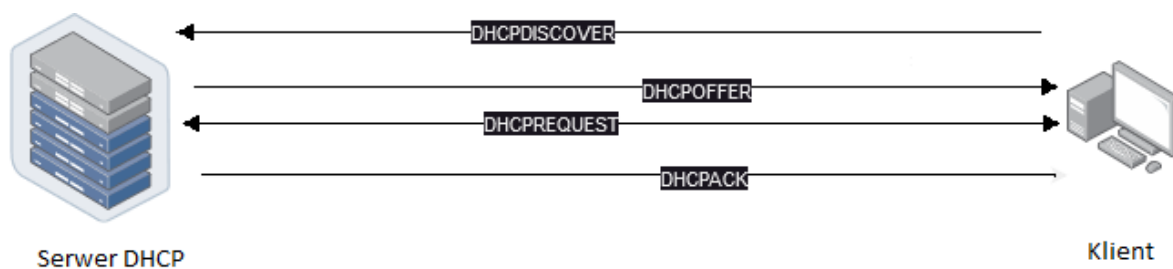
ramki karta sieciowa wyzwała proces uruchamiania komputera w podobny sposób jak ma to miejsce gdy zostanie naciśnięty przełącznik POWER. WoL działa niezależnie od zainstalowanego na komputerze systemu operacyjnego. Połączenie WOL oraz PXE daje możliwość elastycznie zarządzać nawet ogromną ilością komputerów bez konieczności używania fizycznych nośników danych lub fizycznego dostępu do każdego komputera z osobna. W zaawansowanych zastosowaniach PXE pozwala na dynamiczne przydzielanie systemu operacyjnego uruchamianego na urządzeniu, najczęściej w takiej konfiguracji wybór systemu uzależniony jest od adresu fizycznego (MAC) karty sieciowej. Jednym z narzędzi wykorzystujących PXE jest OpenStack używany w centrach obliczeniowych w których pracują setki komputerów.

Celem artykułu jest przedstawienie zasad działania PXE oraz sposób implementacji programu rozruchowego dla systemu MicrOS, w którym zostanie wykorzystany interfejs programistyczny udostępniony w ramach standardu PXE.

## 2. Sekwencja rozruchowa

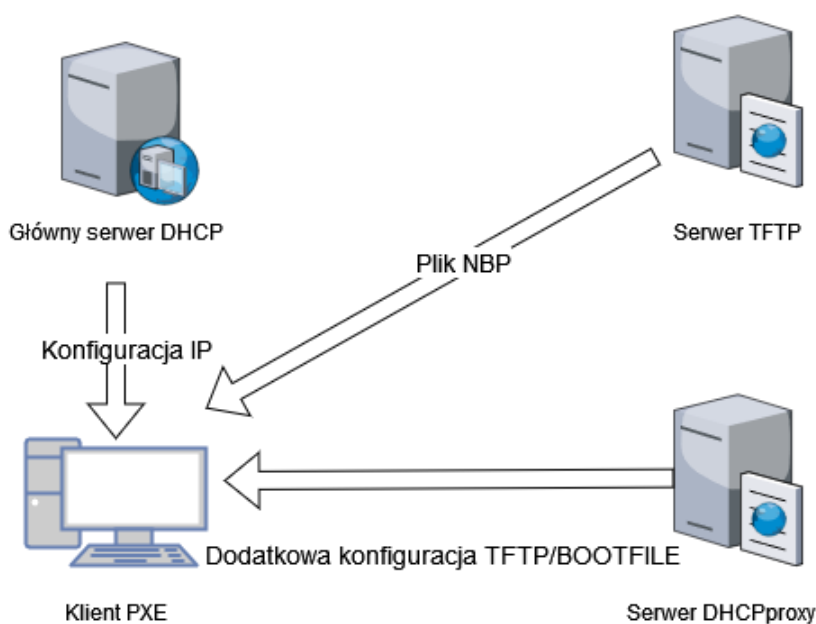
W domyślnej konfiguracji, jeżeli oprogramowanie płyty głównej (BIOS lub UEFI) nie odnajdzie nośnika danych z którego możliwe będzie załadowanie systemu operacyjnego, to ostatnim krokiem będzie próba załadowania systemu poprzez sieć. Możliwe jest skonfigurowanie komputera w taki sposób, aby dopiero w momencie uruchomienia poprzez WakeOnLan nastąpił rozruch systemu za pośrednictwem PXE. Uruchamianie systemu z sieci po otrzymaniu sygnału uruchomienia poprzez sieć jest przydatne na przykład w sytuacji gdy komputer uległ awarii, a nie ma możliwości fizycznego dostępu do komputera. Kiedy oprogramowanie komputera przejdzie do ładowania systemu poprzez sieć w pierwszej kolejności zostanie wysłana wiadomość *DHCPDISCOVER*. Wiadomość jest wysyłana na adres rozgłoszeniowy (255.255.255.255). Jeżeli w sieci lokalnej uruchomiony jest serwer DHCP to w wiadomości zwrotnej (nazywanej *DHCPOFFER*) będzie umieszczony adres IP który jest oferowany dla klienta, ponadto wiadomość zawiera adres sieciowy bramy domyślnej, adres serwera DHCP, adres maski oraz czas na który udzielono klientowi adresu. Następnie komputer który jest uruchamiany (klient) wysyła żądanie *DHCPREQUEST* w którym potwierdza przypisany mu adres. Jeżeli serwer otrzyma taką wiadomość to adres MAC klienta zostanie skojarzony z przydzielonym mu adresem IP w tablicy *DHCP Leases* serwera. Serwer jako potwierdzenie które zakończy proces negocjacji adresu wysyła wiadomość *DHCPACK*.





Rysunek 1 Auto negocjacja adresu DHCP, opracowanie własne

Na rysunku 1 pokazano proces negocjacji adresu pomiędzy klientem a serwerem DHCP. Dynamiczna konfiguracja IP pozwala na uruchomienie komunikacji sieciowej bez konieczności wprowadzania ustawień w oprogramowaniu układowym komputera. Wiadomości DHCP zawierają dodatkowo adres serwera TFTP oraz nazwę pliku rozruchowego (NBP) który konieczny jest do realizacji ładowania poprzez sieć. W typowej konfiguracji sieci lokalnej rolę zarówno serwera DHCP jak i serwera TFTP pełni jeden komputer. W wielu dystrybucjach systemu GNU/Linux dostępna jest paczka *dnsmasq*, która umożliwia uruchomienie zarówno serwera DHCP jak i usługi udostępniania plików poprzez protokół TFTP. W przypadku gdy nie ma możliwości uruchomienia obu usług na jednej maszynie, istnieje możliwość uruchomienia dodatkowego serwera DHCP, który będzie pracował w trybie proxy. W tym trybie, dodatkowy serwer podobnie jak główny nasłuchuje zapytań *DHCPDISCOVER*, jednak jego zadaniem nie jest przydzielanie adresów IP. Po odesłaniu adresu do klienta przez serwer główny, wysyłana jest dodatkowa wiadomość DHCP, w której znajduje się adres serwera TFTP potrzebnego do załadowania systemu operacyjnego.



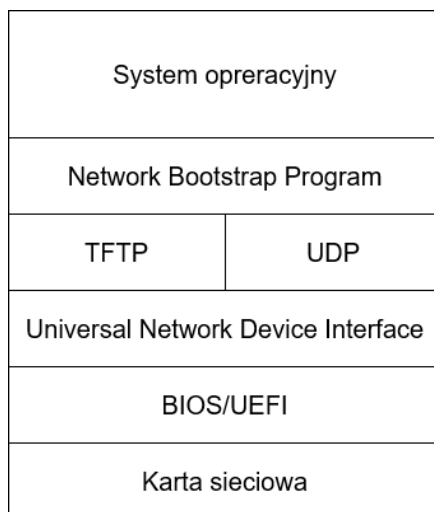
Rysunek 2 Konfiguracja PXE z wykorzystaniem serwera DHCP Proxy, opracowanie własne

Na rysunku 2 umieszczono konfigurację środowiska PXE z wykorzystaniem serwera DHCPProxy. Ścieżka do programu rozruchowego umieszczona jest w polu BOOTFILE wewnątrz nagłówka wiadomości DHCP. W tej samej wiadomości znajduje się adres serwera TFTP z którego można pobrać plik programu rozruchowego (NBP). Do przesłania plików konieczne jest użycie protokołu TFTP. Jeżeli nadrzędny serwer DHCP nie dostarczy informacji o położeniu pliku NBP, to taka informacja zostanie przesłana z dodatkowego serwera proxy.

Po uzyskaniu kompletnej konfiguracji (adres serwera TFTP oraz ścieżka do pliku NBP) klient jest w stanie podjąć próbę załadowania systemu operacyjnego poprzez sieć. Ładowanie polega na pobraniu pliku programu Network Bootstrap Program. Taki plik może mieć maksymalny rozmiar do 32KiB. Pobranie i załadowaniem pliku do pamięci komputera zajmuje się oprogramowanie układowe, więc na tym etapie proces uruchamiania komputera jest w pełni automatyczny. Podobnie jak w przypadku innych metod ładowania systemu, program rozruchowy trafi do pamięci komputera pod adres 0x7C00. Po zakończeniu ładowania, oprogramowanie układowe przekazuje kontrolę nad komputerem do załadowanego programu.

### 3. Network Bootstrap Program

Program rozruchowy - Network Bootstrap Program (NBP) jest pośrednim etapem, pomiędzy uruchomieniem komputera a załadowaniem systemu operacyjnego. Jego zadaniem jest pobranie niezbędnych plików, które pozwolą na uruchomienie kompletnego systemu operacyjnego. Z poziomu NBP możliwe jest wykorzystanie funkcji kompatybilnych z PXE, które dostarczone są przez oprogramowanie układowe. Są to te same funkcje które zostały wykorzystane do pobrania pliku rozruchowego. Zestaw funkcji udostępniony dla programisty stanowi uniwersalny interfejs, który został usystematyzowany w ramach PXE. Niezależnie od producenta komputera interfejs składa się z tych samych funkcji, które powinny działać dokładnie w taki sam sposób. Korzystanie z funkcjonalności dostarczanych przez PXE otwiera możliwość szybkiej implementacji programu ładującego system operacyjny poprzez sieć. Jednak wykorzystywany protokół TFTP nie zapewnia optymalnego wykorzystania łącza przez co ładowanie dużych plików będzie czasochłonne. Nowoczesne programy rozruchowe w celu zwiększenia wydajności korzystają z własnych implementacji protokołów komunikacyjnych jak na przykład FTP lub HTTP, dzięki czemu proces ładowania jest znacznie szybszy. Jednak oprócz konieczności implementacji wsparcia dla protokołów sieciowych, konieczne jest zaimplementowanie sterowników dla kart sieciowych, ponieważ implementacja wydajnej komunikacji nie pozwala wykorzystać interfejsu UNDI (Universal Network Device Interface).



Rysunek 3 Struktura PXE, opracowanie własne

#### 4. Preboot Execution Environment API

Dostęp do interfejsu PXE możliwy jest poprzez struktury struktury !PXE lub PXENV. Struktura PXENV dostępna jest od pierwszych wersji standardu, natomiast z !PXE można korzystać od wersji o oznaczeniu 2.1. Wykorzystywanie starszej wersji interfejsu nie jest zalecane w przypadku tworzenia nowych programów NBP. Jednak w celu zachowania kompatybilności ze starszym sprzętem, nowoczesne programy rozruchowe implementują rozruch za pomocą przestarzałego interfejsu PXENV. Budowa struktury PXENV została pokazana w tabeli 1.

Tabela 1 Struktura PXENV, opracowanie własne na podstawie [1]

Przesunięcie	Typ	Nazwa	Opis
0x00	uint8	Signature	Zawiera "PXENV+"
0x06	uint16	Version	Oznaczenie wersji np. 0x0201
0x08	uint8	Length	Długość struktury w bajtach
0x09	uint16	Checksum	8-bitowa wartość do obliczenia sumy kontrolnej
0x0A	uint32	RMEntry	Daleki wskaźnik do API
0x0E	uint32	PMOffset	Wskaźnik do API dla trybu chronionego
0x12	uint16	PMSelector	Selektor trybu chronionego
0x14	uint16	StackSeg	Adres segmentowy stosu
0x16	uint16	StackSize	Rozmiar segmentu stosu
0x18	uint16	BC_CodeSeg	Segment kodu rozruchowego
0x1A	uint16	BC_CodeSize	Rozmiar segmentu kodu rozruchowego
0x1C	uint16	BD_DataSeg	Segment danych programu rozruchowego
0x1E	uint16	BD_DataSize	Rozmiar segmentu danych programu rozruchowego
0x20	uint16	UNDIDataSeg	Segment danych interfejsu UNDI
0x22	uint16	UNDIDataSize	Rozmiar segmentu danych UNDI
0x24	uint16	UNDICodeSeg	Segment kodu interfejsu UNDI
0x26	uint16	UNDICodeSize	Rozmiar segmentu kodu UNDI
0x28	uint16	PXEPtr	Adres struktury !PXE

Jeżeli środowisko PXE zainstalowane w oprogramowaniu układowym komputera jest w wersji 2.1 to struktura PXENV zawiera dodatkowe pole, którym jest wskaźnik do nowej struktury !PXE. Stąd posiadając adres jednej ze struktur, łatwo można uzyskać adres drugiej. W zależności od implementacji PXE wskaźnik do jednej ze struktur może zostać przekazany poprzez:

- wstawienie na stos
- para rejestrów es:bx
- przerwanie programowe

Możliwe jest również skanowanie pamięci operacyjnej w zakresie od adresu 0x7E00 do 0x9FFFF, ponieważ w tym obszarze BIOS komputera umieszcza strukturę PXE. W implementacji programu rozruchowego PXELINUX[2] znajdziemy następującą sekwencję wyszukującą adres struktury:

- odczytanie adresu !PXE ze stosu
- odczytanie adresu PXENV z pary rejestrów es:bx
- odczytanie adresu PXENV+ przerwaniem programowym
- skanowanie pamięci w poszukiwaniu nagłówka !PXE
- skanowanie pamięci w poszukiwaniu nagłówka PXENV.

Adres umieszczony w parze rejestrów es:bx oraz ten przekazany poprzez stos możliwe są do odczytania na początku działania programu rozruchowego. Wykonanie operacji zapisu do jednego z rejestrów lub zmiana adresu stosu, spowoduje utracenie informacji o położeniu funkcji.

Tabela 2 Struktura !PXE, opracowanie własne na podstawie [1]

Przesunięcie	Typ	Nazwa	Opis
0x00	uint8	Signature	Zawiera "!PXE"
0x04	uint8	Length	Długość struktury w bajtach
0x05	uint8	Checksum	Wartość do obliczania sumy kontrolnej
0x06	uint8	Revision	Wersja struktury
0x07	uint8	reserved	Zawiera 0
0x08	uint32	UNDIROMID	Daleki wskaźnik do struktury UNDI ROM ID
0x0C	uint32	BaseROMID	Daleki wskaźnik do BC dla trybu rzeczywistego
0x10	uint32	EntryPointSP	Daleki wskaźnik do interfejsu PXE (tryb rzeczywisty)
0x14	uint32	EntryPointESP	Daleki wskaźnik do interfejsu PXE (tryb chroniony)
0x18	uint32	StatusCallout	Wskaźnik funkcji statusu
0x1C	uint8	reserved	Zawiera 0
0x1D	uint8	SegDescCnt	Ilość adresów segmentowych w strukturze
0x1E	uint16	FirstSelector	Selektor segmentu dla trybu chronionego
0x20	uint32 x 7	Selectors	Adresy segmentowe dla trybu chronionego

W tabeli 2 zamieszczono uproszczoną budowę struktury !PXE, która jest wykorzystywana w programie rozruchowym dla systemu operacyjnego MicrOS. Najważniejszym elementem

struktury jest pole *EntryPointSP*, w którym zapisano daleki wskaźnik do zestawu funkcji PXE. Wskaźnik można wykorzystać jedynie w będąc w trybie rzeczywistym procesora. Dla trybu chronionego w strukturze umieszczono osobny wskaźnik do API.

## 5. Ograniczenia

Zastosowanie protokołu TFTP wpływa negatywnie na czas ładowania programu. Kolejnym ograniczeniem jest maksymalny rozmiar pliku rozruchowego, który nie może przekroczyć 32KB. Brak możliwości wykorzystania protokołu TCP również ogranicza pole zastosowań dla standardowego interfejsu. Obecnie zamiast korzystać z interfejsu dostarczanego przez PXE, w programach rozruchowych (NBP) wykorzystywane są własne implementacje sterowników kart sieciowych oraz protokołów sieciowych. Przykładem takiego projektu jest iPXE w którym możliwe jest uruchomienie systemu operacyjnego za pośrednictwem protokołów:

- FTP
- HTTP lub HTTPS
- iSCSI
- NFS.

## 6. Zastosowanie PXE w systemie MicrOS

Możliwość uruchomienia systemu operacyjnego poprzez sieć jest szczególnie przydatna w procesie testowania działania systemu na fizycznym sprzęcie. Dotychczas testy systemu MicrOS wymagały od programisty nagrywania obrazów systemu na dyskietki, co wiązało się z czasochłonnym procesem zapisu na magnetyczny nośnik danych. Wyeliminowanie fizycznego nośnika znacznie skraca czas pomiędzy utworzeniem nowego obrazu systemu a uruchomieniem systemu na sprzęcie. Wygenerowany obraz systemu może być wysyłany bezpośrednio z katalogu projektu do testowej maszyny za pośrednictwem serwera TFTP. Jako serwer TFTP oraz DHCP wykorzystany może być pakiet *dnsmasq* dostępny w repozytoriach dystrybucji Linuxa.

## 7. Implementacja Network Bootstrap Program

Po wejściu do programu rozruchowego, procesor jest ustawiony w trybie rzeczywistym. Natomiast system operacyjny MicrOS jest przystosowany do operowania w trybie chronionym, dlatego zadaniem programu rozruchowego będzie nie tylko pobranie obrazu systemu, ale również przygotowanie procesora do pracy w trybie chronionym. Aby móc skorzystać z funkcji dostęp-

nych w interfejsie PXE konieczne jest uzyskanie adresu na funkcje, który jest zapisany w strukturze PXENV lub !PXE. W zaimplementowanym programie rozruchowym to zadanie jest realizowane poprzez wywołanie przerwania systemowego, co zostało pokazane w listingu 1.

```
mov ax, 5650h
int 1ah
push es
push bx
```

*Listing 1 Pobranie adresu struktury PXE*

Wywołanie przerwania zwraca w rejestrze *es* adres segmentowy, natomiast do rejestru *bx* trafia przesunięcie. Zwrócone wartości są następnie odłożone na stos, skąd zostaną pobrane na wejściu do funkcji ładującej obraz systemu operacyjnego. Tworzenie nawet prostego programu rozruchowego za pomocą języka asemblera nie jest zadaniem łatwym, stąd w zaimplementowanym programie połączono funkcje napisane w języku asemblera oraz języka C. W projekcie systemu MicrOS do kompilacji wykonanych programów wykorzystywany jest kompilator gcc, który nie jest przystosowany do tworzenia kodu maszynowego dla procesora pracującego w trybie rzeczywistym. Dlatego program rozruchowy został napisany w taki sposób aby najpierw przygotować środowisko i przejść w tryb chroniony z którego następnie będzie pobrany obraz systemu.

Na etapie tworzenia funkcjonalności okazało się, że niektóre implementacje standardu PXE nie działają poprawnie w trybie chronionym a więc nie jest możliwe wykorzystanie gotowych funkcji. Na potrzeby obejścia tego problemu stworzono w języku asemblera funkcję *pxecall*, która pozwala wykorzystać dostępny tylko w trybie chronionym interfejs PXE, a następnie powraca do trybu chronionego. Listing 2 zawiera fragment funkcji *pxecall*, w którym zapisywany jest na stosie obecny stan rejestrów a następnie przejście do 16-bitowego trybu chronionego z którego następuje przejście w tryb rzeczywisty za pośrednictwem instrukcji *iretd*

```
global pxecall
pxecall:
    pushad
    mov ax, 0x20
    mov es, ax
    mov ds, ax
    mov fs, ax
    mov gs, ax
    mov ss, ax
    jmp 0x018: .foop
[bits 16]
.foop:
    mov eax, cr0
    and eax, ~1
    mov cr0, eax

    xor ax, ax
    mov es, ax
    mov ds, ax
    mov fs, ax
    mov gs, ax
    mov ss, ax
    pushfd
    push dword 0x0
    push dword .new_func
    iretd
```

*Listing 2 Fragment funkcji pxecall*

Funkcja *loader\_main* zamieszczona w listingu 3 jako parametr przyjmuje strukturę *in\_addr* w której przekazywany jest daleki wskaźnik na strukturę PXE. Sposób uzyskania przekazywanych wartości został pokazany w listingu 1.

```

typedef struct seg_off
{
    uint16_t offset;
    uint16_t segment;
} seg_off_t;

void loader_main(seg_off_t in_addr){
    seg_off_t pxe_entrypoint;
    pxenv_t *pxenv;
    pxe_t *pxe;

    ipv4_addr_t server;
    ipv4_addr_t gateway;

    terminal_initialize();

    pxenv = get_ptr(in_addr);
    if (is_pxenv(pxenv))
        goto have_pxenv;

    if ((pxe = memory_scan_for_pxe_struct()))
        goto have_pxe;

    if ((pxenv = memory_scan_for_pxenv_struct()))
        goto have_pxenv;
}

```

*Listing 3 Początek funkcji ładującej obraz systemu*

Jeżeli przekazany adres struktury nie będzie wskazywał poprawnego położenia struktury to funkcja *is\_pxenv* zwróci fałsz. Program rozruchowy przechodzi wtedy do funkcji przeszukujących pamięć operacyjną w poszukiwaniu struktury. W pierwszej kolejności wyszukiwana jest struktura w nowszej wersji, jeżeli nie zostanie znaleziona ten sam obszar pamięci zostanie przeszukany ponownie w celu znalezienia struktury PXENV która powinna być zaimplementowana we wszystkich komputerach zgodnych z PXE.

Po pomyślnym odnalezieniu struktury PXE następuje odczytanie wskaźnika na interfejs funkcji PXE. W zależności od tego jaka struktura została odnaleziona odczytywane jest odpowiednie jej pole zgodnie z tabelą 1 lub tabelą 2. Informacje na temat konfiguracji karty sieciowej, adresu IP, bramy domyślnej są już zapisane w pamięci komputera. Proces negocjacji adresu został już wykonany w trakcie pobierania przez BIOS pliku NBP. Aby odczytać te informacje należy skorzystać z funkcji API o nazwie *GET\_CACHED\_INFO*. Funkcja zwraca adres struktury zawierającej wiadomość DHCPACK. W wiadomości znajdują się wszystkie niezbędne parametry uzgodnione między klientem a serwerem. W listingu 4 pokazano jak wygląda wywołanie funkcji *GET\_CACHED\_INFO* oraz odczytanie z wiadomości DHCP adresu serwera TFTP oraz bramy domyślnej.



```

    get_cached_info_t info = (get_cached_info_t){.packet_type =
PXENV_PACKET_TYPE_DHCP_ACK};
    pxecall(entry.segment,
            entry.offset,
            PXE_OPCODE_GET_CACHED_INFO,
            0,
            &info);
    dhcp_message_t *dhcp_ack = (info.buffer_seg << 4) + info.buffer_off;
    ipv4_addr_t *addr = &dhcp_ack->siaddr;
    if (dhcp_ack->siaddr.value)
        *server = dhcp_ack->siaddr;
    if (dhcp_ack->giaddr.value)
        *gateway = dhcp_ack->giaddr;

```

*Listing 4 Odczytanie konfiguracji karty sieciowej*

Znając adres serwera TFTP można przystąpić do pobrania obrazu systemu operacyjnego. Wywołanie koniecznych funkcji wygląda analogicznie jak w przypadku pobierania konfiguracji DHCP. Różnica polega na wykorzystaniu innego numeru funkcji przekazywanego jako drugi argument dla funkcji *pxecall*. Wartości przekazywane do funkcji oraz zwracane przez funkcję umieszczone są we wspólnej strukturze, do której wskaźnik przekazywany jest jako czwarty argument. Listing 5 zawiera strukturę wykorzystywaną do pobrania z serwera TFTP rozmiaru pliku. Aby funkcja zwróciła oczekiwany rozmiar pliku (pole *file\_size*), konieczne jest przekazanie struktury w której uzupełnione jest pole *file* (ścieżka do pliku na serwerze), *server\_addr* (adres serwera TFTP), oraz *gateway\_addr* (adres bramy domyślnej). Pole *status* jest ustawiane przez funkcję, jeśli funkcja zostanie wykonana prawidłowo pole powinno zawierać wartość 0.

```

typedef struct get_file_size
{
    uint16_t status;
    ipv4_addr_t server_addr;
    ipv4_addr_t gateway_addr;
    uint8_t file[128];
    uint32_t file_size;
} __attribute__((packed)) get_file_size_t;

```

*Listing 5 Struktura get\_file\_size*

Po pobraniu rozmiaru pliku program rozruchowy może przygotować bufor o odpowiednim rozmiarze. Następnym krokiem jest otwarcie połączenia ze serwerem TFTP funkcją *TFTP\_OPEN*, kod funkcji to 0x20. Odbieranie pliku polega na wysyłaniu na serwer żądań, na które w odpowiedzi serwer plików przesyła kolejne fragmenty o stałym rozmiarze. Aby odebrać

fragment pliku należy wykorzystać funkcję TFTP\_READ (kod funkcji 0x22). Opis każdej z funkcji dostępny jest w dokumentacji PXE [1]. Po odczytaniu ostatniego fragmentu należy zamknąć połączenie, służy do tego funkcja TFTP\_CLOSE. Aby zwiększyć niezawodność, konieczne będzie zaimplementowanie w przyszłości mechanizmu sprawdzającego integralność pobranych danych na przykład poprzez porównanie sum kontrolnych pliku pobranego z serwera oraz sumy umieszczonej na serwerze.

Przed opuszczeniem programu rozruchowego należy zwolnić zasoby zajmowane przez PXE m.in. kartę sieciową która jest jeszcze pod bezpośrednią kontrolą oprogramowania układowego. W tym celu należy wykonać następujące funkcje:

- *PXENV\_UNDI\_SHUTDOWN*,
- *PXENV\_UNLOAD\_STACK*,
- *PXENV\_STOP\_UNDI*.

Opuszczenie programu rozruchowego sprowadza się do wykonania skoku do miejsca w którym rozpoczyna się funkcja uruchamiająca jądro systemu operacyjnego. W przypadku systemu MicrOS do wejściowej funkcji nie są przekazywane żadne parametry. Instrukcja skoku do systemu którego początek załadowano pod adresem 0x100000 została umieszczona w listingu 6.

```
global enter_kernel:
enter_kernel:
    jmp dword 0x08:0x100000
    jmp $
```

*Listing 6 Instrukcja skoku do systemu*

## 8. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda uruchamiania systemu operacyjnego ułatwia pracę nad systemem operacyjnym. Należy mieć na uwadze, że zaimplementowany program rozruchowy jest wykorzystuje w minimalnym stopniu możliwości jakie daje środowisko PXE. W razie potrzeby możliwe jest pobranie więcej niż jednego pliku. Do rozważania pozostają kwestie związane z bezpieczeństwem, ponieważ stworzony program rozruchowy nie posiada mechanizmów zabezpieczających przed błędami komunikacji lub ingerencją osób trzecich.

## Literatura

1. *Dandamudi S. P., Fundamentals of Computer Organization and Design, Springer, 2002.*
2. *Stallings W., Systemy operacyjne architektura, funkcjonowanie i projektowanie, Helion, Gliwice 2018.*

## Źródła internetowe

1. <http://www.pix.net/software/pxeboot/archive/pxespec.pdf> (dostęp: 21.06.2023).
2. <https://wiki.syslinux.org/wiki/index.php?title=PXELINUX> (dostęp: 21.06.2023).
3. <https://github.com/skni-kod/micros/tree/rtl8139> (dostęp 21.06.2023).



**Kamil Uchwat, Filip Kula, Wojtek Zajączkowski, Jakub Żańczak, Michał Zielonka**  
SKNI KOD

**Opiekun naukowy**  
**dr inż. Bartosz Trybus**

## **Zastosowanie sztucznej inteligencji w analizie big data**

### **Streszczenie**

Sztuczna inteligencja jak i big data są dwoma prężnie rozwijającymi się nurtami w dziedzinie informatyki. Sztuczna inteligencja (inaczej SI/AI) zajmuje się procesami, które wymagałyby decyzyjności czy ludzkiego myślenia, zaś big data jest potężnym zbiorem danych i informacji, które do przetworzenia, wymagają złożonych narzędzi, chociażby takich jak sztuczna inteligencja. Analiza big data, jest procesem wydobycia, badania i interpretacji tych ogromnych ilości danych, które gromadzone są, z różnych źródeł. Big data swoje zastosowanie znalazło w wielu dziedzinach, takich jak medycyna, finanse, statystyka, marketing i wiele innych. Tak potężne zbiory danych są wykorzystywane do analizowania czy wyszukiwania nowych trendów, podejmowania lepszych decyzji czy testowania nowych innowacyjnych rozwiązań.

Wprowadzenie SI do big data otworzyło wiele nowych drzwi w kwestii analizy tych zbiorów informacji, głównie przez automatyzację procesu, identyfikację nowych wzorców, tworzenie trafnych prognoz czy dostarczania cennych informacji biznesowych.

Mimo wszystko, zawsze pojawiają się przeszkody. Poza możliwościami jakie za sobą niesie ta para, są też nowe problemy do rozwiązania, m.in. ochrona prywatności, etyka zagadnienia, skuteczne określanie dokładności całej analizy, czy też moralnie poprawne wykorzystanie zebranych informacji. To jest dopiero zalążek przeszkód jakie niesie za sobą mająca miejsce na naszych oczach rewolucja technologiczna. Bez odpowiedniego zrozumienia i podejścia do postawionych nam wyzwań, nie będziemy w stanie określić odpowiednich norm prawnych, etycznych czy technologicznych.

W artykule skupimy się na roli sztucznej inteligencji w analizie potężnych zbiorów danych, przeanalizujemy metody, narzędzia i technologie wykorzystywane w tym obszarze wraz z przykładami zastosowań praktycznych. Omówimy również korzyści, wyzwania i zagrożenia związane z tym dynamicznym działem. Ostatecznym celem jest zwiększenie zrozumienia i świadomości dotyczącej tych dziedzin, które mają potencjał zmienić nasz sposób myślenia, działania i podejmowania decyzji w obliczu zbieranej na nasz temat każdego dnia góry danych, która ciągle się zwiększa.

## 1. Wprowadzenie:

Analiza big data jest to termin odnoszący się do potężnych, zmiennych i różnorodnych zbiorów danych, których analiza i przetwarzanie bez użycia specjalistycznych narzędzi jest bardzo trudna i toporna w przeprowadzaniu. Mimo, że posiada niesamowitą ilość niezbędnych informacji, jest jej na tyle dużo, że przejście przez ten zbiór bez odpowiednich narzędzi, takich jak wyszkolona sztuczna inteligencja, jest prawie że niemożliwe. Analizowanie jej to proces przetwarzania i gromadzenia tych danych, które są generowane i zbierane z wielu źródeł. Takimi „nabywcami” informacji są media społecznościowe, transakcje finansowe, czy czujniki IoT (sieć połączonych urządzeń, zdolnych do komunikacji między sobą i gromadzenia/przesyłania informacji). Wraz z zwiększającą się bazą nowych, niemożliwych do przeanalizowania w tradycyjny sposób informacji, narósł popyt na wytworzenie nowego narzędzia, które wyłuskałoby cenne informacje z tego zbioru. To zapoczątkowało użycie sieci neuronowych w celu analizy i rozpoznawania trendów do podejmowania trafniejszych decyzji.

Sztuczna inteligencja zaś, odpowiada za wykonywanie zadań, które normalnie wymagałyby decyzyjności i ludzkiego myślenia. Jest to najczęściej algorytm sieci neuronowej, która poprzez przetrenowanie na odpowiednim zbiorze danych (jednym treningowym, drugim walidacyjnym) pozwala wytworzyć w niej umiejętność podejmowania autonomicznych decyzji w określonym obszarze (danym zbiorze informacji). Jej potencjał jest nieopisany w analizie big data, ponieważ odpowiednio wyszkolony model potrafi z tego zbioru danych wyciągać informacje i analizować informacje o trendach, czy też informacje idealnie dopasowane dla indywidualnego użytkownika, które później pomogą w działaniu marketingu jak najlepiej zareklamować dany produkt czy usługę.

Nawiązując do książki „Big Data: A revolution that will transform how we live, work and think” autorstwa Mayer-Schonbergera i Kennetha Cukiera, analiza big data i sztuczna inteligencja mają ogromny wpływ na funkcjonowanie społeczeństwa. Chodzi tu m.in. o takie dziedziny jak medycyna, edukacja, nauka, przemysł, finanse, marketing i wiele innych. Pozwalają łatwiej dostrzec zależności nie widoczne gołym okiem, szybszą diagnozę chorób, personalizowanie doświadczeń klientów czy optymalizację procesów produkcyjnych. Książka przy tym wskazuje na nowe wyzwania związane z tymi technologiami, takimi jak ochrona prywatności, etyka, niepewność procesów automatyzacji. Nowe możliwości wymagają regulacji, które pomogłyby wyznaczyć granice etyczne, technologiczne i prawne.

## **2. Wprowadzenie do analizy big data i sztucznej inteligencji:**

Sztuczna inteligencja znana również jako AI (ang. Artificial Intelligence), to najczęściej program lub system, który wykazuje zdolność do prawidłowego interpretowania i wykorzystywania danych z różnych źródeł, a także nauki na nich i przetwarzanie wprowadzonych informacji.

Z kolei termin „big data” odnosi się do dużych, zmiennych i różnorodnych zbiorów danych, których analiza i przetwarzanie jest trudne lub niemożliwe bez odpowiednich narzędzi. Big data ma ogromną wartość, szczególnie w kontekście biznesowym, ponieważ umożliwia personalizację i dopasowanie oferty do indywidualnych potrzeb klientów. Duże korporacje technologiczne, takie jak YouTube, Google, Amazon, czy Meta, wykorzystują metody analizy big data do celów marketingowych i usprawnienia swoich usług.

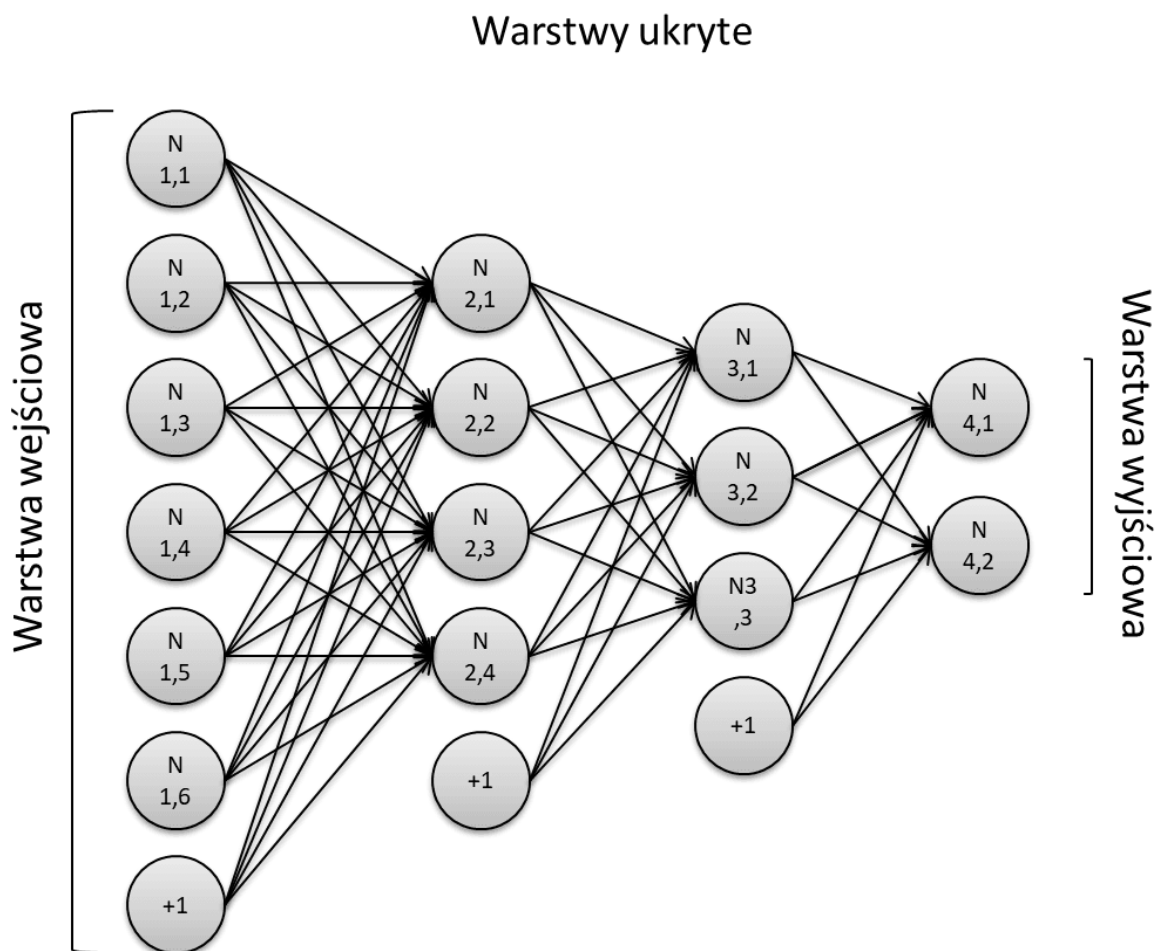
Sztuczna inteligencja i big data są ze sobą ściśle powiązane, ponieważ sztuczna inteligencja służy jako narzędzie do przetwarzania i wykorzystywania ogromnych zbiorów danych. Można je porównać do wydobywczego narzędzia (AI) i surowca (big data). Oba obszary mają ogromny potencjał rozwoju, dlatego firmy technologiczne intensywnie inwestują w te dziedziny. Gromadzenie i analiza danych są niezwykle cenne, dlatego takie firmy jak Facebook, Microsoft czy Netflix dążą do jak największej trafności w analizie zachowań i potrzeb społeczeństwa. Proces gromadzenia i analizy informacji na temat każdej jednostki staje się coraz bardziej zautomatyzowany i jednocześnie przynosi znaczące korzyści finansowe.

## **3. Budowa sieci neuronowych i ich szkolenie:**

W erze cyfrowej rewolucji, która ma teraz miejsce, analiza informacji stała się kluczowym punktem dla organizacji, które dążą do wyciągnięcia jak największej ilości danych i trafnego odkrycia ukrytych w nich wzorców. Wraz z rosnącą ilością dostępnych informacji, pojawia się potrzeba skutecznego ich zrozumienia. Jednym z najbardziej obiecujących obszarów informatyki, zajmujących się tą dziedziną jest właśnie uczenie maszynowe, które rewolucjonizuje analizę big data.

Głębokie uczenie jako aktualnie jedna z najważniejszych dziedzin SI, oferuje innowacyjne metody przetwarzania danych, które umożliwiają modelom komputerowym naukę i rozwiązywanie różnorodnych problemów, począwszy od skomplikowanych zadań matematycznych po wyłapywanie trendów w rynkach. W ramach tej sekcji, omówimy artykuł „Deep learning”, autorstwa Yann LeCun, Yoshua Bengio i Geoffreya Hinton. Artykuł ten pozwoli zrozumieć implementacje technik głębokiego uczenia w kontekście analizy big data.

Pierwszą częścią sekcji będzie wprowadzenie do Głębokiego Uczenia (ang. Deep learning). Bazując na artykule LeCuna, Bengio i Hinton wyjaśnię podstawowe pojęcia i zalety tego podejścia w analizie big data, m.in. wielowarstwowe sieci neuronowe (ang. Multilayer neural networks), propagację wsteczną (ang. Backpropagation), regularyzację, normalizację danych czy techniki optymalizacji. Sieci głębokie składają się z wielu warstw ukrytych mogących nauczyć się reprezentacji bardziej abstrakcyjnych cech, co prowadzi do lepszej trafności.



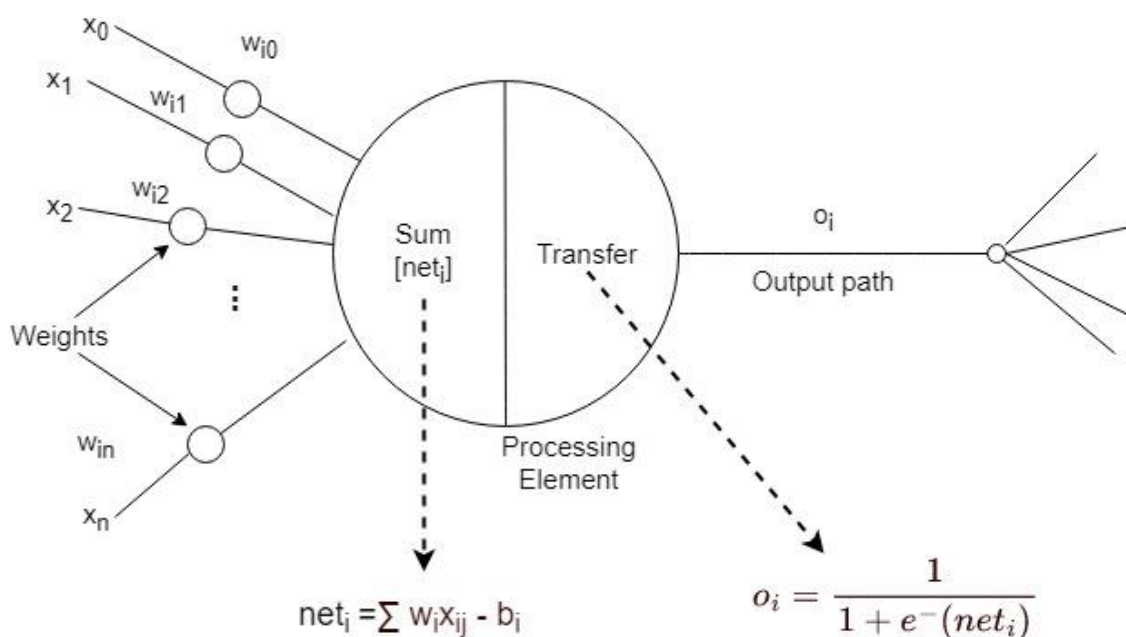
Rysunek 1. Architektura jednokierunkowej sieci wielowarstwowej, źródło: <https://bulldogjob.pl/readme/czym-jest-deep-learning-i-sieci-neuronowe>

Każda warstwa sieci (Rys. 1) składa się z neuronów, są to podstawowe jednostki obliczeniowe, symulujące działania neuronów w ludzkim mózgu. Neuron w sieciach neuronowych jest odpowiedzialny za przetwarzanie informacji wejściowej i generowanie odpowiedzi lub sygnału wyjściowego na podstawie swoich wewnętrznych parametrów zwanych wagami.

Neuron składa się z trzech elementów, wejść, wag i funkcji aktywacji (Rys. 2). Wejścia to nasze dane wejściowe, lub sygnały wyjściowe z innego neuronu (zależnie od warstwy). Każde wejście jest potem przypisane do określonej wagi, która ma na celu ustalenie znaczenia danej informacji lub wpływ na działanie neuronu. Wagi są dostosowywanymi przez neuron parametrami.



trami, które ten uczy się zmieniać podczas procesu uczenia. Funkcje aktywacji są kluczowymi elementami każdego neuronu. Wpierw następuje zsumowanie iloczynów wejść i ich wag, aby następnie tę wartość przekazać do funkcji aktywacji, która wprowadza nieliniowość neuronu. Funkcja decyduje o tym, czy neuron ma zostać aktywowany i jak mocno ma działać. Jedną z najczęściej używanych funkcji, jest funkcja sigmoidalna, funkcja ReLU (Rectified Linear Unit) i tangens hiperboliczny.



Rysunek 2 Schemat neuronu, źródło: <https://www.baeldung.com/cs/neural-networks-neurons>

Poza definicjami, warto skupić się również na koncepcjach popularnych algorytmów użytych przy głębokim uczeniu, takim jest przykładowo propagacja wsteczna (ang. Backpropagation), jest to algorytm używany do nadzorowania sieci neuronowej podczas nauki, polega on na iterowaniu i aktualizowaniu wag w sieci w celu minimalizacji błędu pomiędzy predykcjami sieci, a oczekiwanymi wartościami.

Propagacja wsteczna otrzymuje w pierw pierwotną wartość wejściową sieci neuronowej, oraz generowane na podstawie wag predykcje. Następnie porównuje predykcje z rzeczywistymi wartościami wyjściowymi i oblicza błąd. Cały sens algorytmu polega na minimalizacji błędu przez dostosowywanie wag w sieci. Sam program działa w dwóch fazach, propagacji w przód (ang. Forward pass) oraz propagacji wstecznej (ang. Backward pass). W fazie propagacji w przód, dane wejściowe są przekazywane przez kolejne warstwy sieci neuronowej, aż do warstwy wyjściowej, gdzie generowane są predykcje. W każdej warstwie oblicza się aktywacje neuronów na podstawie wag i ich funkcji aktywacji.

W fazie propagacji wstecznej błąd obliczony na podstawie różnicy między predykcjami a wartościami oczekiwanymi jest propagowany<sup>1</sup> przez sieć. Błąd dzieli się między neurony w poprzedniej warstwie, proporcjonalnie do ich wkładu w wynik błędu. Następnie obliczane są gradienty, czyli pochodne cząstkowe funkcji błędu względem wag. Jest to potrzebne dla ukierunkowania dostosowywania wag, aby zminimalizować błąd. Ostatecznie wagi sieci są aktualizowane poprzez algorytm optymalizacyjny np. metodę gradientu prostego, która wykorzystuje wcześniej obliczane gradienty.

Propagacja wsteczna jest bardzo skomplikowanym algorytmem, powtarzającym dla każdego przykładu treningowego, aż do osiągnięcia odpowiedniej dokładności sieci. Umożliwia ona sieciom naukę na podstawie danych treningowych, co pomaga im dostosowywać swoje wagi w zależności od błędów, co prowadzi do poprawy predykcji i zdolności adaptacyjnych sieci. Przy tym warto zauważyć, że tak skomplikowany algorytm wymaga nakładów obliczeniowych i może trwać bardzo długo. W przypadku uczenia algorytmu, zdarza się, że dana sieć „przyzwyczają się” do danego zbioru treningowego, co prowadzi do niskiej wydajności w przypadku stosowania nieznanymi danych. W celu zapobiegania takim sytuacjom używa się regularyzacji, czyli techniki zapobiegającej przeuczeniu modelu.

Regularyzacja polega na wprowadzeniu ograniczeń na model, co pozwala zmniejszyć jego złożoność i poprawić zdolność do generalizacji na nowe dane. Jej główny cel to znalezienie równowagi pomiędzy dopasowaniem i uniknięcia nadmiernego dopasowania do danych treningowych. Najpopularniejszymi metodami do osiągnięcia tego celu to regularyzacja Ridge/Lasso lub dropout.

Zanim wprowadzimy dane do modelu, należy je wcześniej odpowiednio przygotować. Ku temu służą procesy normalizacji lub standaryzacji. To pierwsze ujednotolica skalę lub rozkład danych. Używa się tego, ponieważ sieci neuronowe, są bardzo wrażliwe na różnice w skali danych. Jeśli pewna cecha ma znacznie większy zakres wartości niż inne, może to prowadzić do zdominowania modelu przez tę cechę i utrudniać uwzględnienie innych istotnych cech.

Nierzadko w normalizacji używa się podejścia skalowania min-max. Polega ono na przekształceniu wartości cech tak, aby mieściły się w określonym zakresie (najczęściej [0,1]). Aby to uzyskać, używa się wzoru matematycznego:

$$X_n = \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})}$$

---

<sup>1</sup> Kiedy mówimy, że błąd jest propagowany przez sieć w kontekście propagacji wstecznej, oznacza to, że błąd jest przekazywany wstecz przez poszczególne warstwy sieci neuronowej. Proces polega na obliczeniu wag/biasów w warstwach i aktualizowania ich. W dużym uproszczeniu mówimy o przejściu przez sieć „wstecz” i zaktualizowaniu jej.

gdzie:

$X_n$  – znormalizowana wartość danej cechy.

$X$  – oryginalna wartość danej cechy.

$X_{\min}$  – minimalna wartość danej cechy w zbiorze danych.

$X_{\max}$  – maksymalna wartość danej cechy w zbiorze danych.

Drugim podejściem jest standaryzacja, polega to na przekształceniu wartości danej cechy w taki sposób, że mają średnią równą 0 i odchylenie standardowe równe 1. Standaryzacja może być bardziej odporna na wartości odstające i bardziej przydatna w przypadku algorytmów opartych na analizie statystycznej.

Każdy problem i rodzaj danych wymaga pewnych zmian w podejściu, stąd istnieje więcej technik normalizacji, takie jak normalizacja przez sumę/jednostkową długość wektora (ang. Unit vector normalization) czy normalizacja przez medianę.

#### 4. Czym dokładnie jest big data ?

Big data to ogromne zbiory różnorodnych danych, które są gromadzone najczęściej poprzez informacje jakie wyszukujemy, filmach które oglądamy, czy treściach, które czytamy. Takimi „zbieraczami” są np. Google, który na bazie naszych wyszukiwań tworzy pewien zbiór danych, na których potem bazuje swoje propozycje w wyszukiwaniu, czy reklamy które nam wyświetla. Bardzo podobnie działają takie strony jak YouTube, Instagram czy TikTok.

Big data różni się od typowego zbioru danych przede wszystkim trzema cechami:

**Wielkość** - zbierane o nas informacje są tak duże, że przekraczają możliwości przechowywania ich na tradycyjnych komputerach czy systemach analitycznych, ponieważ zajmują petabajty ( $10^{15}$  bajtów), eksabajty ( $10^{18}$  bajtów) lub nawet i większe ilości danych.

**Prędkość** – dane w ramach big data są generowane w zatrważająco szybkim tempie. Mogą pochodzić z różnych źródeł, przykładowo z urządzeń mobilnych, logów systemowych, transakcji online, czujników lub mediów społecznościowych. Bardzo ważnym jest to, żeby dane były przetwarzane możliwie jak najszybciej, mówimy tu o czasie rzeczywistym lub bliskim czasie rzeczywistym. Potrzebne jest to do szybkiej analizy i podejmowania decyzji.

**Różnorodność** – dane nie są w tym zbiorze zobligowane do bycia jednorodnymi. Przechowuje się typy strukturalne (np. tabelaryczne czy dane z baz danych), półstrukturalne (m.in. typy XML) oraz niestrukturalne (czyli teksty, multimedia, dane z czujników). Te różne typy danych wymagają elastycznych metod analizy i interpretacji.

Podsumowując, big data jest zbiorem danych tak różnorodnym i dużym, że do przechowania go, potrzebne są specjalnie do tego skonstruowane serwerownie. Zważywszy na jego wielkość i prędkość zbieranych informacji, potrzebne są metody, które pozwolą na błyskawiczną analizę i interpretację, która pozwoli podjąć jak najlepsze decyzje, bazujące na otrzymanych danych. Ponieważ tradycyjne metody analizy nie sprawdzają się w przypadku big data, stąd do ich użycia najlepiej pasują sieci neuronowe.

## **5. Zastosowanie sieci neuronowych w analizie big data:**

### **Klasyfikacja i predykcja**

Sieci neuronowe są powszechnie wykorzystywane do klasyfikacji danych i tworzenia wartościowych predykcji na ich podstawie. Jej zdolności do nauki wzorców, są w stanie rozpoznawać i przewidywać wyniki na podstawie dostępnych danych.

Jednym z najbardziej powszechnych algorytmów sztucznej inteligencji, są programy służące do klasyfikacji obrazów, które są odpowiedzialne za rozpoznawanie przedstawionych na nich obiektów (np. budynki, zwierzęta czy pojazdy). Innym przykładem jest wykorzystanie sieci neuronowych do przewidywania cen akcji na giełdzie lub prognozowania ruchu w sieciach drogowych.

### **Analiza tekstów i przetwarzanie języka naturalnego**

Sztuczna inteligencja skutecznie radzi sobie również w analizie tekstów czy przetwarzaniu języka naturalnego. Wykorzystuje się je do analizy emocji w tekście, sentymentu społeczności do danej rzeczy (np. danej akcji na giełdzie), generowania konkretnych akapitów czy podsumowań, tłumaczenia języków itd. Sieci neuronowe mają teoretycznie nieograniczone możliwości do rozpoznawania i rozumienia kontekstu, są w stanie ekstrahować znaczenie i informacje z różnych tekstów, wykonywać opisy emocji czy też analizować wprowadzone dane tekstowe i wypisywać odpowiedź o trafności zależnej od zbioru danych na jakim była szkolona (tzw. Chatboty).

### **Analiza obrazów i wizualizacja danych**

Si swoje zastosowanie znalazło również w analizie obrazów czy wizualizacji danych. Ponieważ jej możliwości są praktycznie nieograniczone, można jej używać (w zakresie analizy obrazów) począwszy od klasyfikacji dokumentów na podstawie skanów czy wyszukiwanie jakiegoś konkretnego obiektu na zdjęciu, po identyfikację ludzi po twarzy z filmu z kamer. Do-

datkowo, Sieci wprowadzają również redukcję wymiarowości danych wizualnych, co m.in. pozwala na np. tworzenie czytelnych map cieplnych i grafik, prezentujących złożone dane w sposób czytelny i bardziej przystępny.

Big data, to zbiór danych charakteryzujący się dużą różnorodnością i ogromnym rozmiarem, który wymaga specjalistycznych urządzeń przechowujących. Ze względu na prędkość generowania danych oraz potrzebę szybkiej analizy i interpretacji, tradycyjne metody analizy są niewystarczające. W tym kontekście, sieci neuronowe wychodzą na prowadzenie jako potężne narzędzia, które mogą efektywnie radzić sobie z analizą dużych zbiorów danych.

## 6. Podsumowanie

Analiza big data odnosi się do przetwarzania i analizy dużych zbiorów danych, które są generowane i aktualizowane w czasie rzeczywistym. Ponieważ są to duże, różnorodne i zmienne dane, zatem niemożliwym jest przetworzenie ich w tradycyjny sposób. Do tego zadania najlepiej pasuje sztuczna inteligencja, która odpowiednio wyćwiczona potrafi klasyfikować, analizować i interpretować otrzymane informacje, oraz na ich podstawie podejmować autonomiczne decyzje.

W artykule podjęty został również temat samej budowy sieci neuronowych i proces ich szkolenia. Sieci składają się z wielu warstw ukrytych, które uczą się reprezentować bardziej abstrakcyjne cechy danych. Te warstwy zaś składają się z poszczególnych neuronów. Każdy neuron w sieci przetwarza informacje wejściowe na podstawie funkcji aktywacji i wag. Algorytm propagacji wstecznej jest używany do nadzorowania szkolenia sieci i aktualizowania wag w celu minimalizacji błędu.

Wspomniane zostały również techniki regularyzacji oraz dropout, które pomagają zapobiec w przesyleniu modelu, czy też normalizacja, która służy do odpowiedniego przygotowania danych zanim zostaną one podane do modelu.

Omawiane zbiory danych wraz ze sztuczną inteligencją mają szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak medycyna, edukacja, nauka, przemysł, finanse i marketing. Jednak istnieją również wyzwania związane z tymi technologiami, takie jak ochrona prywatności i etyka, które wymagają odpowiednich regulacji.

## Literatura

1. „Big Data: A revolution that will transform how we live, work and think” autorstwa Mayer-Schonbergera i Kennetha Cukiera.
2. „Deep learning”, autorstwa Yann LeCun, Yoshua Bengio i Geoffreya Hinton.

3. „Large-scale Machine Learning with Stochastic Gradient Descent” autorstwa Leona Bottou, Franka E.Curtisa, Jorge’a Nocedal i Marka B.Ziberta.
4. „Pattern recognition and Machine Learning” autorstwa Christophera Bishoa.

### **Źródła internetowe**

1. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna\\_inteligencja](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna_inteligencja)
2. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://pl.wikipedia.org/wiki/Big_data)
3. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Sie%C4%87\\_neuronowa](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sie%C4%87_neuronowa)

**Krystian Pupiec**

Studenckie Koło naukowe informatyków „KOD”

**dr inż. Bartosz Trybus**

Opiekun naukowy

## **Rozwój Internetu Rzeczy (IoT) i jego wpływ na życie człowieka**

Celem artykułu było przedstawienie wpływu Internetu Rzeczy na życie człowieka oraz analiza jego rozwoju w ostatnich latach. Obiektem badań było zastosowanie IoT w różnych dziedzinach życia, wyzwania z nim związane oraz jego rozwój. Dodatkowo zostały przedstawione fundamenty technologiczne, które są kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania Internetu Rzeczy. Badanie opierało się na analizie literatury naukowej, raportów a także informacji ze stron internetowych. Wykazało ono dynamiczny rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT) oraz jego szerokie zastosowanie w różnych aspektach życia człowieka. Z poniższego artykułu można wywnioskować, że z zastosowania tej technologii wynika bardzo wiele korzyści takich jak poprawa efektywności, wygody, a także bezpieczeństwa. Ma ona duży potencjał do dalszego rozwoju i wpływu na nasze codzienne życie, a także na rozwój różnych sektorów, takich jak medycyna, transport, infrastruktura miejska czy przemysł.

**Słowa kluczowe:** Internet Rzeczy, IoT, Internet of Things, życie człowieka, udogodnienia, rozwój.

### **1. Wprowadzenie**

Internet Rzeczy, inaczej IoT (Internet of Things), to sprawnie rozwijająca się dziedzina technologiczna, która ma bardzo duży wpływ na nasze codzienne życie. Jest to bardzo ogólny termin, który posiada również wiele definicji. Jednak uogólniając je, IoT odnosi się do połączonych ze sobą obiektów, w celu wymiany danych za pośrednictwem Internetu. Urządzenia te mogą być wyposażone w różne technologie, a także czujniki i oprogramowania. Odnosi się to zarówno do urządzeń używanych w codziennym życiu w gospodarstwie domowym jak i także zaawansowanych urządzeń przemysłowych.<sup>1</sup> Internet Rzeczy we współczesnym świecie można spotkać w niemal każdej dziedzinie życia, zaczynając od urządzeń w domu, systemów w samochodach aż do inteligentnych miast, sektora zdrowia czy środowisk przemysłowych<sup>2</sup>.

Celem artykułu jest zdefiniowanie Internetu Rzeczy (IoT) i jego rozwoju oraz przedstawienie jego wpływu na życie człowieka. W dalszej części artykułu zostaną omówione podstawy technologiczne IoT, wyzwania z nim związane oraz zastosowania i jego wpływ na codzienne obowiązki. Do tego celu zostaną przeanalizowane różne artykuły naukowe, książki

---

<sup>1</sup> <https://www.oracle.com/pl/internet-of-things/what-is-iot/> (dostęp 16.06.2023).

<sup>2</sup> M. Chui, M. Löffler, R. Roberts, *The Internet of Things*

oraz źródła internetowe. Artykuł ma również na celu zwiększenie świadomości na temat wpływu Internetu Rzeczy na naszą codzienność.

## 2. Technologiczne podstawy Internetu Rzeczy

Aby urządzenia IoT mogły ze sobą dobrze współpracować oraz wykonywać swoje zadania, można zdefiniować kilka elementów oraz technologii, w które powinny być wyposażone. W tym rozdziale zostaną przedstawione przykłady takich rozwiązań.

Pierwszym elementem, który jest bardzo ważny w istocie IoT są różnego rodzaju czujniki. Urządzenia te mają wspomagać oraz ułatwiać wykonywanie różnych czynności, co może dziać się przez przekazywanie informacji pomiędzy różnymi komponentami. Informacje te muszą być w jakiś sposób zbierane, właśnie za pośrednictwem czujników. Taki element może zbierać dane na przykład o temperaturze, ruchu, natężeniu światła, dźwięku, wilgoci czy też ciśnieniu.

Aby urządzenia te mogły wymieniać między sobą zebrane informacje, konieczne jest między nimi połączenie oraz dostęp do Internetu. Może odbywać się to za pośrednictwem różnych protokołów i technologii sieciowych. Poniżej zostało przedstawionych kilka głównych przykładów<sup>3</sup>:

- NFC oraz RFID – zapewniają one rozwiązania sieciowe IoT krótkiego zasięgu takie jak wszechstronne opcje tokenów tożsamości i dostępu, ładowania początkowego połączenia i płatności,
- Bluetooth – kolejne rozwiązanie krótkiego zasięgu, obsługujące funkcję IoT o niskim zużyciu energii i długim okresie użytkowania,
- Wi-Fi – rozwiązanie średniego zasięgu, najbardziej rozpowszechniony protokół komunikacji bezprzewodowej,
- protokoły radiowe ZigBee, Z-Wave oraz Thread – energooszczędne rozwiązania średniego zasięgu,
- NB-IOT – rozwiązanie sieci rozległych dalekiego zasięgu (WAN),
- LTE-A – rozwiązanie dalekiego zasięgu, ulepszenie technologii LTE, o większym zasięgu, przepustowości oraz zmniejszonych opóźnieniach,
- Wi-Fi Direct – eliminuje potrzebę posiadania punktu dostępowego, umożliwia połączenia peer-to-peer z szybkością Wi-Fi, ale z mniejszymi opóźnieniami.

---

<sup>3</sup> [https://www.tutorialspoint.com/internet\\_of\\_things/internet\\_of\\_things\\_technology\\_and\\_protocols.htm](https://www.tutorialspoint.com/internet_of_things/internet_of_things_technology_and_protocols.htm) (dostęp 16.06.2023), <https://www.avsystem.com/blog/iot-technology/> (dostęp 16.06.2023)



Dodatkowo aby zapewnić komunikację między urządzeniami mogą zostać użyte takie protokoły komunikacyjne jak np. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) lub CoAP (Constrained Application Protocol). Wybór odpowiedniego protokołu i sieci zależy od zastosowania i wymagań dotyczących zasięgu, przepustowości, zużycia energii i kosztów.

Podczas pracy urządzeń IoT powstają bardzo duże zbiory danych. Aby nie było problemów z ich przechowywaniem i analizą, istotną rolę pełnią chmury obliczeniowe. Dzięki takiemu rozwiązaniu klienci również mogą mieć dostęp do danych z dowolnego miejsca i urządzenia. Podczas gromadzenia danych na dużej ilości czujników, potrzebna jest ich bardzo duża moc obliczeniowa, energia i jest to kosztowne. Właśnie w takiej sytuacji dane z tych czujników mogą być przesyłane do chmury obliczeniowej i tam przetwarzane<sup>4</sup>. Do połączenia urządzenia, czujników lub kontrolerów z chmurą stosowane są bramy (ang. Gateway), które są fizycznymi urządzeniami lub oprogramowaniem. Brama kieruje ruch danych do chmury obliczeniowej, a także niektóre mogą mieć funkcję wstępnego przetwarzania tych danych lokalnie na brzegu sieci przed wysłaniem ich do chmury. Dodatkowo zapewniają one dodatkowe bezpieczeństwo sieci<sup>5</sup>.

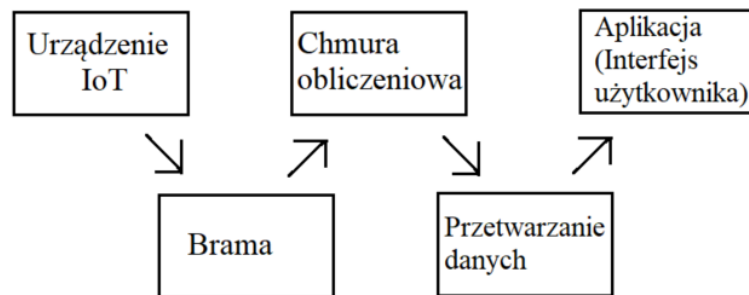
Aby użytkownik końcowy mógł przejrzyste monitorować i analizować dostarczane dane, potrzebna jest również aplikacja IoT, która łączy się bezpośrednio z urządzeniami lub z chmurą przechowującą dane.

Przedstawione technologiczne fundamenty stanowią podstawę funkcjonowania Internetu Rzeczy. Dzięki zastosowaniu czujników, różnych protokołów, standardów i technologii sieciowych, chmur obliczeniowych a także aplikacji, IoT umożliwia zdalne monitorowanie, automatyzację i tworzenie inteligentnych rozwiązań, które mogą ułatwić życie człowieka. Na rysunku 1. został przedstawiony schemat działający w większości przypadków technologii IoT.

---

<sup>4</sup> Ch. Kaur, *The Cloud Computing and Internet of Things (IoT)*, International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, 2020, s. 20

<sup>5</sup> <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/IoT-gateway> (dostęp 18.06.2023).



Rysunek 1. Schemat działania technologii IoT, opracowanie własne.

### 3. Zastosowanie Internetu Rzeczy w codziennym życiu

Internet Rzeczy ma bardzo szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach naszego codziennego życia. Przyczynia się on do poprawy jego jakości, efektywności i wygody. Oprócz zastosowań w gospodarstwach domowych, w dzisiejszych czasach firmy i instytucje z różnych sektorów coraz częściej wykorzystują Internet Rzeczy, aby poprawić swoją efektywność, lepiej poznać swoich klientów i dostarczyć im lepszą obsługę. Wykorzystując IoT, organizacje dążą do usprawnienia procesów decyzyjnych i zwiększenia wartości swojego biznesu. Poniżej zostały przedstawione różne dziedziny, w których IoT znalazł zastosowanie:

1. Człowiek i jego zdrowie – w tym obszarze wyróżnia się głównie urządzenia noszone przy ciele człowieka lub wszczepione pod jego skórę. Umożliwiają one monitorowanie zdrowia i pracy organizmu, a przykładami są na przykład zegarki i opaski fitness czy inteligentne inhalatory. Dzięki temu możliwe jest śledzenie takich parametrów jak tętno, poziom aktywności czy poziom snu. Urządzenia IoT mogą również pomagać w opiece nad osobami starszymi poprzez monitorowanie ich bezpieczeństwa i zdrowia. Przykładami mogą być urządzenia takie jak czujniki ruchu, kamery, maty ciśnieniowe, które mogą być wykorzystywane do wykrywania upadków i wysyłania alarmów. Urządzenia IoT również pomagają w przypadku osób niepełnosprawnych. Przykładem są opracowane rękawice, które tłumaczą język migowy z gestów dłoni na tekst wizualny i audio.<sup>6</sup>
2. Dom – w tej dziedzinie Internet Rzeczy zapewnia wiele możliwości automatyzacji, które przekładają się na wygodę, oszczędność energii i wzmacnianie bezpieczeństwa. Jednym z najpopularniejszych rozwiązań jest na przykład sterowanie oświetleniem. Pozwala ono zdalnie sterować oświetleniem w domu, tworzyć harmonogramy włączania i wyłączania światła, dostosować intensywność w zależności od potrzeb, a także za pomocą czujników ruchu, uruchamiać oświetlenie tylko wtedy gdy jest potrzebne. In-

<sup>6</sup> B. Shubankar, M. Chowdhary, M. Priyaadharshini, *IoT Device for Disabled People*.

nymi przykładami są urządzenia sterujące systemem ogrzewania i klimatyzacji w domu, a także takie które monitorują zużycie energii przez co można ją zaoszczędzić. Urządzenia IoT również obsługują sprzęt gospodarstwa domowego taki jak telewizory, pralki, lodówki czy odkurzacze. Przykładem może być lodówka, która monitoruje jej zawartość i w razie potrzeby sama zamawia produkty, czy piekarnik, który sam oblicza czas potrzebny na przygotowanie danego posiłku<sup>7</sup>. Internet Rzeczy również obsługuje kamery, czujniki dymu i dwutlenku węgla, czy też zamykanie i otwieranie rolet. Oczywiście jest to bardzo rozległa dziedzina i przykładów jest o wiele więcej, jednak ma to na celu tylko pokazać jakie możliwości ma Internet Rzeczy.

3. Transport – IoT w tym obszarze przynosi korzyści w postaci zaawansowanych rozwiązań poprawiających efektywność i bezpieczeństwo. Przykładem może być inteligentny system nawigacji który uwzględnia dane o aktualnym natężeniu ruchu i warunkach na drodze, co pozwala na optymalizację trasy. W kwestii monitorowania stanu pojazdu, samochód może posiadać czujniki, które dostarczają dane o prędkości, zużyciu paliwa, ogólnym stanie technicznym pojazdu, ciśnieniu w oponach czy lokalizacji. Internet Rzeczy może mieć również zastosowanie w inteligentnych systemach parkingowych, umożliwiając rezerwację miejsc parkingowych, monitorowanie dostępności miejsc i płatności elektroniczne<sup>8</sup>. Bardzo ważne zastosowanie ma w bezpieczeństwie na drodze poprzez wykorzystanie czujników i komunikacji pomiędzy pojazdami oraz między pojazdami a infrastrukturą drogową. Dzięki temu możliwe jest wykrywanie sytuacji niebezpiecznych, takich jak nagłe hamowanie czy niebezpieczne manewry oraz ostrzeżenie kierowców o potencjalnych zagrożeniach<sup>9</sup>.
4. Przemysł – Internet Rzeczy odgrywa kluczową rolę w rozwoju przemysłu 4.0, który odnosi się do koncepcji wykorzystującej procesy automatyzacji i rewolucji w sposobie wytwarzania i ulepszania produktów<sup>10</sup>. Urządzenia i systemy IoT są wykorzystywane do monitorowania i diagnozowania maszyn, przewidywania awarii, automatyzacji procesów, optymalizacji linii produkcyjnych, lepszego wykorzystania przestrzeni magazynowej czy układania inteligentnych systemów logistycznych.
5. Miasta – w tym obszarze IoT również odgrywa bardzo ważną rolę ponieważ sprawia, że miasta są bardziej zrównoważone, efektywne i przyjazne dla mieszkańców. Oprócz

---

<sup>7</sup> B. Mathiue, C. Westphal, P. Truong, *Towards the Usage of CCN for IoT Networks*, Modeling and Optimization in Science and Technologies 8, s. 5-6.

<sup>8</sup> <https://www.mokosmart.com/smart-parking-system-using-iot/> (dostęp 17.06.2023).

<sup>9</sup> A. Cohen, L. Arce-Plevnik, T. Shor, *IoT IN AUTOMOTIVE INDUSTRY: CONNECTING CARS*.

<sup>10</sup> M. T. Okano, *IOT and Industry 4.0: The Industrial New Revolution*, International Conference on Management and Information Systems, 2017, s. 75-76.

mieszkańców takie rozwiązania mogą również być wygodne dla turystów i skłaniać ich do odwiedzenia danego miejsca<sup>11</sup> Poniżej zostało przedstawionych kilka przykładów wykorzystania urządzeń IoT w obszarze miast<sup>12</sup>:

- monitorowanie ruchu pojazdów przez czujniki na drogach, co pozwala wykryć korki lub uszkodzone drogi,
- oświetlenie uliczne może być wyposażone w czujniki wykrywające ruch samochodów lub ludzi i może być dopiero wtedy włączane,
- czujniki do wykrywania nieprawidłowego zanieczyszczenia,
- czujniki w koszach na śmieci informujące o przepełnieniu i w publicznych toaletach,
- czujniki pozwalające na ocenę mobilności mieszkańców i potrzeb infrastrukturalnych,
- czujniki w transporcie publicznym, informujące o stanie pojazdów lub na przykład torowisk.

Analizując powyższe przykłady, można wywnioskować, że zastosowanie Internetu Rzeczy przynosi wiele korzyści, które składają się na zwiększenie wygody, efektywności a przede wszystkim bezpieczeństwa. Można również zauważyć, że ma swoje zastosowanie w wielu obszarach, w których z dnia na dzień powstają nowe inteligentne rozwiązania.

#### 4. Wyzwania związane z rozwojem IoT

Jak można było już zauważyć, Internet Rzeczy bardzo dobrze wpływa na codzienne życie i przynosi wiele korzyści. Jednak istnieje też wiele wyzwań i kwestii związanych z jego rozwojem. Jedną z nich jest na przykład to, że niektóre regiony i kraje mają różne podejścia i cele w zakresie rozwoju IoT. Aby rozwój nie zwalniał najlepszym rozwiązaniem byłaby globalna współpraca i zgodność zasad, aby skoordynować działania i osiągnąć wysoki rozwój IoT na świecie. Innym wyzwaniem może być perspektywa powstania różnych form walut, standardów bankowych i systemów płatniczych. Prywatność jest również istotną kwestią w obszarze IoT. Użytkownicy końcowi chcą mieć pewność, że dane przesyłane przez inteligentne urządzenia nie trafią do niewłaściwych osób. Przyszłość związana z IoT również oprócz technologicznych rozwiązań powinna mieć etyczne podejście do każdego przypadku. Również, aby zrealizować pełny potencjał Internetu Rzeczy należy prowadzić badania odnoszące się do zagadnień z wykorzystaniem energii, skalowalności systemu, zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony prywat-

---

<sup>11</sup> G. Baser, O. Dogan, F. Al-Turjman, *Smart Tourism Destination in Smart Cities Paradigm: A Model for Antalya*, Transactions on Computational Science and Computational Intelligence, s. 64-73.

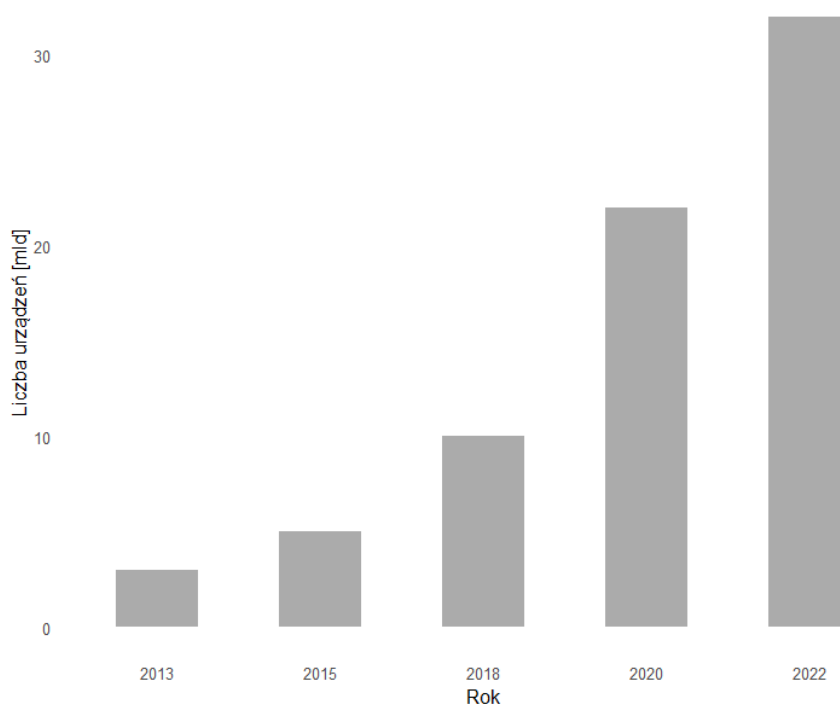
<sup>12</sup> B. Mathiue, C. Westphal, P. Truong, *Towards the Usage of CCN for IoT Networks*, Modeling and Optimization in Science and Technologies 8, s. 4-5.

ności. Powinien być również znaleziony odpowiedni balans pomiędzy planowaniem ogólnym, a innowacjami, które mogą zostać rzeczywiście wykorzystane<sup>13</sup>.

Podsumowując, rozwój IoT niesie za sobą wiele wyzwań, które muszą być odpowiednio spełnione, aby zapewnić bezpieczne, prywatne i etyczne korzystanie z tych technologii. Jednak mimo to, nie są to wyzwania nie do spełnienia i warto skupić się na ich zrealizowaniu ze względu na ogromne korzyści, które niesie za sobą Internet Rzeczy.

## 5. Rozwój IoT

Samo zdefiniowanie Internetu Rzeczy nastąpiło w 1999 roku przez Kevina Ashtona<sup>14</sup>. Od tamtej pory IoT dynamicznie się rozwija, stając się jednym z najbardziej innowacyjnych i wpływowych obszarów technologicznych. Na podstawie informacji umieszczanych w poszczególnych latach można przeanalizować, jak przebiegał ten rozwój<sup>15</sup>. Ilość urządzeń IoT podłączonych do sieci w poszczególnych latach na świecie przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Liczba urządzeń IoT podłączonych do sieci w poszczególnych latach na świecie  
Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych podczas pisania artykułu.

<sup>13</sup> R. van Kranenburg, A. Bassi, *IoT Challenges*, Communications in Mobile Computing, s. 2-5.

<sup>14</sup> T. Kramp, R. van Kranenburg, *Introduction to the Internet of Things*, s. 1

<sup>15</sup> <https://biznes.newseria.pl/news/internet-rzeczy-rosnie-w-p767913107> (dostęp 17.06.2023); Cyfrowa Polska, *SMART HOME.SMART CITIES. SMART WORLD Rozwój Internetu Rzeczy (IoT)*, 2020, s. 3; <https://knowhow.distrelec.com/pl/internet-rzeczy-iot/wzrost-liczby-miejsc-pracy-w-branzy-iot/> (dostęp 17.06.2023).

Na podstawie dostępnych danych można zauważyć, że liczba podłączonych urządzeń IoT rośnie wykładniczo. Od 2013 roku, gdzie liczba ta wynosiła ok 3 miliardy urządzeń, wzrosła ona aż do ponad 20 miliardów w 2020 roku i ponad 30 miliardów w 2022 roku. Ten dynamiczny rozwój świadczy o rosnącym zainteresowaniu i powszechnym wdrażaniu technologii IoT w różnych dziedzinach życia.

## 6. Podsumowanie

Internet Rzeczy, czyli sieć urządzeń łączących się ze sobą za pośrednictwem Internetu i wymieniających się zbieranymi danymi, ma bardzo duże znaczenie dla naszego codziennego życia. Umożliwia on zdalne monitorowanie, automatyzację czy też interakcję z naszym otoczeniem co wpływa na jego jakość, efektywność, wygodę a nawet bezpieczeństwo.

Obecnie można zauważyć, że Internet Rzeczy ma zastosowanie w bardzo dużej liczbie sektorów życia. Obserwując ostatnie lata, IoT rozwija się w bardzo dynamiczny sposób, co powoduje rozszerzanie na kolejne obszary i podłączanie coraz więcej nowych urządzeń do sieci. Nie znajduje on tylko zastosowania w gospodarstwach domowych, lecz także duże firmy oraz fabryki coraz częściej korzystają z tego rozwiązania technologicznego, które oczywiście przynosi wiele korzyści.

## Literatura

6. Baser G., Dogan O., Al-Turjman F., *Smart Tourism Destination in Smart Cities Paradigm: A Model for Antalya*, Transactions on Computational Science and Computational Intelligence.
7. Chui M., Löffler M., Roberts R., *The Internet of Things*.
8. Cohen A., Arce-Plevnik L., Shor T., *IoT IN AUTOMOTIVE INDUSTRY: CONNECTING CARS*.
9. Cyfrowa Polska, *SMART HOME. SMART CITIES. SMART WORLD Rozwój Internetu Rzeczy (IoT)*, raport 2020
10. Kaur Ch., *The Cloud Computing and Internet of Things (IoT)*, International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, 2020.
11. Kramp T., van Kranenburg R., *Introduction to the Internet of Things*
12. Mathiue B., Westphal C., Truong P., *Towards the Usage of CCN for IoT Networks*, Modeling and Optimization in Science and Technologies 8.
13. Okano M. T., *IOT and Industry 4.0: The Industrial New Revolution*, International Conference on Management and Information Systems, 2017, s. 75-76.

14. Shubankar B., Chowdhary M., Priyaadharshini M., *IoT Device for Disabled People*.
15. van Kranenburg R., Bassi A., *IoT Challenges*, Communications in Mobile Computing

### **Źródła internetowe**

16. <https://biznes.newseria.pl/news/internet-rzeczy-rosnie-w,p767913107> (dostęp 17.06.2023).
17. <https://knowhow.distrelec.com/pl/internet-rzeczy-iot/wzrost-liczby-miejsc-pracy-w-branzy-iot/> (dostęp 17.06.2023).
18. <https://www.avsystem.com/blog/iot-technology/> (dostęp 16.06.2023).
19. <https://www.mokosmart.com/smart-parking-system-using-iot/> (dostęp 17.06.2023).
20. <https://www.oracle.com/pl/internet-of-things/what-is-iot/> (dostęp: 16.06.2023).
21. <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/IoT-gateway> (dostęp 18.06.2023).
22. [https://www.tutorialspoint.com/internet\\_of\\_things/internet\\_of\\_things\\_technology\\_and\\_protocols.htm](https://www.tutorialspoint.com/internet_of_things/internet_of_things_technology_and_protocols.htm) (dostęp 16.06.2023).





**Michał Zielonka, Wojciech Zajączkowski, Kamil Uchwat, Filip Kula, Jakub Żańczak**  
SKNI KOD

**dr inż. Bartosz Trybus**  
Opiekun Koła Naukowego

## **Rozwój i wykorzystanie dronów autonomicznych w różnych dziedzinach**

### **Streszczenie**

Artykuł przedstawia proces rozwoju i wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych. Historia dronów rozpoczęła się już na początku XX wieku. Dzięki znaczącemu postępowi w dziedzinie informatyki, nawigacji oraz miniaturyzacji elektroniki, drony zyskały ogromną popularność na przestrzeni ostatnich 20 lat. Współcześnie są wykorzystywane w wielu sektorach takich jak transport, rolnictwo, badania naukowe i pomoc humanitarna. W artykule przedstawiono różne rodzaje bezzałogowych statków powietrznych oraz zostały opisane ich podstawowe komponenty konstrukcyjne. W przypadku dronów autonomicznych kluczowym elementem jest optymalizacja zużycia energii oraz potrzeba posiadania inteligencji percepcyjnej. Mimo wielu lat pracy i procesów udoskonalania autonomiczny lot w wymagających warunkach nadal stanowi wyzwanie. Tempo rozwoju technologii stwarza obiecujące perspektywy na udoskonalenie dronów.

**Słowa kluczowe:** dron autonomiczny, UAV, autonomia, sztuczna inteligencja.

### **1. Wprowadzenie**

Pierwsze bezzałogowe statki powietrzne (znane również jako drony lub roboty powietrzne) powstały już w pierwszej połowie XX wieku, lecz dopiero rozwój informatyki, systemów nawigacji oraz miniaturyzacja elektroniki doprowadziły do ich powszechnej popularyzacji i masowego wykorzystania zarówno w sektorze komercyjnym, jak i prywatnym.

Obecnie, drony są jedną z najszybciej rozwijających się obszarów technologii XXI wieku. Znaczący postęp w dziedzinie informatyki, sztucznej inteligencji i systemów nawigacji umożliwił stworzenie dronów autonomicznych, tj. bezzałogowych statków powietrznych zdolnych do samodzielnego wykonywania wcześniej powierzonych im zadań, bez potrzeby nadzoru bądź ingerencji człowieka.

Roboty te najczęściej kojarzone z zastosowaniami obronnymi, są coraz częściej wykorzystywane w wielu sektorach życia cywilnego, m.in. w transporcie, badaniach naukowych, ochronie środowiska, rolnictwie czy pomocy humanitarnej. Autonomiczny lot w ograniczonych przestrzeniach stanowi jednak wciąż ogromne wyzwanie naukowe i techniczne, ze względu na

koszt energetyczny utrzymania się drona w powietrzu oraz inteligencję percepcyjną niezbędną do poruszania się w złożonych środowiskach takich jak np. aglomeracja miejska.

## 2. Historia i powstanie dronów

Pierwszy bezzałogowy statek powietrzny został stworzony przez Lawrence'a Sperry'ego w 1916 roku. Urządzenie nazwane przez twórcę "torpedą lotniczą" pokonało w trakcie jednego lotu ponad 30 mil. Pierwsze praktyczne zastosowania statków bezzałogowych miały miejsce pod koniec lat pięćdziesiątych XX wieku, gdy w trakcie wojny w Wietnamie (1955 – 1975) służyły jako fałszywe cele dla obrony przeciwlotniczej<sup>1</sup>.

Miniaturyzacja elektroniki w latach 70 odegrała znaczącą rolę w rozwoju autonomii bezzałogowych statków powietrznych. Zwiększenie mocy obliczeniowej i dostępność większych ilości pamięci pozwoliły na przewidywanie i korygowanie znacznej ilości zmiennych takich jak wiatr czy temperatura. Umożliwiło to produkcję pierwszych bezzałogowych samolotów dalekiego zasięgu. Jedną z tych maszyn był Ryan model 147, który został zaprojektowany jako bezzałogowy statek do prowadzenia misji zwiadowczych. Później używany był również do transportu broni, a także jako samolot-przynęta. Przez następne lata technologia dronów była rozwijana głównie przez instytucje wojskowe. Urządzenia te używane były przede wszystkim jako maszyny zwiadowcze.

Po raz pierwszy drony zostały użyte na dużą skalę w 1991 roku, podczas wojny o Zatokę Perską. W pełni autonomiczny lot był już w tamtych czasach technicznie możliwy, lecz moc obliczeniowa komputera, prędkość transmisji danych oraz dokładność systemu GPS nie była wystarczająca, by stworzyć drona, który wykona swoją misję od startu do lądowania bez ingerencji człowieka<sup>2</sup>. W tym okresie wzrosło również zainteresowanie dronami w zakresie użytkowania ich w sektorach życia codziennego. W 1993 roku agencja NASA stworzyła projekt ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology). Miał on na celu opracować oraz rozwinąć zaawansowane technologie do nowo powstałego amerykańskiego przemysłu samolotów bezzałogowych. Intencją twórców był także równoczesny rozwój, miniaturyzacja oraz integracja czujników i sprzętu obrazującego<sup>3</sup>. Projekt ERAST przyczynił się do

---

<sup>1</sup> Barnhart R., Hottman S, Marshall D., Shappee E., *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, CRC Press, Nowy Jork, USA, 2012., s. 7.

<sup>2</sup> *Ibidem*, s. 33.

<sup>3</sup> <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-020-DFRC.html>, (dostęp 27.05.2023)

technologicznego postępu w dziedzinie lotnictwa bezzałogowego i odegrał kluczową rolę w rozwinięciu koncepcji dronów autonomicznych.

Już w 1989 roku Yamaha Motor stworzyła pierwszy na świecie komercyjny helikopter bezzałogowy służący do oprysków rolniczych. W roku 1998 na podstawie jego konstrukcji rozpoczęły się prace nad stworzeniem autonomicznego drona wykorzystującego odbiornik GPS. W 2000 roku na prośbę japońskiego Rządu dron Yamaha RMAX wykonał bliską obserwację aktywnego wulkanu Mt. Usu. Operacja ta w innym wypadku byłaby niemożliwa z powodu ograniczeń dotyczących zasięgu sterowania klasycznym dronem oraz braku możliwości przelotu helikopterem z załogą<sup>4</sup>. Był to przełomowy sukces, który zwrócił uwagę świata na te innowacyjne zastosowania i otworzył nowe możliwości przed powstającym rynkiem dronów autonomicznych.

### 3. Budowa oraz działanie

Pierwsze drony autonomiczne były stosunkowo prostymi maszynami zdolnymi do wykonywania podstawowych zadań takich jak:

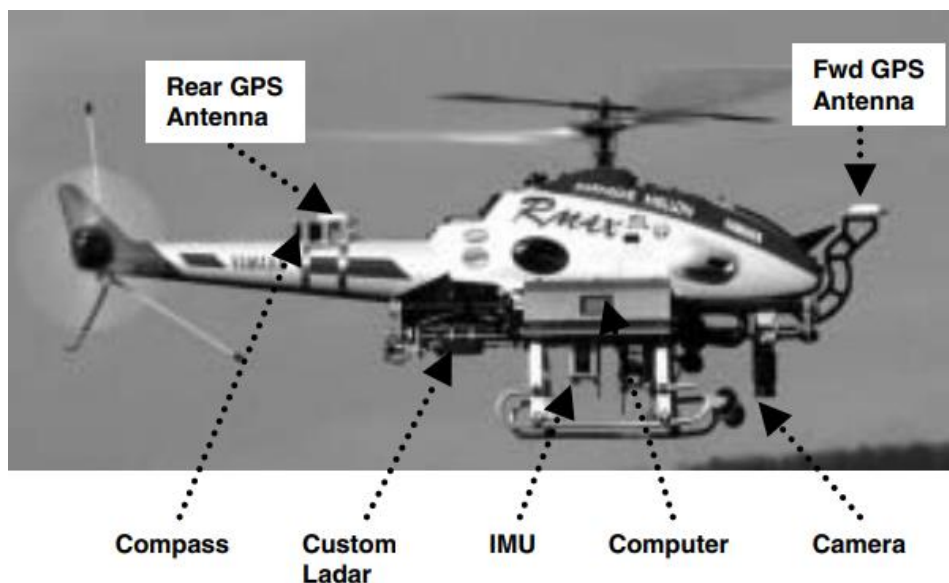
- autonomiczny start i lądowanie,
- przelot wcześniej wyznaczonymi prostymi trasami,
- automatyczna stabilizacja oraz utrzymanie wcześniej wyznaczonej pozycji,
- wykonanie w trakcie lotu prostych, wcześniej zaprogramowanych czynności takich jak wykonanie zdjęcia w wyznaczonym miejscu lub nagranie filmu.

Na początku obecnego stulecia dokładność wielu urządzeń i systemów nie była na tyle wystarczająca, by polegać na nich przy tworzeniu maszyn autonomicznych. Z tego względu, działanie dronów dostępnych w tamtych latach znacząco różni się od nowoczesnych maszyn stosowanych obecnie. Kluczowym elementem każdego autonomicznego drona jest IMU (z ang. Inertial Measurement Unit). Jest to zespół współpracujących ze sobą czujników takich jak m.in. akcelerometr i żyroskop. Mierzy on ruch oraz orientację robota, dostarczając do komputera informacje niezbędne do stabilizacji maszyny. Już od momentu skonstruowania pierwszych komercyjnych bezzałogowych statków powietrznych system GPS pełnił kluczową rolę w ich działaniu, ponieważ odpowiada on za określenie pozycji maszyny w czasie rzeczywistym. Często na pierwszych maszynach autonomicznych można było zauważyć kilka wysuniętych anten GPS, których zadaniem było uzyskanie jak najlepszej jakości połączenia. Zależnie od dokładności po-

---

<sup>4</sup> A. Sato, The RMAX Helicopter UAV, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA427393.pdf> (dostęp 27.05.2023)

zycjonowania drona, system GPS był w stanie okazjonalnie wspomagać stabilizację lotu kompensując wpływy wiatru, a dzięki ciągłemu sprawdzaniu swojej pozycji na mapie mógł także obliczać prędkość, z którą się przemieszcza. Dzięki kompasowi dron jest w stanie ustalić swoją orientację przestrzenną, co w połączeniu z systemem nawigacji umożliwia poruszanie się po wyznaczonej trasie. Ponieważ dokładność barometrów stosowanych w latach 2000 w urządzeniach elektronicznych wynosiła zazwyczaj kilka metrów oraz była podatna na oddziaływanie innych czynników takich jak drgania i turbulencje powietrza, dane barometru nie były miarodajne. W tym celu na dronach był montowany skaner, służący do odczytywania odległości od ziemi. Kamera umieszczona na robocie służyła do śledzenia przebiegu misji w czasie rzeczywistym, gdy znajdował się on w zasięgu sterowania. Wszystkie wyżej wypisane komponenty przesyłały dane oraz odczyty do komputera, który je na bieżąco przetwarzał. W latach 2000 maszyny te nie posiadały sztucznej inteligencji i zdolności percepcyjnych, jakie obserwujemy obecnie, wyposażone były jedynie w podstawowe funkcje nawigacyjne a brak zaawansowanych sensorów oraz duże rozmiary ograniczały obszar ich pracy do otwartych obszarów.



Rysunek 1. Dron Yamaha Rmax przystosowania do działania autonomicznego.

Źródło: A. Kelly, *Toward Reliable Off Road Autonomous Vehicles Operating in Challenging Environments*, *Experimental Robotics IX. Springer Tracts in Advanced Robotics*, vol. 21. Springer, Berlin, 2006.

Obecnie drony autonomiczne są znacznie bardziej rozbudowaną grupą maszyn. Pierwsze latające roboty, wzorowane na samolotach oraz helikopterach załogowych diametralnie różnią się od tych produkowanych obecnie. Największą różnicę można zauważyć nie tylko w wyglądzie, lecz także w rodzajach i ilości czujników w ich wyposażeniu. Na podstawie budowy drony można kategoryzować na:

- wielowirnikowe (quadrokopty, hexakoptery),
- jednowirnikowe (helikoptery),
- stałopłaty,
- hybrydowe,
- ornitoptery i entomoptery.

Miniaturyzacja, rozwinięcie technologii akumulatorów oraz silników elektrycznych umożliwiło na stworzenie nowego typu dronów: małych i łatwych do kontrolowania dronów wielowirnikowych. Wyparły one drony jednowirnikowe, ponieważ charakteryzują się większą stabilnością, zwrotnością oraz ładownością, przez co są obecnie najbardziej popularnym oraz najbardziej przystępnym rodzajem dronów. Wielowirnikowce, takie jak quadrotory, hexakoptery i octokoptery mają podobne parametry sterowania, jednak quadrotory są tańsze, szybsze i bardzo zwrotne. Hexakoptery i octokoptery oferują lepszą stabilność lotu, odporność na błędy i większą ładowność. Wielowirnikowce należą do kategorii pojazdów pionowego startu i lądowania (VTOL) z możliwością zawisu w miejscu.

Stałopłaty za to posiadają odmienną charakterystykę. Są robotami startującymi i lądującymi poziomo (HTOL), podobnie jak samoloty. Są one zaprojektowane do długotrwałego przebywania w powietrzu oraz pokonywania dużych odległości przy zużywaniu minimalnej ilości energii.

Drony hybrydowe łączą charakterystyki maszyn VTOL i HTOL. Są w stanie startować całkowicie pionowo, a po osiągnięciu odpowiedniego pułapu przejść w tryb lotu poziomego, podobnego do dronów stałopłatowych. Ponieważ maszyny te posiadają bardziej skomplikowaną budowę oraz często bardziej zaawansowane systemy sterowania, stanowią jedynie niszę rynkową wykorzystywaną do specjalistycznych zadań.

Innym rodzajem bezzałogowych statków powietrznych są maszyny używające poruszających się skrzydeł inspirowanych ptakami oraz owadami. Są to najczęściej niewielkie, mieszczące się w dłoni roboty latające wzorowane są na żyjących stworzeniach. Technologie te dalej są w fazach wczesnego rozwoju i nie są obecnie wykorzystywane.

Technologie używane w dronach autonomicznych to m.in.:

1. Nawigacja: Obecnie, urządzenia nawigacyjne korzystają z wielu technologii ustalania położenia w czasie rzeczywistym, między innymi satelitarnych systemów nawigacyjnych takich jak GALILEO, GLONASS i GPS. W połączeniu z technologią RTK (Real Time Kinematic) możliwe jest ustalenie pozycji robota z dokładnością do kilku centymetrów.

2. Percepcja przestrzenna: Dzięki zastosowaniu dużej ilości zróżnicowanych czujników nowoczesne statki bezzałogowe są w stanie obserwować otoczenie i dostosowywać się do zmieniających warunków. Zastosowanie kamer wizyjnych połączone z analizą obrazu oraz sztuczną inteligencją pozwala dronowi analizować i dynamicznie ustalać tor lotu do otoczenia, wokół którego się porusza. Czujniki głębi oraz lidary umożliwiają dokładne określenie odległości do obiektów, oraz analizowanie terenu.
3. Współpraca z otoczeniem: Możliwość ciągłego połączenia z szybkim internetem jest kluczowym aspektem ich bezpiecznego i efektywnego działania w dynamicznie zmieniających się warunkach. Możliwe są m.in. korekty trasy przelotu na podstawie działania innych statków powietrznych, komunikacja z kontrolerami lotu, reagowanie na informacje o zmieniających się warunkach atmosferycznych czy podejmowanie decyzji na podstawie analizy obrazu z kamery wizyjnej.
4. Bezpieczeństwo: By przystosować drony autonomiczne do użytkowania w miejscach gęsto zaludnionych, zostało opracowanych wiele algorytmów oraz technologii. Do konstrukcji dronów używane są wytrzymałe oraz lekkie materiały takie jak kompozyty, oraz włókno węglowe. Budowa robota jest odpowiednio wzmocniona i zabezpieczona przed każdymi warunkami atmosferycznymi, by ograniczyć prawdopodobieństwo potencjalnego wypadku. Dzięki omówionej w punkcie drugim percepcji przestrzennej drona oraz odpowiednim algorytmom wykrywającym zagrożenia w czasie rzeczywistym potrafi on namierzać zbliżające się niebezpieczeństwa oraz skutecznie ich unikać. W celu zwiększenia bezpieczeństwa wiele dronów autonomicznych posiada systemy redundancji, takie jak podwójne czujniki, podwójne układy sterowania czy zapasowe zasilanie. W przypadku awarii jednego z niezbędnych układów zapasowy system może przejąć kontrolę i zapewnić ciągłość działania drona. Sztuczna inteligencja dronów potrafi analizować na bieżąco progres misji. Dla przykładu, gdy w trakcie podróży do danego celu dron natrafi na silny wiatr a komputer wykalkuluje, że ilość energii może nie być wystarczająca na dotarcie do celu, może podjąć decyzję o zawróceniu. W przypadku krytycznej awarii np. jednego z silników, system drona może zdecydować o zatrzymaniu przebiegu powierzonej misji i jak najszybszym lądowaniu drona. Gdy dojdzie do takiego przypadku, kluczowym elementem drona są obudowy wirników, ponieważ nie tylko zapewniają ochronę samego robota, ale również osób oraz przedmiotów znajdujących się w pobliżu. Bardzo ważnym, a często pomijanym aspektem bezpieczeństwa dronów autonomicznych jest zabezpieczenie danych i systemów komunikacji. Przejęcie kontroli przez niepożądaną osobę stanowi bardzo

duże zagrożenie dla bezpieczeństwa osób postronnych. Szyfrowanie danych, autoryzacja połączenia z dronem i uwierzytelnianie użytkowników stanowią podstawowe mechanizmy cyberbezpieczeństwa statku powietrznego.

#### 4. Zastosowania w przemyśle cywilnym

Drony autonomiczne coraz częściej są chętnie wybieranym rozwiązaniem nie tylko przy zadaniach uniemożliwiających bezpośrednie połączenie z pilotem, ale również misji, które dotychczas były wykonywane przez ludzi. Zastosowanie tych maszyn przynosi wiele korzyści takich jak szybsze wykonanie zadania, zwiększenie bezpieczeństwa, redukcje kosztów, możliwość dotarcia w trudno dostępne miejsca oraz dokładność wykonania danej misji. Poniżej wypisane są przykładowe wykorzystania dronów autonomicznych:

1. **Patrolowanie:** Jednym z najpopularniejszych zadań dronów autonomicznych jest patrolowanie wcześniej wyznaczonego terenu. Po zamontowaniu kamery termowizyjnej dron typu HTOL może zmienić się w skuteczną i efektywną platformę do monitorowania dużych obszarów, np. granicy państwa. Kamera termowizyjna w połączeniu ze sztuczną inteligencją niezależnie od pory dnia jest w stanie zidentyfikować podejrzany obiekt. Po identyfikacji dron wysyła do osoby wyznaczonej zdjęcie oraz lokalizację danego obiektu. Tę samą technologię wykorzystuje się również do monitorowania lokalizacji i liczebności zagrożonych gatunków.
2. **Transport:** Drony automatyczne oferują nieznane dotychczas możliwości transportu małych towarów na krótkie i średnie dystanse. Jest to jeden z tańszych, a zarazem najszybszych sposobów transportu małych towarów. Umożliwiają one dostarczenie niezbędnych środków medycznych, takich jak leki, krew czy aparatura o wiele szybciej niż standardowa karetka. Drony autonomiczne mogą być szczególnie przydatne w obszarach, gdzie dostęp do ochrony zdrowia jest ograniczony, na przykład na wyspach lub obszarach wiejskich. Już od 2016 roku<sup>5</sup> w Rwandzie funkcjonuje firma, która przy pomocy autonomicznych dronów transportuje między szpitalami i do trudno dostępnych miejsc leki oraz zaopatrzenie medyczne. Roboty te mogą również dostarczać małe paczki i przesyłki omijając tradycyjne problemy związane z ruchem drogowym i dotarciem do trudno dostępnych miejsc, przy okazji zmniejszając korki na ulicach miast.
3. **Inspekcje:** Dzięki możliwości zastosowania wysokich rozdzielczości kamer, drony autonomiczne są w stanie wykonywać szybkie oraz dokładne inspekcje infrastruktury.

---

<sup>5</sup> <https://www.technologyreview.com/2017/06/08/151339/blood-from-the-sky-ziplines-ambitious-medical-drone-delivery-in-africa/> (dostęp 27.05.2023)

Umożliwia to przeprowadzenie kontroli bez konieczności wchodzenia personelu na wysokie budynki takie jak np. turbina wiatrowa. Posiada to wiele korzyści takich jak redukcja kosztów oraz czasu potrzebnego na inspekcję, a także zwiększenie bezpieczeństwa. Dron dzięki precyzyjnym czujnikom jest w stanie zidentyfikować uszkodzenia lub wady konstrukcyjne, co pozwala na szybką interwencję i utrzymanie infrastruktury w dobrym stanie.

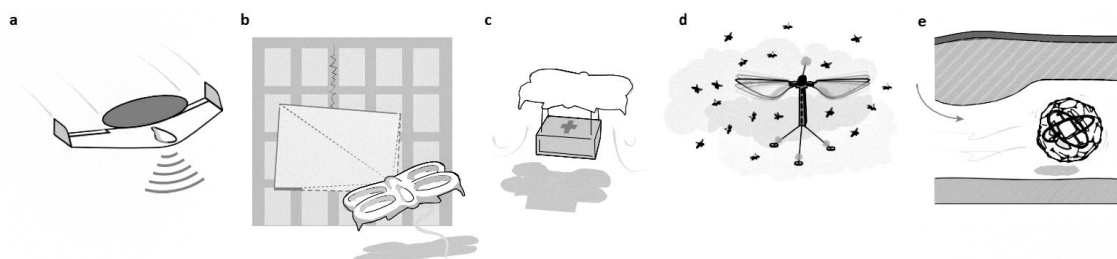
4. Rolnictwo: Drony autonomiczne w rolnictwie wykorzystywane do wielu zadań począwszy od nawożenia i oprysku aż po analizowanie jakości plonów. Dzięki mapowaniu swojej trasy są w stanie szybciej i dokładniej niż inne dostępne metody wykonać powierzone zadanie. Dzięki niewielkim ograniczeniom (najczęściej pusty, otwarty plan oraz brak ludzi w pobliżu) rynek dronów autonomicznych w przemyśle rolniczym jest wysoce rozwinięty i posiada wiele dedykowanych rozwiązań. Na rynku istnieją autonomiczne drony, które po zaznaczeniu obszaru hodowli oferują takie opcje jak stworzenie zoptymalizowanych map różnicy wskaźnika wegetacji, lokalizację chwastów czy tworzenie raportów o zdrowiu roślin.

5. Badania naukowe: Jednym z pierwszych zastosowań dronów autonomicznych były badania naukowe. Obecnie są one wykorzystywane przy monitorowaniu środowiska, badając m.in. jakość powietrza, stan lasów i zmiany klimatyczne. Przy pomocy zaawansowanych lidarów oraz kamer z detekcją głębi są zdolne do dokładnego mapowania i dokumentowania stanowisk archeologicznych, oraz wykrywania ukrytych struktur i śladów przeszłości bazując na kształcie terenu. Kolejnym zastosowaniem tych robotów jest monitorowanie populacji oraz migracji zwierząt, badanie ekosystemów i zbieranie informacji o rozprzestrzenianiu się gatunków.

6. Sytuacje kryzysowe: Drony autonomiczne mają szerokie zastosowanie w trakcie sytuacji kryzysowych takich jak katastrofy naturalne. Wykorzystanie ich w operacjach poszukiwawczo-ratunkowych tworzy wiele możliwości przyspieszenia i usprawnienia danych misji. Stałopłatowe konstrukcje o długim czasie lotu mogą transmitować obraz z kamery i tworzyć sieć komunikacyjną dla ratowników w warunkach ograniczających użycie klasycznych mediów komunikacyjnych. Drony wielowirnikowe mogą badać stan budynku pod kątem pęknięć i wycieków oraz dostarczać materiały medyczne, oraz prowiant do miejsc trudno dostępnych np. w trakcie powodzi. Roje miniaturowych entomopterów są w stanie wlatywać do budynków w celu wykrycia zagrożenia chemicznego, a wielowirnikowe drony w klatkach ochronnych mogą wlatywać do zagrożonych i trudno dostępnych miejsc w celu szukania oznak życia.



7. Fotografia i filmy: Drony autonomiczne utworzyły wcześniej niedostępne możliwości tworzenia nowych ujęć. Opcje takie jak automatyczne śledzenie obiektu czy automatyczne tworzenie filmów poklatkowych dostępne nawet w tańszych robotach pomaga szczególnie mniejszym i indywidualnym twórcom tworzyć wysokiej jakości materiały.



Rysunek 2. Autonomiczne drony w sytuacjach ratunkowych. **a**, stałopłatowe konstrukcje o długim czasie lotu mogą transmitować obraz z kamery i tworzyć sieć komunikacyjną dla ratowników w warunkach ograniczających użycie klasycznych mediów komunikacyjnych. **b**, drony wielowirnikowe mogą badać stan budynku pod kątem pęknięć i wycieków oraz **c**, dostarczać materiały medyczne oraz prowiant do miejsc trudno dostępnych. **d**, roje miniaturowych entomopterów są w stanie wlatywać do budynków w celu wykrycia zagrożenia chemicznego. **e**, wielowirnikowe drony w klatkach ochronnych mogą wlatywać do zagrożonych i trudno dostępnych miejsc w celu szukania oznak życia.

Źródło: Floreano, D., Wood, R. *Science, technology and the future of small autonomous drones*. Nature 521, s. 460–466, 2015.

## 5. Podsumowanie

Na przestrzeni ostatnich 30 lat drony autonomiczne przeszły znaczący postęp technologiczny. Od pierwszych pionierskich maszyn potrafiących wykonać jedynie proste przeloty z punktu A do punktu B stały się wielozadaniowymi, wyspecjalizowanymi maszynami używanymi na co dzień przez setki firm z różnych branż. Wprowadzenie dronów autonomicznych do naszego życia uczyniło je wygodniejszym oraz przystępniejszym, otworzyły one drzwi do dokładniejszego poznania otaczającego nas świata. Mimo wielu korzyści, które oferują te maszyny, wciąż wymagają one wiele pracy i ciągłego doskonalenia.

## Literatura

1. Barnhart R., Hottman S, Marshall D., Shappee E., *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, CRC Press, Nowy Jork, USA, 2012.
2. Noami K., *Autonomous Flying Robots*, Springer Verlag Gmbh, Londyn, Anglia, 2010.
3. Floreano, D., Wood, R. *Science, technology and the future of small autonomous drones*. Nature 521, s. 460–466, 2015.
4. T. Elmokadem, A. Savkin. *Towards Fully Autonomous UAVs: A Survey*. Sensors 21, 6223, MDPI, 2021.

5. A. Kelly, *Toward Reliable Off Road Autonomous Vehicles Operating in Challenging Environments*, *Experimental Robotics IX. Springer Tracts in Advanced Robotics*, vol 21, Springer, Berlin, 2006.
6. K. AL-Dosari, Z. Hunaiti, W. Balachandran, *Systematic Review on Civilian Drones in Safety and Security Applications*, *Drones*, 7, 210, 2023.

### **Źródła internetowe**

1. <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-020-DFRC.html> (dostęp 27.05.2023)
2. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA427393.pdf> (dostęp 27.05.2023)
3. <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/making-drones-suitable-cities> (dostęp 28.05.2023)
4. [https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3314&context=etm\\_studentprojects](https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3314&context=etm_studentprojects) (dostęp 28.05.2023)
5. <https://www.flyzipline.com> (dostęp 28.05.2023)

**Jakub ŻAŃCZAK, Wojciech Zajączkowski, Michał Zielonka, Kamil Uchwat, Filip Kula**  
Studenckie Koło Informatyków KOD

**dr inż. Bartosz TRYBUS**  
Opiekun naukowy

## **Zastosowanie technologii Bootstrap w tworzeniu responsywnych aplikacji webowych i stron internetowych**

### **Streszczenie**

Artykuł opisuje możliwości i wykorzystanie frontendowego narzędzia Bootstrap do szybkiego i skutecznego tworzenia aplikacji webowych oraz stron internetowych. Opisane zostaną jego działanie oraz najważniejsze elementy całego frameworka, którymi są między innymi: siatka, komponenty, połączenie z Sass, tworzenie responsywnych układów oraz przedstawienie aplikacji webowej stworzonej za jego pomocą. Omówione zostaną zalety korzystania z Bootstrap, takie jak oszczędność czasu, łatwość w użyciu i responsywność. Autor przedstawi przykłady wykorzystania frameworka, pokazując, jak można tworzyć estetyczne strony internetowe przy pomocy gotowych komponentów i stylów dostarczanych przez Bootstrap. Artykuł zawiera również porównanie Bootstrap z innymi frameworkami, takimi jak Foundation czy Tailwind CSS. Na potrzeby artykułu zostanie przedstawiony projekt ze Studenckiego Koła Naukowego Informatyków KOD, którego frontendowa część bazuje na frameworku Bootstrap.

**Słowa kluczowe:** Bootstrap, framework, Sass, komponent, responsywność

### **1. Wprowadzenie**

Współczesne tempo rozwoju technologii internetowych jest coraz szybsze i coraz wyższe są wymagania użytkowników. Programiści i projektanci starają się znaleźć narzędzia pozwalające im efektywnie tworzyć zaawansowane interfejsy użytkownika, minimalizując jednocześnie wysiłek i czas potrzebny na implementację. Istnieje wiele frameworków i bibliotek rozwiązujących ten problem takich jak Angular, React, Ember.js i omawiany w tym artykule frontendowy framework Bootstrap. Został on stworzony przez Marca Ottona i Jacoba Thorntona, a został oficjalnie wydany 19 sierpnia 2011 roku. Nadal jest rozwijany przez dużą społeczność współautorów. Początkowo był znany jako Twitter Blueprint i miał być używany w celu ujednolicenia narzędzi deweloperskich, służąc tylko do wewnętrznego użytku. Po kilku miesiącach udoskonalania, nazwa “Twitter Blueprint” została zamieniona na “Twitter Bootstrap”, po czym gotowy projekt został wydany jako open-source, co doprowadziło do stałego ulepszania całego narzędzia przez społeczność. Aktualnie najnowszą wersją tego

frameworka jest “Bootstrap 5” i jest rozpowszechniany na podstawie licencji MIT, co pozwala na swobodne korzystanie.

Niniejszy artykuł skupi się na przedstawieniu frameworka Bootstrap jako efektywnego narzędzia do łatwego i szybkiego tworzenia aplikacji webowych o różnym przeznaczeniu. Przedstawione zostaną elementy takie jak: grid system, komponenty, style, responsywność, połączenia z innymi technologiami oraz proces implementacji rozwiązań do aplikacji. Omawiany framework zostanie porównany do dwóch innych: Foundation oraz Tailwind CSS.

## 2. Działanie Bootstrap

Bootstrap w odróżnieniu od reszty frameworków nie narzuca określonej architektury projektu, w którym będzie używany. Oznacza to, że można go zastosować bezpośrednio w swoim kodzie, nawet w przypadku, gdy framework ten nie był początkowo planowany do użytku. Łączenie swojego projektu z Bootstrapem można wykonać poprzez dodanie plików z rozszerzeniami .css oraz .js do swojego katalogu z projektem strony, a następnie podłączyć dodane pliki tagiem “<link>”. Drugim, szybszym sposobem, niewymagającym pobierania plików źródłowych jest skorzystanie z technologii CDN, za pomocą jsDelivr. W tym przypadku należy jedynie umieścić w kodzie sam link, a reszta plików źródłowych będzie dostępna natychmiastowo. Opcjonalnie można również wkleić link do skryptu JS.

W skrócie, architektura omawianego frameworka jest zaprojektowana w sposób modułowy. Każdy moduł to oddzielny kod, który może być używany niezależnie od reszty. Moduły te zawarte są w plikach z rozszerzeniami Javascript oraz CSS, które są pokategoryzowane na zawierające jego całość lub tylko część. Przykładowo “bootstrap.css” zawiera wszystkie elementy frameworka, a “bootstrap-grid.css” jedynie układ siatki. Pozwala to na zaoszczędzenie miejsca i zmniejszenie liczby zależności, w przypadku, gdy większość funkcjonalności nie będzie używana w konkretnym projekcie.

Bootstrap wspiera się również takimi technologiami jak flexbox, jQuery, Popper.js, Sass, Autoprefixer, Gulp i innymi. Pomagają one w zapewnieniu responsywności, kompatybilności z różnymi przeglądarkami i systemami oraz funkcjonalności, które zostały opisane poniżej.

## 3. Układ siatki, czyli grid system

Grid system jest powszechnie stosowanym narzędziem w projektowaniu stron internetowych. Jest to strukturalny układ siatki, który umożliwia programistom i projektantom precyzyjne rozmieszczanie i organizację elementów na stronie. Działanie tego narzędzia opiera

się na podziale strony na modyfikowalne wiersze i kolumny, dzięki czemu poprzez umieszczanie elementów w ten sposób utworzonej siatce, można tworzyć różne kombinacje układów dostosowane pod potrzeby projektu. Jedną z głównych cech grid systemu jest responsywność, czyli tworzenie elastycznych układów, automatycznie dostosowujących się do różnych rozmiarów ekranów i urządzeń.

W Bootstrapie siatka budowana jest przy użyciu technologii flexbox. Framework ten zapewnia również szeroki wybór klas i narzędzi, które ułatwiają dostosowywanie i personalizację siatki. Można kontrolować szerokość kolumn, marginesy, wyrównanie, a także dodawać dodatkowe klasy, takie jak offset czy order, aby osiągnąć pożądany układ i hierarchię elementów na stronie. Na rys. 1 przedstawiono przykład prostego układu responsywnego zbudowanego za pomocą układu siatki w Bootstrapie na bazie projektu “Similarity”:

```

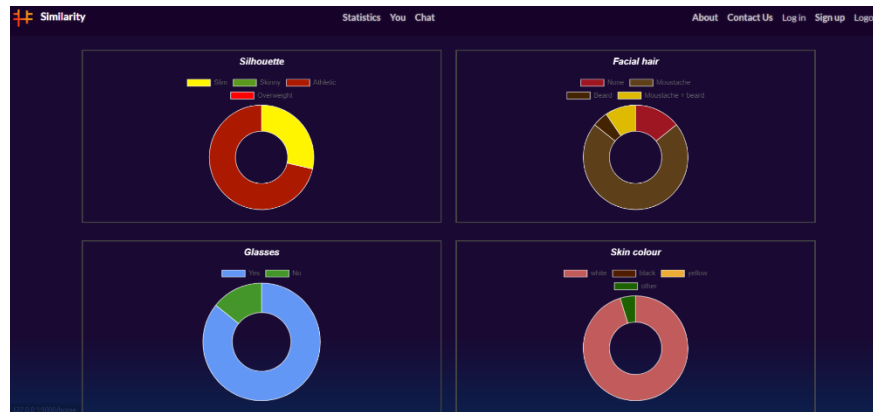
<div class="container">
  <div class="row">
    <div class="col-md-6">
      <div class="chartCard">
        <canvas id="myChart2"></canvas>
      </div>
    </div>
    <div class="col-md-6">
      <div class="chartCard">
        <canvas id="myChart3"></canvas>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div class="row">
    <div class="col-md-6">
      <div class="chartCard">
        <canvas id="myChart4"></canvas>
      </div>
    </div>
    <div class="col-md-6">
      <div class="chartCard">
        <canvas id="myChart5"></canvas>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>

```

Rysunek 1. Kod podzielony na dwie części, umieszczający 4 elementy na siatce.

źródło: opracowanie własne.

Kod zawiera dwie klasy służące do tworzenia siatki: “row” - odpowiada za tworzenie nowego wiersza oraz “col-md-6” - odpowiada za rozmieszczenie pojedynczego elementu na 6 kolumnowych jednostek siatki. Jako że siatka w Bootstrapie podzielona jest na 12 jednostek (części), to element umieszczony na 6 jednostkach będzie umieszczony dokładnie na połowie strony. Elementami, które są rozmieszczane w kodzie to wykresy kołowe, otoczone ramką uwidaczniającą podział. Efekt działania kodu pokazano na Rys. 2:



Rysunek 2. Cztery elementy równo rozmieszczone, za pomocą siatki Bootstrapowej  
źródło: opracowanie własne.

Stosowanie technologii responsywnej siatki CSS w omawianym frameworku przynosi wiele korzyści i ułatwień w projektowaniu stron internetowych. Oto kilka głównych aspektów, które warto podkreślić:

- zapewnienie responsywności,
- elastyczne i intuicyjne rozmieszczanie elementów,
- łatwość użycia
- zgodność z innymi komponentami Bootstrapa.

#### 4. Komponenty

Tworząc aplikację webową, dobrze jest pamiętać o istnieniu komponentów, które są gotowymi rozwiązaniami wymagającymi jedynie implementacji w swój kod. Posługiwanie się nimi znacznie ułatwia i przyspiesza proces tworzenia aplikacji, gdyż już gotowe fragmenty kodu mogą być bezpośrednio włączone do własnego projektu. Komponenty zawierają zarówno strukturę HTML, style CSS oraz często skrypty JavaScript. Oferują one funkcjonalności i interakcje, które można wielokrotnie wykorzystać w różnych miejscach aplikacji. Standardowymi przykładami komponentów są: przycisk, navbar, formularz lub alert. Bootstrap w tej kwestii oferuje użytkownikowi bardzo dużą ilość gotowych komponentów, które są stale dodawane przez społeczność. Framework ten wyróżnia się między innymi komponentami taki jak: nawigacja hierarchiczna, progress bar, tooltip, karuzela, spinner i wiele innych.

Społeczność i funkcjonalności Bootstrapa oferują również komponenty domyślnie w niego niewbudowane. Oznacza to, że istnieją rozwiązania, które można znaleźć w źródłach zewnętrznych, a mając na uwadze szeroką popularność Bootstrapa, znalezienie ich jest bardzo łatwe. Komponenty utworzone przez innych użytkowników są dostępne zarówno za darmo jak

i za opłatą. Można je również ze sobą łączyć, tworząc przy tym bardzo podstawowe elementy takie jak navbar z przyciskami lub bardziej zawile jak na przykład galeria, wyświetlana przy użyciu komponentu “modal”.

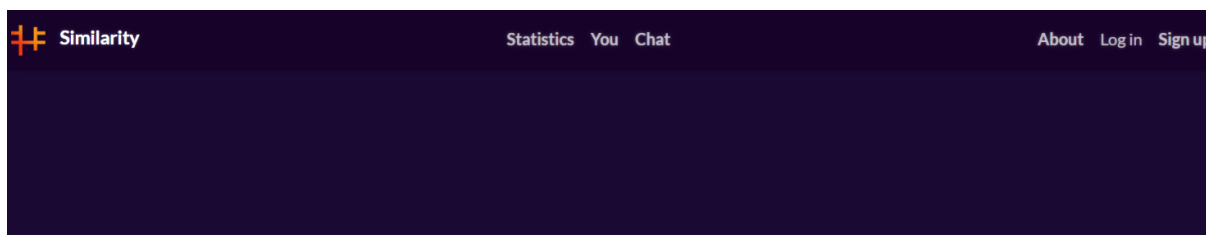
Ważną cechą komponentów jest ich responsywność. Dodając komponent lub ich układ w Bootstrapie mamy gwarancję, że będzie on w pełni skalowalny, więc będzie dostosowywał się do różnych rozmiarów ekranów i urządzeń. Warto jest używać już wspomnianego w tym artykule układu siatki. Na Rys. 3 został przedstawiony kod bazujący na projekcie “Similarity” ze Studenckiego Koła Naukowego Informatyków KOD, umieszczający na stronie przykładowy pasek nawigacyjny z przyciskami.

```
<nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark bg-dark">
  <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-target="#navbar">
    <span class="navbar-toggler-icon"></span>
  </button>
  <div class="collapse navbar-collapse" id="navbar">
    <div class="navbar-nav mr-auto">
      <a href="/home"></a>
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/home" style="font-size: 18px; color: white;">Similarity</a>
    </div>
    <div class="navbar-nav mx-auto">
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/statistics">Statistics</a>
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/you">You</a>
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/chat">Chat</a>
    </div>
    <div class="navbar-nav ml-auto">
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/about">About</a>
      <a class="nav-item nav-link" href="/login">Log in</a>
      <a class="nav-item nav-link bold-text" href="/sign-up">Sign up</a>
    </div>
  </div>
</nav>
```

Rysunek 3. Kod umieszczający pasek nawigacyjny

źródło: opracowanie własne.

W kodzie zostały użyte klasy wbudowane w omawianego frameworka. Są to między innymi: navbar, navbar-expand-lg, navbar-dark, navbar-toggler, navbar-nav, nav-item, ml-auto i inne. Każda z nich połączona z resztą kodu buduje i odpowiednio stylizuje responsywny pasek nawigacyjny, który został przedstawiony na Rys. 4.



Rysunek 4. Navbar wygenerowany przez podany wyżej kod

źródło: opracowanie własne

Kolejnym ciekawym przykładem wartym przedstawienia jest tworzenie formularzy. W Bootstrapie robi się to za pomocą klasy “form-group”, a kolejne opcje lub pole do wpisania dodaje się poprzez `<option>` lub `<input>`. Na Rys. 5 przedstawiony został kod oraz rezultat.

```
<div class="form-group">
  <label for="height">Height</label>
  <input
    type="number"
    class="form-control"
    id="height"
    name="height"
    placeholder="Your height (cm)"
  />
</div>

<div class="form-group">
  <label for="hair_colour">Hair colour</label>
  <select class="form-control" id="hair_colour" name="hair_colour">
    <option>-</option>
    <option>Blonde</option>
    <option>Black</option>
    <option>Bronze</option>
    <option>Other</option>
  </select>
</div>

<button type="submit" class="btn btn-primary">Submit</button>
```

Rysunek 5. Kod tworzący dwa pola formularzu oraz przycisk  
źródło: opracowanie własne

Kod tworzy dwa pola, z których jedno jest tekstowe, a drugie z wysuwanymi opcjami. Dodatkowo tworzony jest przycisk “submit”. Stworzenie takiego formularza jest bardzo intuicyjne i nie zajmuje wiele czasu. Rezultat został przedstawiony na Rys. 6.



Rysunek 6. Rezultat działania kodu z rysunku 5.  
źródło: opracowanie własne



## 5. Stylowanie tekstów

Chociaż większość efektów stylizacyjnych, które można osiągnąć za pomocą Bootstrapa, można również osiągnąć za pomocą czystego CSS, to istnieją pewne korzyści, które oferuje ten framework w kontekście wygodnych stylizacji tekstowych. Wiele klas umożliwiających manipulację tekstem jest kompatybilnych z komponentami tego frameworka, co zapewnia spójność stylów, bez potrzeby specjalnego pisania dodatkowego kodu. Bootstrap umożliwia manipulowanie takimi właściwościami jak: czcionka, rozmiar, kolor, odstępy między liniami, wyrównanie, efekty specjalne itp. Omawiany framework wspomaga się również takimi narzędziami jak RTLCSSTools oraz RFS. Pierwszy z nich jest przeznaczony do projektowania stron dla języków, w których pismo jest standardowo pisane od prawej do lewej. Narzędzie to znacznie ułatwia i przyspiesza umieszczanie całych konfiguracji tekstów i elementów w sposób zgodny ze standardem czytania treści w wymieniony sposób. Drugie wspomniane narzędzie służy do automatycznego skalowania czcionek poprzez kalkulowanie odpowiedniego rozmiaru tekstu dla różnych rozmiarów okien, w których się one znajdują, co zapewnia szybkie uzyskanie kluczowej responsywności, bez potrzeby ręcznego skalowania marginesów lub odstępów.

## 6. Połączenie z Sass

Ważne podczas projektowania responsywnej aplikacji webowej jest zarówno dbanie o styl umieszczonych w niej elementów jak i wygodna manipulacja kodem. Stosowanie CSS pozwala programistom kontrolować wygląd i układ elementów na stronie, jednak złożona stylizacja obejmująca kolorystykę, typografię, marginesy, wyrównywanie, animacje i wiele innych często może wymagać bardziej zaawansowanych narzędzi. Poniżej omówione zostaną podstawowe koncepcje stylizowania i kodowania stylizacji za pomocą Bootstrapa bezpośrednio połączonego z preprocesorem CSS - Dart Sass, który oferuje możliwość programowania w CSS - tworzenie funkcji, pętli oraz operacji przeprowadzanych na zadeklarowanych zmiennych. Połączenie to znacznie rozszerza standardowe funkcjonalności czystego CSS, pozwalając tym samym na wygodne, precyzyjne i bardziej unikalne wprowadzanie elementów do aplikacji webowej na własne potrzeby.

Sass oferuje możliwość deklarowania zmiennych i tworzenie pętli w kodzie CSS, co przyspiesza manipulację stylami i implementację bardziej zaawansowanych układów. Bootstrapowe funkcjonalności często korzystają z tych rozwiązań z kilku ważnych powodów. Eliminują one konieczność wielokrotnego powtarzania tego samego fragmentu kodu i wracania

się do odpowiednich jego części w celu wprowadzenia zmiany, więc całe bloki kodu zajmujące wiele przestrzeni można umieścić w jednym miejscu. co jest wygodniejsze, czyni kod bardziej zwężym i czytelnym, ułatwia tworzenie własnych konfiguracji i zapewnia spójność w kodzie pomiędzy wszystkimi zaimplementowanymi elementami.

Omawiany preprocesor CSS oferuje kolejne ważne ułatwienie, którym są mixiny - bloki kodu, które można definiować i wywoływać w różnych miejscach w arkuszu stylów. Bootstrap wykorzystuje tę funkcję Sass, dzięki czemu łatwiej jest wykorzystywać potencjał omawianego frameworka. Po zaimportowaniu pliku `.scss` z gotowymi mixinami, wystarczy je wywołać za pomocą odpowiedniej nazwy i przekazać parametry, co bardzo upraszcza manipulację kodem.

Warto dodać, że Bootstrap swoje pliki źródłowe udostępnia zarówno w wersji czystego skompilowanego CSS (`.css`) oraz w wersji Sass (`.scss`), zatem jeśli tworzony projekt nie wymaga tego preprocesora, można z niego całkowicie zrezygnować.

## **7. Responsywność i podejście mobile-first**

Wraz z dynamicznym rozwojem technologii mobilnych i różnorodnością urządzeń, użytkownicy oczekują, że strony będą doskonale wyglądać na różnych ekranach, od małych smartfonów po duże monitory. Ważne jest zatem aby zamiast tworzyć oddzielne strony na różne ekrany, stworzyć jedną, która sama się do nich dostosuje. Pojęcie responsywności odnosi się do zdolności strony internetowej do automatycznego dostosowywania się do różnych rozmiarów ekranów, co pod względem wyglądu i wygody użytkownika ma duże znaczenie. Bootstrap wspiera podejście RWD (Responsive Web Design) dzięki funkcjonalnościom takim jak grid system lub klasy pomocnicze, dzięki którym można dostosować pozycjonowanie elementów na stronie w zależności od wielkości ekranu.

Podejście mobile-first oznacza taką metodykę tworzenia strony lub aplikacji webowej, aby na początku zacząć od projektowania jej pod najmniejsze ekrany, a zakończenie na największych, co pozwala na ominięcie wielu problemów związanych chociażby z przerzucaniem z wersji na mały ekran gdy początkowy design był na duże ekrany. Bootstrap jest dostosowany pod podejście mobile-first co oznacza, że parametry klas odpowiedzialnych za pozycję elementów są ustawione można ustawić na ekrany małej wielkości, co można według własnego uznania potem zmienić.

## 8. Porównanie z innymi frameworkami

Przed przystąpieniem do realizacji projektu z intencją wykorzystania frameworka, należy się zastanowić jakie najlepiej będą się do tego nadawać. Warto wiedzieć jakie są dostępne i czym wyróżniają się spośród innych. Na rynku istnieje wiele innych frontendowych frameworków, które oferują podobne możliwości do Bootstrapa. Poniżej do omawianego frameworka zostaną porównane dwa inne: Tailwind CSS oraz Foundation. Powodem wybrania takiego zestawu frameworków jest ich popularność oraz wspólna podstawa do tworzenia responsywnych aplikacji webowych.

Tailwind CSS został stworzony w 2017 roku przez Adama Wathana, Davida Hemphilla, Steve'a Schogera i Jonathana Reininka. Jest to framework niższego poziomu niż Bootstrap czy Foundation wykorzystujący podejście utility-first, zatem Tailwind skupia się na dostarczaniu podstawowych narzędzi do budowy interfejsu użytkownika. Użytkownik tego frameworka, w przeciwieństwie do dwóch pozostałych, może zaprogramować własne unikatowe rozwiązania, co przekłada się na oryginalność projektowanej strony, jednak jest to trudniejszy do nauki i bardziej czasochłonny sposób jej tworzenia niż korzystanie z gotowych szablonów. Tailwind CSS zaczyna nabierać coraz większą popularność, co nie zmienia faktu że społeczeństwo z niego korzystające jest nadal węższe od tego korzystającego z Bootstrap.

Nieco bardziej podobnym do Bootstrapa frameworkiem jest Foundation autorstwa ZURB. Powstał on w 2011 roku, a od 2019 jest utrzymywany przez wolontariuszy. Foundation w odróżnieniu od Tailwind CSS dostarcza gotowe szablony oraz skupia się na możliwości ich zaawansowanej modyfikacji, zatem pośredniczy pomiędzy pozostałymi dwoma zestawionymi w porównaniu. Framework ten jest trudniejszy w użytku niż Bootstrap, jednak łatwiejszy niż Tailwind CSS. Społeczność korzystająca z Foundation jest bardziej ograniczona niż społeczność Bootstrapa, co przekłada się na mniejszą ilość dostępnych materiałów do nauki lub gotowych rozwiązań.

Bootstrap dostarcza gotowe rozwiązania bez podejścia możliwości ich zaawansowanej modyfikacji. Tworzenie stron za jego pomocą jest łatwe i szybkie, jednak jednocześnie jest znacznie mniej elastyczne niż w przypadku dwóch pozostałych frameworków. Społeczność używająca Bootstrapa jest bardzo duża, co umożliwia szeroki dostęp do gotowych kodów i wszelkich materiałów do nauki. Wadą tego frameworka jest jego duża ilość zajmowanej przestrzeni. Mimo że pliki z tymi funkcjonalnościami, które nie będą wykorzystywane, można odrzucić to, nadal rozmiar plików Tailwind CSS oraz Foundation jest nieporównywalnie mniejszy. Wpływa to zatem na zmniejszoną szybkość funkcjonowania strony.

Wybór najlepszego narzędzia wspomagającego tworzenie aplikacji webowej uzależniony jest od jej wymagań i preferencji samego programisty. Bootstrap mimo swojej uniwersalności, najlepiej sprawdzi się przy tworzeniu projektów z naciskiem na szybkość i łatwość samego wykonania. Foundation nada się do każdego rodzaju projektu, a Tailwind CSS będzie dobrym narzędziem do tworzenia oryginalnych i rozbudowanych stron internetowych.

## 9. Podsumowanie

Frameworki stanowią nieodłączny element projektowania aplikacji webowych. Chcąc stworzyć dobrze prezentującą się stronę internetową w wygodny i szybki sposób, użycie frameworka Bootstrap będzie dobrym wyborem. Framework ten używany jest zarówno przez początkujących jak i zaawansowanych użytkowników, co czyni go tak naprawdę uniwersalnym narzędziem. Podejście RWD i mobile-first, które Bootstrap wspiera jest bardzo ważne w dzisiejszym świecie, w którym samo prezentowanie się produktu jest często kwestią najważniejszą.

## Literatura

1. Lambert M., *Bootstrap 5: Build Responsive Projects and Websites*
2. McGrane K. *Going Responsive*
3. Wroblewski L. *Mobile First*
4. Frain B. *Responsive Web Design with HTML5 and CSS*
5. Libby A. *Sass Essentials*
6. Müller-Brockmann J. *Grid Systems in Graphic Design*

## Źródła internetowe

1. <https://getbootstrap.com/docs/5.3> (dostęp: 10.06.2023).
2. <https://sass-lang.com/documentation> (dostęp: 10.06.2023).

**Wojciech Zajączkowski, Michał Zielonka, Filip Kula, Kamil Uchwat, Jakub Żańczak**  
Studenckie Koło Naukowe Informatyków „KOD”

**dr. inż. Bartosz TRYBUS**  
Opiekun naukowy

## **Proces budowy i zabezpieczania aplikacji webowej przy użyciu frameworka „Flask”**

### **Streszczenie**

Artykuł opisuje sposób budowy podstawy aplikacji webowej „Similarity”, która została stworzona przy użyciu języka programowania Python, wspieranego przez mikroframework "Flask", a także przy użyciu języków: HTML, CSS oraz JavaScript. Do przechowywania danych, aplikacja korzysta z otwarto źródłowego systemu zarządzania relacyjną bazą danych MySQL. "Similarity" jest prostą aplikacją webową, której głównym celem jest odnajdywanie osób o określonych cechach. Domyślnie aplikacja wyszukuje osoby najbardziej podobne lub nawet identyczne do użytkownika. Przedstawiono także proces zabezpieczania połączenia przy użyciu klucza oraz szyfrowania haseł algorytmem SHA-256. Ostatecznym rezultatem jest aplikacja webowa, która pozwala użytkownikom odnaleźć ludzi o określonych cechach, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo i wydajność.

**Słowa kluczowe:** aplikacja webowa, framework, baza danych, bezpieczeństwo.

### **1. Wprowadzenie**

Celem artykułu jest pokazanie, jak została stworzona podstawa strony „Similarity”, a także jak została zabezpieczona za pomocą klucza i szyfrowania haseł. W omawianym przykładzie zostanie pokazany i przeanalizowany szkielet całej aplikacji, na którym zostały zbudowane bardziej zaawansowane funkcjonalności, oraz zostaną omówione technologie, które posłużyły do stworzenia strony.

### **2. Inicjalizacja aplikacji**

Pierwszym, niezwykle istotnym krokiem w procesie tworzenia aplikacji webowej jest etap postawienia serwera, który stanowi fundament całego projektu. Aby ułatwić ten proces oraz skonfigurować niezbędne ustawienia i uruchomić serwer, framework o nazwie "Flask" oferuje zbiór przydatnych narzędzi. W ramach projektu strony internetowej została stworzona dedykowana funkcja, mająca na celu inicjalizację serwera wraz z wstępnymi ustawieniami. Dzięki temu rozwiązaniu kod źródłowy staje się bardziej uproszczony i uporządkowany:

```

from website import create_app

app = create_app()

if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik main.py

```

def create_app():
    app = Flask(__name__)
    app.config['SECRET_KEY'] = 'Politechnika Rzeszowska'
    return app

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik \_\_init\_\_.py

Po wykonaniu powyższego kodu, serwer zostaje utworzony i uruchomiony. Po otworzeniu wygenerowanego linku strony w konsoli, na ekranie pojawia się komunikat błędu: "The requested URL was not found on the server. If you entered the URL manually please check your spelling and try again." Ten komunikat wskazuje, że serwer działa poprawnie, jednak podany link nie prowadzi do żadnej strony, która miałaby zostać wyświetlona. Jest to dobry objaw i oznacza, że do tej pory wszystko zostało zrobione prawidłowo.

### 3. Definiowanie i obsługa ścieżek

Kolejnym niezwykle istotnym etapem jest dokładne zdefiniowanie tras, czyli ścieżek, które będą obsługiwane przez aplikację. Aby podstrona mogła zostać prawidłowo wyświetlona dla użytkownika, musi być odpowiednio zadeklarowana w kodzie źródłowym. W zaprezentowanym poniżej fragmencie kodu, kiedy serwer otrzymuje żądanie o wyświetlenie strony o adresie '/login', zostają wykonane konkretne operacje, które zostały ściśle przypisane do tego adresu w kodzie. Dzięki temu serwer wie, w jaki sposób obsłużyć żądanie na podstawie podanej ścieżki.

```

@auth.route('/login', methods=['GET', 'POST'])
def login():
    if request.method == 'POST':
        email = request.form.get('email')
        password = request.form.get('password')

        user = User.query.filter_by(email=email).first()
        if user:
            if check_password_hash(user.password, password):

```

```

        flash("Logged in successfully!", category="success")
        login_user(user, remember=True)
        return redirect(url_for('views.home'))
    else:
        flash("Incorrect password, try again", category="error")
    else:
        flash("Email does not exist", category="error")

return render_template("login.html", user=current_user)

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik auth.py

Aby strona mogła być wyświetlana użytkownikowi, wykorzystano funkcję `render_template(nazwa szablonu w formie stringa, użytkownik)`, która odpowiada za wyświetlenie odpowiedniej podstrony. Jeśli użytkownik poda prawidłowe dane logowania, zostanie przekierowany na stronę "home", natomiast w przypadku błędnych danych zostanie przekierowany na stronę "login.html" w celu ponownego wprowadzenia danych logowania.

```

@auth.route('/logout')
@login_required
def logout():
    logout_user()
return redirect(url_for('auth.login'))

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik auth.py

Niezwykle istotnym elementem jest dekorator `@login_required` który sprawdza, czy użytkownik jest zalogowany. Jest to ważne zabezpieczenie, ponieważ niepożądane byłoby, gdyby niezalogowany użytkownik próbował zobaczyć coś, co powinno być dostępne tylko dla zalogowanych użytkowników. Jeśli warunek nie zostanie spełniony, użytkownik zostaje przekierowany na stronę główną w celu podjęcia odpowiednich działań.

#### 4. Definiowanie szablonów HTML

Szablon w HTML’u (HyperText Markup Language) jest to kod źródłowy podstrony, który określa sposób jej działania, rozmieszczenie elementów takich jak tekst, przyciski czy pola wyboru. Dzięki wbudowanemu we Flask’a językowi Jinja2 jesteśmy w stanie pisać kod szablonu strony jednocześnie w dwóch językach; w Pythonie i HTML’u. Łączy to zalety obu języków i umożliwia pisanie skomplikowanych struktur kodu w prostszy i bardziej czytelny sposób.

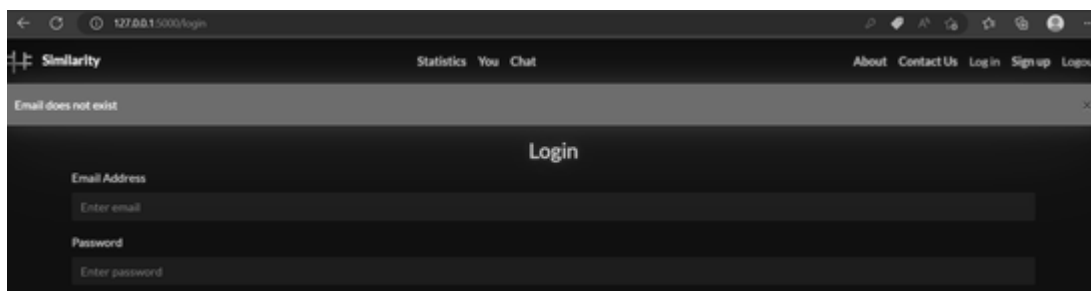
```

{% with messages = get_flashed_messages(with_categories=true) %}
  {% if messages %}
    {% for category, message in messages %}
      {% if category == 'error' %}
        <div class="alert alert-danger alert-dismissible fade show" role="alert">
          {{ message }}
          <button type="button" class="close" data-dismiss="alert">
            <span aria-hidden="true">&times;</span>
          </button>
        </div>
      {% else %}
        <div class="alert alert-success alert-dismissible fade show" role="alert">
          {{ message }}
          <button type="button" class="close" data-dismiss="alert">
            <span aria-hidden="true">&times;</span>
          </button>
        </div>
      {% endif %}
    {% endfor %}
  {% endif %}
{% endwith %}

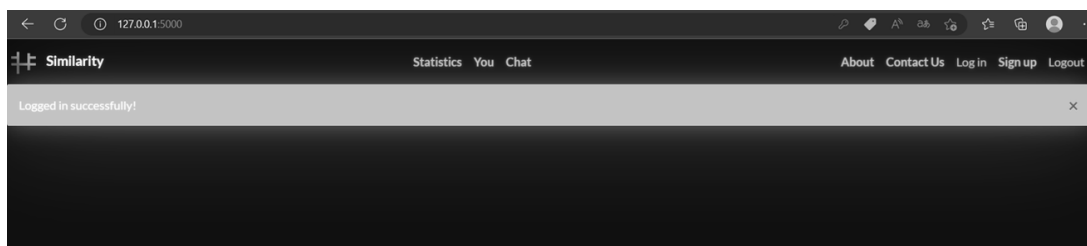
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

W powyższym kodzie, przy pomocy Jinja2 została zaprogramowana funkcja flash (wiadomość, typ: error, success), która wyświetli wiadomość FLASH w formie poziomego, kolorowego paska z dowolnym przekazany tekstem jako pierwszy argument:







## 5. Szablon podstawowy

W tym momencie strona już działa, natomiast przy próbie jej rozwijania, tworzenie kolejnych podstron okazuje się czasochłonne, a dużo kodu wymaga prostego przekopiowania. Szablon podstawowy w stronach internetowych to szkielet, na bazie którego tworzone są pozostałe podstrony. Znacznie ułatwia prace nad stroną, ponieważ aby coś zmienić, nie trzeba zmieniać kodu w każdym pliku, lecz w jednym, a zmiany zostają naniesione na wszystkie, na których został użyty. W projekcie aplikacji webowej „Similarity” szablon bazowy został umieszczony pod nazwą „base.html”, w którym zostały zawarte między innymi wstępne ustawienia strony:

```
<meta charset="utf-8" />
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="bootstrap.min.css">
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

UTF-8 (Unicode Transformation Format - 8-bit) to powszechnie stosowany standard kodowania znaków, który pozwala na reprezentację znaków z różnych systemów pisma i alfabetów, co sprawia, że jest wszechstronny i uniwersalny, idealny do użycia w aplikacji. Druga linijka powyższego kodu oznacza, że strona będzie dostosowywała sposób jej wyświetlania do używanego urządzenia; na telefonie i komputerze widok będzie się różnił. Następną linijką kodu łączy stronę internetową z plikiem CSS o nazwie "bootstrap.min.css", który zawiera definicje stylów, takie jak kolory, czcionki, układ. To właśnie dzięki niemu strona internetowa jest atrakcyjna i wygląda nowocześnie. Następnym krokiem jest podłączenie dwóch plików; zewnętrznego pliku stylów CSS z biblioteki Bootstrap, który umożliwi użycie gotowego układu strony lub komponentów, oraz pliku z biblioteki Font Awesome, która dostarczy gotowych czcionek oraz ikon:

```
<link
  rel="stylesheet"
  href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.4.1/css/bootstrap.min.css"
  integrity="sha384-
Vkoo8x4CGsO3+Hhvx8T/Q5PaXtkKtu6ug5TOeNV6gBiFeWPGFN9MuhOf23Q9Ifjh"
  crossorigin="anonymous"
/>
<link
  rel="stylesheet"
  href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/font-awesome/4.7.0/css/font-awesome.min.css"
```

```
crossorigin="anonymous"
/>
```

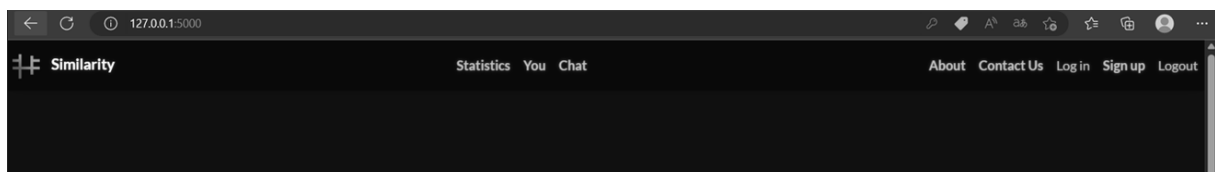
Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

W implementowaniu bibliotek programista ogranicza się do przekazania linków. Następnym krokiem w budowaniu szablonu podstawowego jest stworzenie navbaru, który będzie się wyświetlał na górnej części każdej strony i będzie zawierał skrótowy przewodnik między podstronami.

```
(...)
<div class="navbar-nav mr-auto">
  <a href="/home"></a>
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="home" href="/home" style="font-size: 18px;
color: white;">Similarity</a>
</div>
<div class="navbar-nav mx-auto">
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="statistics" href="/statistics">Statistics</a>
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="you" href="/you">You</a>
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="chat" href="/chat">Chat</a>
</div>
<div class="navbar-nav ml-auto">
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="about" href="/about">About</a>
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="contactUs" href="/contact-us">Contact
Us</a>
  <a class="nav-item nav-link" id="login" href="/login">Log in</a>
  <a class="nav-item nav-link bold-text" id="sign-up" href="/sign-up">Sign up</a>
  <a class="nav-item nav-link" id="logout" href="/logout">Logout</a>
</div>
(...)
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

Powyższy kod jest wycinkiem dłuższego bloku kodu odpowiadającemu elementowi navbar i zawiera najważniejszą część z punktu widzenia użytkownika, czyli skróty. Aby dodać element do navbar wystarczy zadeklarować go w ciele, określić id, które identyfikuje element, hiperłącze, które po kliknięciu będzie przekierowywać na odpowiednią podstronę, a także napis, który będzie się wyświetlał użytkownikowi. Oczywiście elementem wyświetlanym nie musi być koniecznie napis, bezproblemowo jesteśmy w stanie skonfigurować także obraz jako hiperłącze, na przykład logo strony. Wygląd navbar jest następujący:



Kolejnym, istotnym działaniem w celu stworzenia wygodnej i atrakcyjnej aplikacji webowej jest dołączenie biblioteki jQuery należącej do JavaScriptu:

```

<script
  src="https://code.jquery.com/jquery-3.2.1.slim.min.js"
  integrity="sha384-
KJ3o2DKtIkVYIK3UENzmM7KCKRr/rE9/Qpg6aAZGJwFDMVNA/GpGFF93hXpG5KkN"
  crossorigin="anonymous"
></script>

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

Biblioteka ta dostarcza wiele udogodnień i ułatwień w programowaniu stron, zapewnia dużo gotowych funkcji i narzędzi do manipulacji elementami HTML, obsługi zdarzeń, animacji, żądań AJAX i innych operacji związanych z interaktywnym zachowaniem strony.

```

<script
  src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js"
  integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q"
  crossorigin="anonymous"
></script>

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik base.html

Blok kodu powyżej odnosi się do pliku skryptu JavaScript o nazwie "popper.min.js" dostarczanego przez bibliotekę Popper.js, który pomaga w pozycjonowaniu i zarządzaniu elementami, takimi jak okna rozwijane, podpowiedzi i elementy tooltip na stronie internetowej. Ten skrypt przynosi duże udogodnienie, ponieważ wcześniej, gdy użytkownik wprowadzał adres poczty elektronicznej, na przykład w procesie rejestracji, i zapomniał dać znaku małpy '@', to strona internetowa wyrzucała błąd, a wszystkie dane trzeba było wpisywać od początku. Teraz użytkownik zostanie wcześniej powiadomiony, co znacznie podnosi komfort w użytkowaniu strony. Aby teraz dodać nasz szablon podstawowy do pozostałych stron, w ich plikach .html należy wkleić wprowadzić kod w pierwszej linijce:

```
{% extends "base.html" %} {% block title %}Statistics{% endblock %}
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik statistics.html

Powyżej przykład dla „statistics.html”, który dziedziczy navbar i układ strony po szablonie podstawowym. Pierwsza zawartość nawiasów klamrowych odpowiada za rozszerzenie wybranej strony o szablon podstawowy znajdujący się w tym samym folderze, natomiast drugi blok informuje o tym, że tytuł strony zostanie zmieniony na ten między nawiasami klamrowymi. {%endblock%} oznacza zakończenie tego bloku. W przypadku strony domowej, pierwsza linijka wygląda indentycznie, z tą różnicą, że zamiast „Statistics” mamy „Home”

## 6. Przygotowanie bazy danych

Aby rozbudować stronę o moduły logowania, wylogowania i rejestracji, konieczne jest stworzenie relacyjnej bazy danych, która będzie wygodnie, bezpiecznie i w sposób uporządkowany przechowywała różnorodne zestawy danych, takie jak:

- hasła oraz dane logowania,
- inne informacje o użytkownikach,
- statystyki strony.

W tym celu baza danych została zadeklarowana i wstępnie skonfigurowana w pliku inicjalizującym aplikację webową:

```
db = SQLAlchemy()
DB_NAME= "database.db"
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik `__init__.py`

Powstała baza danych nie zawiera żadnych tabel. Na potrzeby strony została stworzona tylko jedna tabela ‘User’, która przechowuje wszystkie dane o użytkowniku:

```
class User(db.Model, UserMixin):
    id = db.Column(db.Integer, primary_key=True)
    firstName = db.Column(db.String(100))
    password = db.Column(db.String(100))
    email = db.Column(db.String(200))
    ipaddress = db.Column(db.String(100))
    gender = db.Column(db.String(10))
    age = db.Column(db.Integer)
    height = db.Column(db.Integer)
    weight = db.Column(db.Integer)
    silhouette = db.Column(db.String(20))
    hair_colour = db.Column(db.String(20))
    facial_hair = db.Column(db.String(20))
    glasses = db.Column(db.String(20))
    skin_colour = db.Column(db.String(20))
    eye_colour = db.Column(db.String(20))
    date = db.Column(db.DateTime(timezone=True), default=func.now())
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik `models.py`

Powyższy kod skutkuje powstaniem licznych kolumn w tabeli *User* bazy danych, które mają z góry narzucony typ przechowywanych danych wraz z ich ograniczeniami (na przykład dłu-

gości łańcucha znaków). Kolumna *date* zawiera datę stworzenia konta, która jest pobierana za pomocą funkcji *func.now()* z uwzględnieniem strefy czasowej charakterystycznej dla różnych położeń geograficznych, natomiast kolumna *ipaddress* ma przechowywać adres IP użytkownika. Pozostałe pola zawierają charakterystyczne cechy wyglądu użytkownika.

## 7. Weryfikacja i sprawdzanie danych

Gdy użytkownik przeprowadzi proces rejestracji, zostaje poproszony o podanie dodatkowych, niezbędnych informacji za pośrednictwem przyjaznego dla użytkownika interfejsu. Następnie wprowadzone dane są poddawane procesowi weryfikacji, ponieważ błędne wprowadzenie danych może prowadzić do niepożądanych zachowań aplikacji webowej oraz nieprawidłowości w bazie danych. Takie sytuacje mogą z kolei skutkować nieoczekiwanymi konsekwencjami, na przykład nieprawidłowym działaniem funkcji, które oczekują danych typu łańcucha znaków, a otrzymują liczbę całkowitą, co może doprowadzić do awarii serwera strony. W celu uniknięcia takich sytuacji, konieczne jest odpowiednie zabezpieczenie aplikacji, na przykład poprzez zastosowanie wyrażeń regularnych (REGEX) lub manualnie napisanych funkcji weryfikujących.

```
if you_data_validation(gender, age, height, weight, silhouette, hair_colour, skin_colour,
eye_colour):
    new_user = User(gender=gender, age=age, height=height, weight=weight, silhou-
ette=silhouette,
                    hair_colour=hair_colour, facial_hair=facial_hair, glasses=glasses,
                    skin_colour=skin_colour, eye_colour=eye_colour, date=date
                    )

    db.session.add(new_user)
    db.session.commit()

    flash('Added user successfully!', category='success')
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik *auth.py*

Przed wprowadzeniem danych do bazy, wbudowana funkcja *you\_data\_validation()* je weryfikuje i zwraca logiczną prawdę, lub fałsz w przypadku, gdy wprowadzona waga jest nieprawidłowa.

```
if height == "":
    flash('You forgot to bring your height!', category='error')
    result = False
```

```

elif int(height) < 50 or int(height) > 273:
    flash('Height is invalid!', category='error')
result = False

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik functions.py

Powyższy kod uodparnia stronę na wprowadzenie łańcucha znaków zamiast liczby całkowitej, a także weryfikuje wzrost, który może przybierać ściśle określone wartości z przedziału <50;273>.

## 8. Algorytmy wyszukiwania użytkowników

W tej części zostają opisane algorytmy wyszukiwania użytkowników na podstawie określonych kryteriów. Są zakładane dwa przypadki; szukamy ilość identycznych osób, lub w przeciwnym wypadku, osób podobnych.

```

def number_of_identical(gender, age, height, weight, silhouette, hair_colour, facial_hair, glasses,
skin_colour, eye_colour):

    age = int(age)
    height = int(height)
    weight = int(weight)

    number_of_identical = User.query.filter_by(
        gender=gender, age=age, height=height, weight=weight, silhouette=silhouette,
        hair_colour=hair_colour, facial_hair=facial_hair, glasses=glasses,
        skin_colour=skin_colour, eye_colour=eye_colour
    ).count()

    return number_of_identical

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik functions.py

Algorytm ujęty w funkcji *number\_of\_identical()* ogranicza się do wyszukiwania osób o wszystkich identycznych cechach, jak użytkownika. Jego słabą stroną jest zwracanie liczby osób identycznych w bazie danych, włącznie z użytkownikiem samym w sobie, tzn. algorytm zawsze zwróci wartość co najmniej 1. W przypadku, kiedy funkcja nie znajdzie identycznych osób (zwróci 1), zostanie wykonany drugi algorytm:

```

def number_of_similars(gender, age, height, weight, skin_colour):

```

```

age = int(age)
height = int(height)
weight = int(weight)

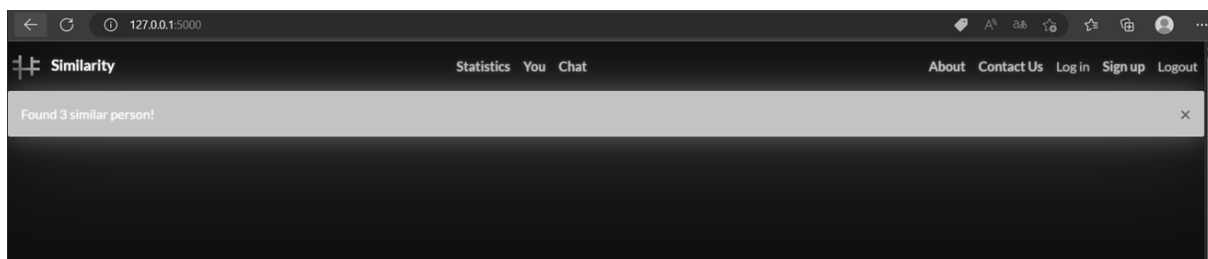
users = User.query.all()
counter = int(0)
for user in users:
    if (gender == gender and difference(age, user.age, 2) and difference(height, user.height, 3)
and
        difference(weight, user.weight, 2) and skin_colour == user.skin_colour):
        counter += 1

return counter

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik functions.py

Opisany powyżej algorytm ma za zadanie zwracać liczbę osób o podobnych cechach, przy uwzględnieniu zadanego progu różnicy. Algorytm skupia się na kilku fundamentalnych cechach, takich jak płeć, wiek, wzrost, waga czy kolor skóry. Współdzielili pewne cechy z funkcją *number\_of\_identical()*, ponieważ zawsze zwraca wartość co najmniej 1. Funkcja *difference()* została również napisana ręcznie, przyjmuje dwa argumenty liczbowe oraz maksymalną dopuszczalną różnicę między nimi. Jeśli różnica między tymi argumentami przekracza ustalony próg, funkcja zwraca wartość typu boolean "fałsz", w przeciwnym przypadku zwraca logiczną "prawdę". W sytuacji, gdy obie funkcje odpowiedzialne za zliczanie użytkowników zwracają wartość równą 1, wyświetlany jest komunikat informujący, że dany użytkownik jest unikalny.



## 9. Szyfrowanie połączenia oraz haseł

Dobrze zaprojektowana aplikacja webowa nie tylko powinna być przejrzysta i łatwa w obsłudze, ale przede wszystkim bezpieczna. Wymiana danych między użytkownikiem a serwerem powinna być zabezpieczona za pomocą szyfrowania. Proces logowania i rejestracji wiąże się z przekazywaniem bardzo wrażliwych informacji między użytkownikiem i serwerem, takich

jak adres poczty elektronicznej, oraz szczególnie istotne hasło. Przechwycenie tych danych stanowi poważne zagrożenie. Według raportu opublikowanego przez "Security Baron" w 2020 roku, około 66% respondentów przyznało, że używało tego samego hasła do co najmniej dwóch różnych kont online. Posiadając takie hasło i adres e-mail, potencjalny intruz mógłby uzyskać dostęp do konta poczty elektronicznej, a za jego pośrednictwem zresetować hasła na większości witryn internetowych. Aby zapewnić odpowiednią ochronę na stronie, została użyta funkcja konfiguracyjna, która umożliwia wprowadzenie klucza w formie łańcucha znaków. Framework zajmuje się resztą, zapewniając odpowiednie mechanizmy zabezpieczeń:

```
def create_app():
    app = Flask(__name__)
    app.config['SECRET_KEY'] = 'Politechnika Rzeszowska' #encrypts data with given key
    app.config['SQLALCHEMY_DATABASE_URI'] = f'sqlite:///{DB_NAME}'
    db.init_app(app)
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik `__init__.py`

Mimo zastosowania szyfrowania połączenia, nie wolno zapominać o bezpieczeństwie samej bazy danych, która przechowuje wrażliwe dane. Przez wywoływanie przeciążeń strony i wprowadzanie błędnych danych do niezabezpieczonych pól istnieje ryzyko wycieku danych z bazy. Istnieje wiele algorytmów kryptograficznych, które mogą zapewnić odpowiednią ochronę. W projekcie został użyty 256-bitowy algorytm SHA, który, mimo swojej prostoty, jest skuteczny i łatwy w obsłudze. W przypadku mikroframeworka "Flask" proces jest jeszcze bardziej ułatwiony, dzięki dostępnym funkcjom wbudowanym w framework.

```
new_user=User(email=email,firstName=first_name,password=generate_password_hash(password1,
method="sha256"))
    db.session.add(new_user)
    db.session.commit()
    login_user(new_user, remember=True)
    return redirect(url_for('views.home'))
```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik `auth.py`

Powyższy kod jest częścią modułu rejestracji na stronie Similarity. Po dokonaniu wstępnej weryfikacji, czy podany adres poczty elektronicznej już nie istnieje w bazie danych, a hasła są identyczne, zostaje dodany nowy użytkownik, którego hasło widnieje w bazie jako szyfrogram. Poniżej znajduje się wynik 256-bitowego algorytmu SHA, który dla tego samego stringa (hasła) „123123123123” zwraca dwie różne wartości:



- sha256\$mVecA2rikPDdK432\$1e17aab0ef26e4d797f287967e48b38559adfc05cb6e3a2dd6b954f8236fe691,
- sha256\$ZxX1ynRp5O9Hx141\$21be82c7545389751465e1fb304bdc9cdfbde97c49b90aa9029accd632855108,

Dzięki temu łamanie hasła jest utrudnione. Aby sprawdzić, czy hasła są identyczne, potrzebujemy użyć wbudowanej funkcji `check_password_hash()`:

```

if check_password_hash(user.password, password):
    flash("Logged in successfully!", category="success")
    login_user(user, remember=True)
    return redirect(url_for('views.home'))
else:
    flash("Incorrect password, try again", category="error")
else:
    flash("Email does not exist", category="error")

```

Źródło: blok programu z kodu źródłowego strony „Similarity”, plik `auth.py`

Ta funkcja przyjmuje jako argumenty skróty (hash) ciągów znaków, które są porównywane. Jej działanie polega na porównaniu skrótu hasła podanego przez użytkownika ze skrótem hasła przechowywanym w bazie danych. Jeśli hasła są zgodne, funkcja zwraca wartość logiczną prawdę, sygnalizując tym samym, że wprowadzone hasło jest prawidłowe. W przypadku niezgodności, aplikacja wyświetla odpowiedni komunikat błędu, informując użytkownika o nieprawidłowym hasle. Takie podejście do weryfikacji haseł zapewnia pewne utrudnienie w przypadku próby odgadnięcia hasła. Jednak warto zaznaczyć, że w przypadku, gdy jesteśmy programistami i mamy dostęp do kodu źródłowego strony, istnieje teoretyczna możliwość odkrycia skrótu hasła w bazie danych. Osoba posiadająca dostęp do kodu mogłaby zastosować generator losowych ciągów znaków o różnych długościach i iteracyjnie sprawdzać każdą możliwość, porównując skróty, aby znaleźć dopasowanie. Jednakże, taka metoda mogłaby wymagać znacznej mocy obliczeniowej i czasu.

## 10. Podsumowanie

Powyższy artykuł wyjaśnia w jaki sposób został stworzony fundament strony „Similarity”, tworzonej przez Studenckie Koło Naukowe Informatyków „KOD”. Przedstawiony został sposób inicjalizacji aplikacji webowej, definiowanie i obsługa ścieżek, tworzenie szablonów html używających szablonu podstawowego, tworzenie szablonu podstawowego i skrypty, progra-

mowanie bazy danych oraz weryfikacja danych wejściowych, algorytm wyszukiwania użytkowników, szyfrowanie połączenia przy użyciu klucza oraz obsługa skrótów haseł w bazie danych algorytmem 256-bitowym algorytmem SHA. W artykule zostały opisane konieczne kroki do zrealizowania pomysłu aplikacji webowej.

## **Literatura**

1. Grinberg M., Flask. Tworzenie aplikacji internetowych w Pythonie, Wydawnictwo Helion.
2. Krug S., Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability (3rd Edition), Wydawnictwo Helion.

## **Źródła internetowe**

3. <https://github.com/techwithtim/Flask-Web-App-Tutorial> (dostęp: 27.05.2023).
4. <https://github.com/skni-kod/similarity> (dostęp: 27.05.2023).
5. <https://flask.palletsprojects.com/en/2.3.x/> (dostęp: 27.05.2023).



KOŁO

NAUKOWE

○ STUDENTÓW

CHEMII

„Esprit”





Agnieszka Misiak, Dorota Głowacz–Czerwonka  
Koło Naukowe Studentów Chemii „Esprit”

## Znaczenie antypirenów w procesie otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych

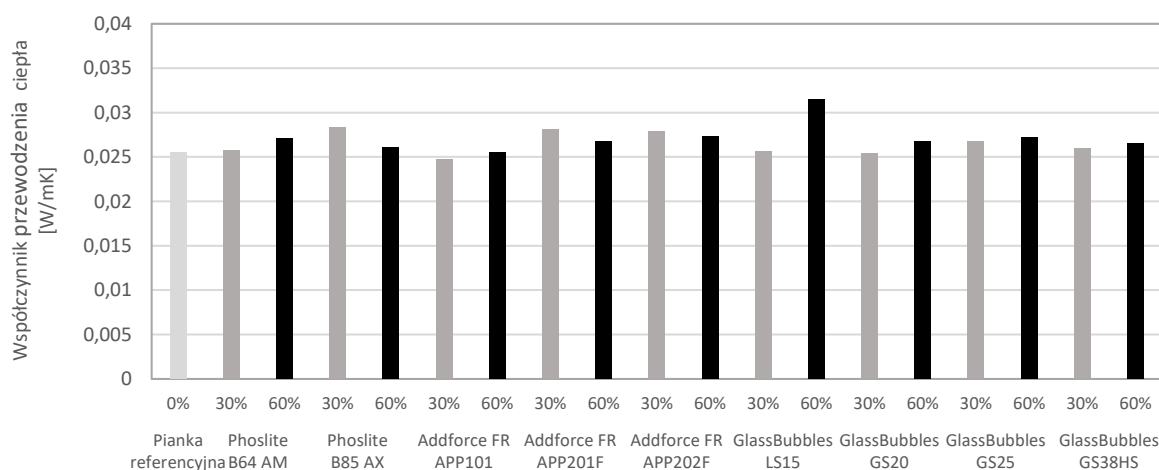
### Streszczenie

Omówiono wybrane rodzaje antypirenów stosowanych podczas otrzymywania sztywnych pianek poliuretanowych. Przedstawiono w jaki sposób dodatki uniepalniające wpływają na wybrane parametry gotowych wyrobów.

**Słowa kluczowe:** antypireny, sztywna pianka poliuretanowa, Rokopol RF551, uniepalnianie.

### 1. WPROWADZENIE

Sztywne pianki poliuretanowe przodują wśród materiałów izolacyjnych. Ich cena względem wełny mineralnej lub styropianu jest wysoka, jednak są powszechnie stosowane dzięki swoim zaletom takim jak najniższa wartość współczynnika przewodzenia ciepła oraz różnorodność sposobów spieniania.<sup>1,2</sup>

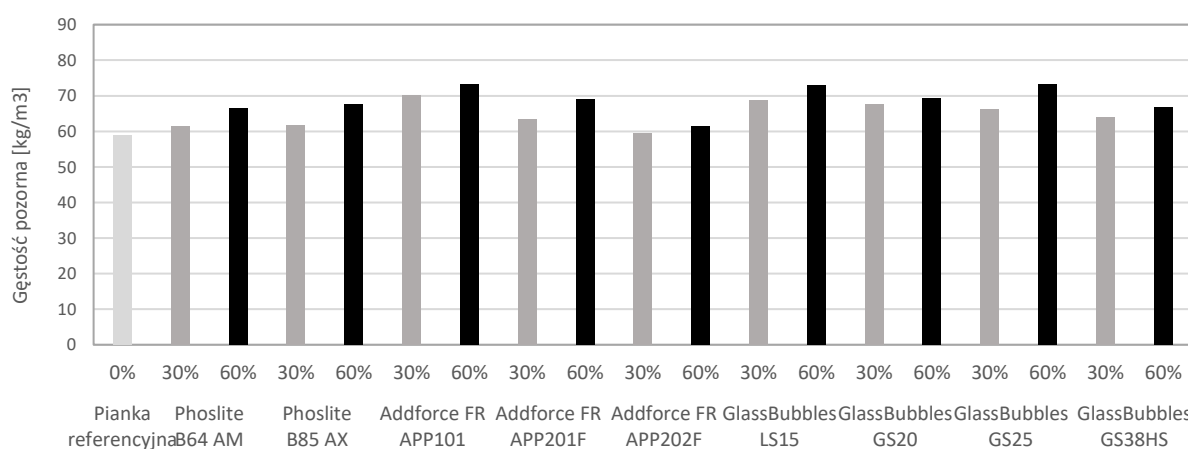


Rysunek 1. Wykres zależności współczynnika przewodzenia ciepła od rodzaju i ilości wybranych antypirenów addytywnych dodanych do sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych na bazie Rokopolu RF551. (Źródło: opracowanie własne.)

<sup>1</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

<sup>2</sup> Szlezyngier W., Brzozowski Z., „Tworzywa sztuczne. Tworzywa ogólnego zastosowania. Tom I” FOSZE, Rzeszów, 2012, str. 447–451, 467–471

Na wartość współczynnika przewodzenia ciepła bezpośrednio wpływa zawartość komórek zamkniętych, gęstość pozorna pianki oraz rodzaj zastosowanego podczas spieniania poroforu. Bardzo ważną kwestią w budowie sztywnych pianek poliuretanowych jest struktura porów. Znaczenie mają zarówno rozmiar, kształt, rozkład jak i stopień otwarcia komórek. Przeważnie ilość komórek zamkniętych waha się w przedziale od 90 do 95%, natomiast w produktach o bardzo dużych rozmiarach komórki otwarte mogą stanowić nawet 15%. Przy gęstości pozornej pod uwagę bierze się zarówno aspekt ekonomiczny jak i zachowanie jak najlepszych właściwości mechanicznych i termoizolacyjnych. Najczęściej średnia gęstość pozorna sztywnych pianek poliuretanowych przyjmuje wartość w zakresie 28 – 70 kg/m<sup>3</sup>. Do zaplanowanej gęstości pozornej produktu dobiera się odpowiednią ilość moli poroforu.<sup>1</sup>



Rysunek 2. Wykres zależności gęstości pozornej pianek od rodzaju i ilości wybranych antypirenowaddytywnych dodanych do sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych na bazie Rokopolu RF551. (Źródło: opracowanie własne.)

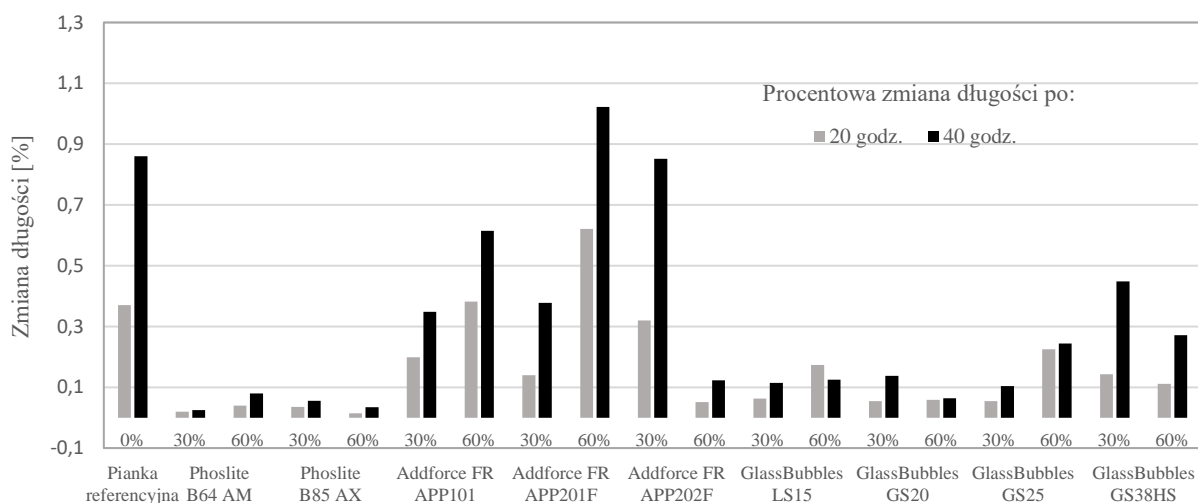
Podczas procesu spieniania następuje zmiana temperatury, ciśnienia oraz właściwości dielektrycznych materiały piankowego. To w jakim tempie następuje wzrost temperatury pozwala ocenić reaktywność układu, która natomiast zależy od reaktywności składników polioliowych i izocyjanianowych oraz od skuteczności użytych katalizatorów. Te parametry mają istotne znaczenie w kwestii otrzymania maksymalnej objętości pianki. Spadek ciśnienia połączony ze wzrostem temperatury może oznaczać tendencję do otwierania komórek. Analiza zmian polaryzowalności dielektrycznej dostarcza informacji o przebiegu reakcji żelowania i sieciowania.<sup>3</sup> Ze względu na zastosowanie w branży budowlanej, konieczne jest sprostanie wymaganiom dotyczącym zmniejszonej palności sztywnych pianek poliuretanowych. W tym celu używa się antypirenow.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, W-wa, 2016, str. 11–98, 162–193

<sup>3</sup> Floriańczyk Z., Penczek S. i in. „Chemia polimerów”, PWN, Warszawa, 1997, str. 265–270

## 2. ANTYPIRENY

Pianki poliuretanowe są materiałem łatwopalnym. W celu zwiększenia odporności pianek na proces palenia stosuje się opóźniacze palenia – antypireny (FR). Poza uniepalnieniem, antypirenom stawia się także inne wymagania takie jak: zminimalizowanie wydzielanego dymu oraz emisji gazów trujących, a także nie wpłynięcie w znaczący sposób na pogorszenie właściwości mechanicznych i termoizolacyjnych tworzywa. Ponadto dodatki te powinny charakteryzować się trwałością termiczną oraz odpornością w kontakcie ze środowiskiem zasadowym podczas formowania pianki.<sup>1,4</sup>



Rysunek 3. Stabilność wymiarów – średnia zmiana długości w zależności od rodzaju i ilości wybranych antypirenow addytywnych dodanych do sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych na bazie Rokopolu RF551. (Źródło: opracowanie własne.)

Dużą popularnością wciąż cieszą się uniepalniacze zawierające związki halogenowe. Ważne jest, aby rezygnować z ich użycia.

Podczas palenia pianki, obecność halogenowych uniepalniaczy w tworzywie jest przyczyną wydzielania się bardzo toksycznych gazów i dymów.<sup>5</sup> Przez względy ekologiczne zaczęto stosować w przemyśle PUR środki zmniejszające palność przyjazne środowisku, takie jak grafit ekspandowany, związki fosforu i azotu czy też nanonapełniacze.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, W-wa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306

<sup>6</sup> Czech-Polak J., Przybyszewski B., Heneczowski M., Czulak A., Gude M., Effect of environmentally-friendly flame retardant on fire resistance and mechanical properties of rigid polyurethane foams., „Polimery”, 61 (2), 113 – 116

Działanie antypirenów opiera się o szereg reakcji i zjawisk fizykochemicznych, przebiegających równoległe lub następczo. Swoją aktywność mogą przejawiać zarówno w płomieniu (faza gazowa), jak i w tworzywie, a także w stałych i ciekłych produktach jego rozkładu (faza skondensowana). Wyróżnia się dwa mechanizmy działania uniepalniaczy: fizyczny i chemiczny.<sup>7</sup>

Fizyczny mechanizm działania antypirenów opiera się na rozcieńczaniu mieszaniny reakcyjnej oraz pochłanianiu energii cieplnej, która wydziela się podczas spalania. Ponadto w fazie stałej tworzące się warstwy zaporowe ograniczają dostęp tlenu i ciepła do tworzywa.

Z kolei fundament mechanizmu chemicznego stanowią, zachodzące podczas spalania w fazie stałej lub gazowej, reakcje wolnorodnikowe.<sup>4,8</sup>

Antypireny o chemicznym mechanizmie działania dzieli się na:

- reaktywne,
- addytywne.

Pierwsze z nich wiążą się z makrocząsteczką, dzięki czemu nie ulatniają się z tworzywa. Ponadto atrakcyjności dodaje im fakt, że nie wpływają negatywnie na właściwości gotowego materiału, jak dzieje się w przypadku uniepalniaczy niereaktywnych.<sup>4,9</sup>

Antypireny addytywne charakteryzuje brak grup funkcyjnych, które mogłyby związać się ze strukturą PUR. Dodawane są one do tworzywa na etapie przetwórstwa. Ich wadą jest fakt, że mogą wpływać na zmianę właściwości tworzywa, natomiast za zaletę uznają się cenę, która jest niższa od antypirentów reaktywnych.<sup>1,4,9</sup>

## GRAFIT EKSPANDOWANY

Grafit ekspandowany (EG) produkuje się przy użyciu naturalnych płatków grafitu. Płatek grafitu składa się z ułożonych warstwowo heksagonalnych struktur węglowych. Utleniając płatki grafitu w kwasie siarkowym, azotowym lub octowym otrzymuje się grafit ekspandowany.<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> Jurkowski B., Rydarowski H., „Materiały polimerowe o obniżonej palności”, WNITE-PIB, Radom, 2012, str. 175

<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278–06

<sup>8</sup>Plastech, Adres: <https://www.plastech.pl/wiadomosci/Uniepalniacze-stosowane-w-przemysle-tworzyw-sztucznych-13360> [Data uzyskania dostępu: 11.2022]

<sup>9</sup> Pietruszka N., Brzozowski Z., Nowe, ciekłe, reaktywne antypireny azotowe i azotowo-fosforowe do samogasnących poliuretanowych tworzyw piankowych., „Polimery”, 45 (3), 184 – 190

<sup>10</sup> Chattopadhyay D.K., Webster D.C., Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes., „Progress in Polymer Science”, 34 (10), 1068–1133



Działanie uniepalniające grafitu ekspandowanego opiera się na tworzącej się podczas spalania zwęglonej powłoki. Dodatek EG zapobiega przenoszeniu ciepła i tlenu, utracie masy oraz produkcji dymu i emisji toksycznych gazów.<sup>10</sup>

## ANTYPIRENY FOSFOROWE I AZOTOWE

Uniepalniacze na bazie fosforu stanowią alternatywę dla antypirenów halogenowych. Stosuje się czerwoną odmianę fosforu, rozpuszczalne w wodzie nieorganiczne fosforany, zawierający azot i fosfor polifosforan amonu, związki fosforoorganiczne i fosforany, tlenki fosfiny, a także chloroalifatyczne i bromoaromatyczne fosforany. W przemyśle pianek poliuretanowych korzysta się głównie z polioli fosforanowych, zawierających około 10% fosforu. Działanie antypirenów fosforowych może być oparte o mechanizm fizyczny, chemiczny jak i mieszany.<sup>4,11</sup>

Wpływ na mechanizm działania ma budowa chemiczna uniepalnianego polimeru, warunki spalania, a także rodzaj użytego związku. Podczas procesu spalania antypireny fosforanowe mogą ujawniać swoje działanie zarówno w fazie gazowej (wiązanie rodników) lub skondensowanej (obniżenie szybkości termodestrukcji polimeru) jak i w obu fazach. Podczas termicznego rozkładu związków fosforowych powstają kwasy: fosforowy i polifosforowy. Tworzą one na powierzchni powłokę szklistą, chroniącą materiał przed dopływem tlenu i ciepła.<sup>4</sup>

Antypireny azotowe wykorzystywane są do uniepalniania polimerów zawierających azot – w tym do poliuretanów. Do uniepalniaczy na bazie azotu zalicza się: melaminę, cyjanuran melaminy, inne sole melaminy oraz związki guanidyny.<sup>11</sup>

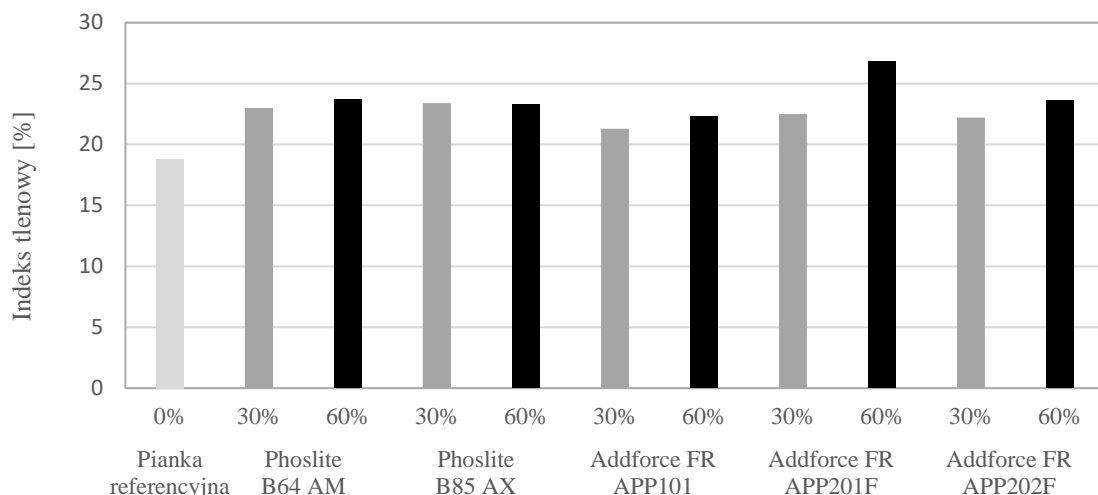
Sz szczególnie korzystne jest zastosowanie uniepalniaczy będących związkami fosforowo – azotowymi. Ten rodzaj antypirenów wykazuje działanie synergiczne, czyli sumaryczne opóźnianie procesu spalania spowodowane obecnością kilku uniepalniaczy. Przez efekt synergetyczny można zmniejszyć udział masowy środka obniżającego palność w polimerze.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306

<sup>11</sup> Szlezzyngier W., Brzozowski Z. K., „Tworzywa Sztuczne. Środki pomocnicze i specjalne zastosowanie polimerów. Tom 3”, FOSZE, Rzeszów, 2012, str. 105 – 119

<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306



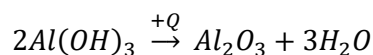
Rysunek 4. Wykres zależności indeksu tlenowego od rodzaju i ilości wybranych antypirenow addytywnych, będących związkami fosforowo – azotowymi, dodanych do sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych na bazie Rokopolu RF151V. (Źródło: opracowanie własne.)

Tabela 1. Wyniki testu poziomego – zależność drogi palenia, szybkości palenia oraz ubytku masy od rodzaju i ilości wybranych antypirenow addytywnych, będących związkami fosforowo – azotowymi, dodanych do sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych na bazie Rokopolu RF551.

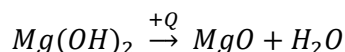
Lp.	Nazwa kompozycji	Zawartość wypełniacza	Droga palenia [% liniowy ]	Szybkość palenia [mm/s]	Ubytek masy [% mas.]
1.	Pianka referencyjna	0%	100	1,40	65,1
2.	Phoslite B64 AM	30%	0	0	1,96
		60%	0	0	1,53
3.	Phoslite B85 AX	30%	0	0	1,13
		60%	0	0	1,49
4.	Addforce FR APP 101	30%	0	0	0,85
		60%	0	0	0,94
5.	Addforce FR APP 201F	30%	0	0	0,75
		60%	0	0	0,31
6.	Addforce FR APP 202F	30%	0	0	1,45
		60%	0	0	1,22

## NIEORGANICZNE WODOROTLENKI

Wodorotlenek glinu (ATH) i wodorotlenek magnezu są najbardziej rozpowszechnionymi nieorganicznymi uniepalniaczami materiałów polimerowych. W trakcie ogrzewania ulegają one endotermicznej reakcji rozkładu z wydzielaniem pary wodnej.<sup>12</sup>



Rysunek 5. Reakcja rozkładu wodorotlenku glinu<sup>4</sup>



Rysunek 6. Reakcja rozkładu wodorotlenku magnezu<sup>4</sup>

Endotermiczny rozkład ma początek w temperaturze 220°C dla wodorotlenku glinu oraz w 330°C dla wodorotlenku magnezu. Reakcje te powodują ochłodzenie polimeru, dzięki czemu następuje spowolnienie pirolizy. Wydzielające się tlenki metali, charakteryzujące się dość dużą pojemnością cieplną, zmniejszają energię cieplną polimeru oraz szybkość pirolizy. Ulatniająca się para wodna rozcieńcza lotne, palne produkty spalania polimeru.<sup>4</sup> Ponadto podczas spalania polimeru uniepalnionego wodorotlenkiem glinu, na powierzchni tworzywa powstaje ochronna, izolacyjna warstwa tlenku glinu zapobiegająca rozprzestrzenianiu się płomienia.<sup>11</sup>

## UNIEPALNIACZE ZAWIERAJĄCE KRZEM I BOR

Zwiększeniu odporności na płomień sprzyja dodatek składników silikonowych.<sup>1</sup> Badania potwierdzają, że już niewielki dodatek związków krzemu do tworzyw polimerowych może znacząco poprawić ich ognioodporność, zarówno poprzez zwęglanie w fazie skondensowanej, jak i wychwytywanie wolnych rodników w fazie gazowej.<sup>13</sup> Powstająca podczas rozkładu silikonów krzemionka wzmacnia szkielet zwęgliny, która pokrywa powierzchnię pianki, pełniąc funkcję ochronnej warstwy. Inną koncepcją rozwiązania problemu palności pianek poliuretanowych jest zastosowanie pokrywającej tworzywo warstwy zawierającej nanocząstki

<sup>12</sup> POL-AURA Odczynniki Chemiczne, Adres: <https://pol-aura.pl/1-4-diazabicyklo-222-oktan-980-280-57-9-p-6715.html> [Data uzyskania dostępu: 12.2022]

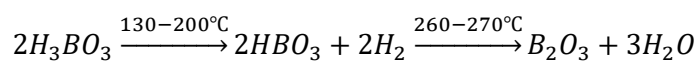
<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306

<sup>11</sup> Szlezyngier W., Brzozowski Z. K., „Tworzywa Sztuczne. Środki pomocnicze i specjalne zastosowanie polimerów. Tom 3”, FOSZE, Rzeszów, 2012, str. 105 – 119

<sup>1</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

<sup>13</sup> Shui-Yu Lu\*, Ian Hamerton., Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers., „Progress in Polymer Science”, 27 (8), 1661 – 1712

krzemu lub węgla. Powłoka o grubości kilkuset nanometrów ściśle przylega do powierzchni materiału, dzięki czemu skutecznie odcina dostęp tlenu, zapobiegając zapłonowi.<sup>1</sup>



Rysunek 7. Reakcja rozkładu kwasu borowego<sup>4</sup>

Związki boru zmniejszają palność tworzyw polimerowych, działając w fazie skondensowanej – uczestniczą w endotermicznych reakcjach, w efekcie których następuje uwolnienie wody oraz wytworzenie szklistej warstwy ochronnej.<sup>4</sup>

### 3. PODSUMOWANIE

Niepożądane cechy materiałów poliuretanowych, którymi są palność czy też niska stabilność termiczna, można zniwelować stosując odpowiednie dodatki uniepalniające – antypireny, które stanowią bardzo szeroką grupę substancji różniących się między sobą zarówno składem jak i sposobem działania.

Wyróżnia się dwa mechanizmy działania uniepalniaczy: fizyczny i chemiczny. Fizyczny mechanizm działania antypirenów opiera się na rozcieńczaniu mieszaniny reakcyjnej oraz pochłanianiu energii cieplnej, która wydziela się podczas spalania. Ponadto w fazie stałej tworzące się warstwy zaporowe ograniczają dostęp tlenu i ciepła do tworzywa. Z kolei fundament mechanizmu chemicznego stanowią, zachodzące podczas spalania w fazie stałej lub gazowej, reakcje wolnorodnikowe.

Poza uniepalnieniem, antypirenom stawia się także inne wymagania takie jak: zminimalizowanie wydzielanego dymu oraz emisji gazów trujących, a także nie wpłynięcie w znaczący sposób na pogorszenie właściwości mechanicznych i termoizolacyjnych tworzywa.

### Literatura

1. Chattopadhyay D.K., Webster D.C., Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes., „Progress in Polymer Science”, **34** (10), 1068 – 1133

<sup>1</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

<sup>4</sup> Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306

2. Czech-Polak J., Oliwa R., Oleksy M., Budzik G., Sztywne pianki poliuretanowe o zwiększonej odporności na płomień., „Polimery”, **63** (2), 115 – 123
3. Czech-Polak J., Przybyszewski B., Heneczkowski M., Czulak A., Gude M., Effect of environmentally-friendly flame retardant on fire resistance and mechanical properties of rigid polyurethane foams., „Polimery”, **61** (2), 113 – 116
4. Florianczyk Z., Penczek S. i in. „Chemia polimerów”, PWN, Warszawa, 1997, str. 265 – 270
5. Janowska G., Przygocki W., Włochowicz A., „Palność polimerów i materiałów polimerowych”, WNT, Warszawa, 2007, str. 278 – 306
6. Jurkowski B., Rydarowski H., „Materiały polimerowe o obniżonej palności”, WNITE – PIB, Radom, 2012, str. 175
7. Pietruszka N., Brzozowski Z., Nowe, ciekłe, reaktywne antypireny azotowe i azotowo-fosforowe do samogasnących poliuretanowych tworzyw piankowych., „Polimery”, **45** (3), 184 – 190
8. Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193
9. Shui-Yu Lu\*, Ian Hamerton., Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers., „Progress in Polymer Science”, **27** (8), 1661 – 1712
10. Szlezyngier W., Brzozowski Z., „Tworzywa sztuczne. Tworzywa ogólnego zastosowania. Tom I” FOSZE, Rzeszów, 2012, str. 447 – 451, 467 – 471
11. Szlezyngier W., Brzozowski Z. K., „Tworzywa Sztuczne. Środki pomocnicze i specjalne zastosowanie polimerów. Tom 3”, FOSZE, Rzeszów, 2012, str. 105 – 119

### Źródła internetowe

12. Plastech, Adres: <https://www.plastech.pl/wiadomosci/Uniepalniacze-stosowane-w-przemysle-tworzyw-sztucznych-13360> [Data uzyskania dostępu: 11.2022]
13. POL-AURA Odczynniki Chemiczne, Adres: <https://pol-aura.pl/1-4-diazabicyklo-222-oktan-980-280-57-9-p-6715.html> [Data uzyskania dostępu: 12.2022]



**Agnieszka Misiak, Dorota Głowacz–Czerwonka**  
Koło Naukowe Studentów Chemii „Esprit”

## **Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych z dodatkiem addytywnych antypirenów**

### **Streszczenie**

Przedmiotem badań były próby otrzymania sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Rokopolu RF-551 o pożądanych właściwościach fizycznych. Uzyskano tworzywa porowate z dodatkiem wybranych napełniaczy, które pełniły zarazem funkcję antypirenów addytywnych. Zbadano współczynnik przewodzenia ciepła pianek w celu potwierdzenia ich właściwości termoizolacyjnych oraz przeprowadzono badania właściwości fizycznych – gęstości pozornej, chłonności wody oraz stabilności wymiarów.

**Słowa kluczowe:** antypireny addytywne, sztywna pianka poliuretanowa, właściwości fizyczne, Rokopol RF-551

### **1. WPROWADZENIE**

Trudno o branżę przemysłu, w której nie znalazły zastosowania tworzywa sztuczne. Nie sposób się temu dziwić, zważywszy na ich niski koszt, łatwość przetwórstwa oraz szeroki wachlarz właściwości. Istotną siłą napędową rozwoju przemysłu tworzyw sztucznych stała się poprawa komfortu oraz bezpieczeństwa życia, dzięki wykorzystaniu nowych materiałów i technologii, a także udział w budowaniu strategii zrównoważonego rozwoju.<sup>1</sup>

Bardzo ważną rolę w tej grupie materiałów pełnią poliuretany, na które zapotrzebowanie wciąż rośnie. Swoją popularność zawdzięczają możliwości modyfikowania parametrów w szerokim zakresie poprzez zmianę surowców, ich stosunku objętościowego oraz warunków przetwarzania. W ten sposób otrzymuje się materiały lite, porowate, a także kleje, spoiwa, elastomery czy termoplasty.<sup>2</sup> Mnogość zalet poliuretanów jest imponująca. Do ich najważniejszych atutów należą: doskonała odporność na ścieranie, działanie wody oraz czynników atmosferycznych, a także wytrzymałość w kontaktach z olejami, smarami, rozcieńczonymi kwasami i zasadami.<sup>3</sup>

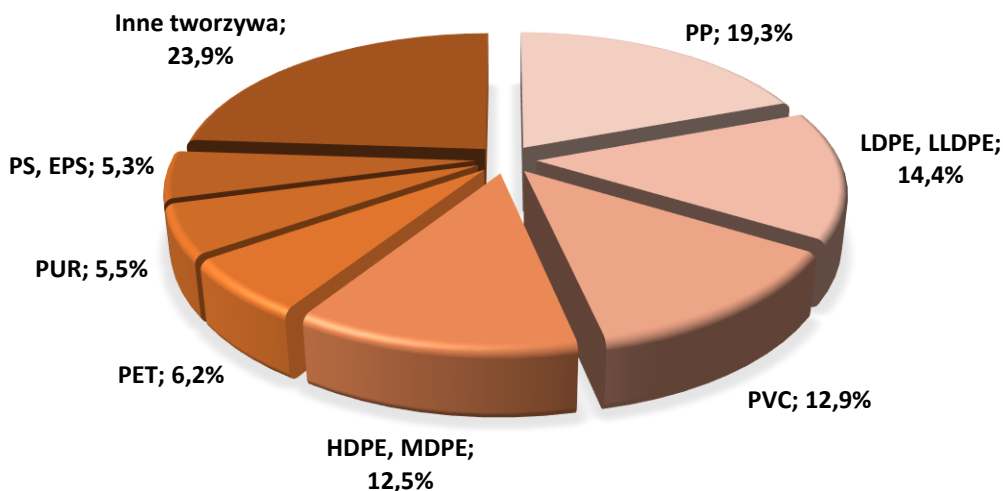
---

<sup>1</sup> Kozera-Szałkowska A., Rynek tworzyw sztucznych – produkcja, zapotrzebowanie, zagospodarowanie odpadów., „Polimery”, 64 (11–12), 751 – 758

<sup>2</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

<sup>3</sup> Barnat W., Miedzińska D., Niezgoda T., Poliurethane foams – properties, applications, recycling., „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska”, 13 (4), 13-17

## 390,7 MLN TON



Rysunek 1. Światowa produkcja tworzyw polimerowych w 2021 roku.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Plastics Europe.

Z poliuretanami mamy do czynienia na co dzień. Z powodzeniem wykorzystywane są między innymi przez branże meblarskie, konstrukcyjne, motoryzacyjne.<sup>2</sup>

Pośród poliuretanów swoje miejsce mocno zaznaczyły różnego rodzaju pianki: sztywne, półsztywne oraz elastyczne. Wyróżniają się znakomitymi właściwościami mechanicznymi, przy równoczesnej niewielkiej masie oraz gęstości. Sztywne pianki poliuretanowe będące przedmiotem tego projektu charakteryzują się również doskonałymi właściwościami termoizolacyjnymi, dzięki czemu z powodzeniem wykorzystywane są w budownictwie. Obok mnóstwa zalet pojawia się jednak znacząca wada pianek poliuretanowych, jaką jest ich łatwopalność. Z tego względu konieczne jest zwiększenie odporności pianek na płomień. Stosowane wypełniacze/uniepalniacze często powodują pogorszenie pożądanych cech materiału takich jak wytrzymałość mechaniczna czy właściwości izolacyjne. Jako cel stawia się uniepalnienie materiału bez zmian jego parametrów.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193



## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Otrzymano 19 pianek: piankę referencyjną (nie zawierającą w składzie wypełniacza), 9 pianek, do których dodano 30% napełniacza oraz 9 pianek o zawartości 60% badanych wypełniaczy w składzie. Jako wypełniacze użyto produktów z serii Phoslite (Phoslite B64 AM, Phoslite B85 AX), Addforce FR APP (Addforce FR APP101, Addforce FR APP201F, Addforce FR APP202F) oraz GlassBubbles (GlassBubbles LS15, GlassBubbles GS20, GlassBubbles GS25, GlassBubbles GS38Hs).

Syntezę sztywnych pianek poliuretanowych prowadzono w następujący sposób: do kubka polipropylenowego o pojemności 0,5 dm<sup>3</sup> odmierzano Ropokol RF-551, trietyloaminę (TEA), silikon oraz dozowano wodę dejonizowaną. Składniki mieszano. W kolejnym kroku dodawano wypełniacz – każdy w stosunku 30% oraz 60% do masy Rokopolu. Następnie zawartość kubka ponownie mieszano. Ostatnim surowcem był izocyjanian pMDI. Po jego dodaniu mieszaninę intensywnie mieszano, aż do uzyskania kremowej konsystencji.

Uzyskane pianki pozostawiano na 72 godziny w celu ich dosięciowania. Po upływie tego czasu rozpoczęto badania właściwości fizycznych.

## 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zbadano wybrane właściwości fizyczne otrzymanych (Rysunek 2) sztywnych pianek poliuretanowych:

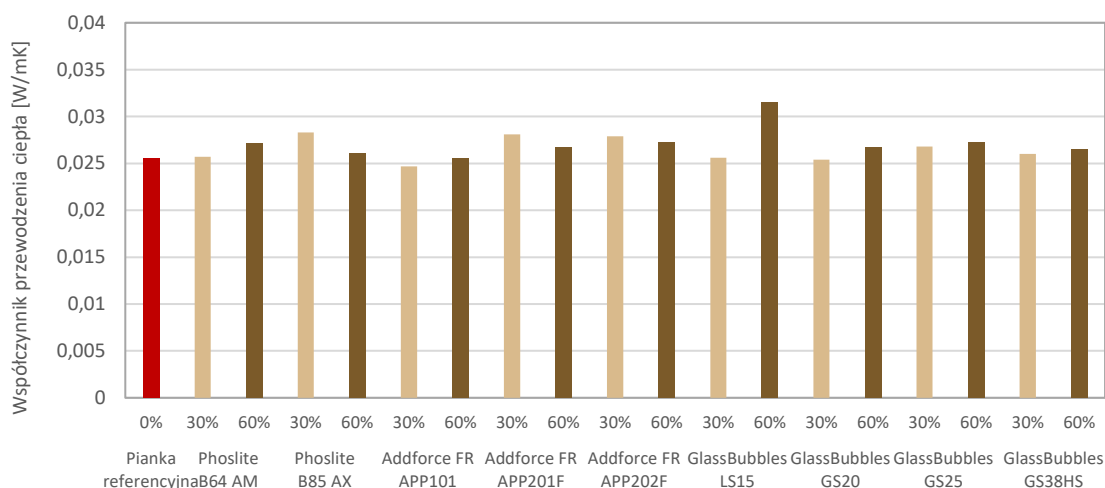
- przewodność cieplną,
- gęstość pozorną,
- chłonność wody,
- stabilność wymiarów



Rysunek 2. Otrzymane sztywne pianki poliuretanowe.

Oznaczenie przewodności cieplnej wykonano zgodnie z normą PN-EN 993-15:2006. Wewnątrz kompozycji umieszczano sondę i dokonywano pomiaru współczynnika przewodzenia ciepła.

Na wykresie (Rysunek 3) przedstawiono zależność wartości współczynnika przewodzenia ciepła od rodzaju oraz ilości użytego wypełniacza.



Rysunek 3. Wykres zależności współczynnika przewodzenia ciepła od rodzaju i ilości użytego wypełniacza

Sztywne pianki poliuretanowe głównie stosowane są jako materiały termoizolacyjne, dlatego kluczowym ich parametrem jest współczynnik przewodzenia ciepła. Im niższa wartość współczynnika przewodzenia ciepła, tym lepsze właściwości termoizolacyjne.

Przeprowadzone badanie miało na celu sprawdzenie czy dodatek badanych wypełniaczy umożliwi użycie otrzymanych pianek w celach izolacyjnych. Pianki izolacyjne stosowane w przemyśle charakteryzują się współczynnikiem przewodzenia ciepła o wartości ok. 0,036 [W/mK].<sup>4</sup> Każda z otrzymanych pianek wykazuje znacząco niższą wartość tego parametru, co oznacza, że wszystkie z powodzeniem mogą spełniać rolę termoizolacyjną. Na tle pozostałych wyróżnia się kompozycja Addforce FR APP101, ponieważ zarówno pianka z 30% jak i 60% zawartością wypełniacza przyjmują wartości współczynnika przewodzenia ciepła mniejsze od tych dla pianki referencyjnej.

Oznaczanie gęstości pozornej (objętościowej) pianek wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 845. Gęstość pozorna jest parametrem określającym materiały porowate, który pozostaje w ścisłym związku z takimi właściwościami jak stabilność wymiarowa czy termoizolacyjność.

<sup>4</sup> Tytan, Adres: <https://tytan.com/pl/produkt/piany-pistoletowe/piana-pistoletowa-tytan-euro-line-gun-zimowa/> [Data uzyskania dostępu: 12.2022]

Badanie przeprowadzono w celu sprawdzenia regularności porów. Dla każdej pianki przeprowadzono dwie próby i wyciągnięto z nich wartości średnie. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Gęstość pozorna otrzymanych pianek

Lp.	Nazwa kompozycji	Zawartość wypełniacza	Gęstość pozorna [kg/m <sup>3</sup> ]
1.	<b>Pianka referencyjna</b>	0%	59,01
2.	<b>Phoslite B64 AM</b>	30%	61,31
		60%	66,56
3.	<b>Phoslite B85 AX</b>	30%	61,59
		60%	67,72
4.	<b>Addforce FR APP 101</b>	30%	70,04
		60%	73,30
5.	<b>Addforce FR APP 201F</b>	30%	63,50
		60%	69,09
6.	<b>Addforce FR APP 202F</b>	30%	59,56
		60%	61,50
7.	<b>GlassBubless LS15</b>	30%	68,75
		60%	72,90
8.	<b>GlassBubless GS20</b>	30%	67,53
		60%	69,26
9.	<b>GlassBubless GS25</b>	30%	66,26
		60%	73,21
10.	<b>GlassBubless GS38H</b>	30%	63,99
		60%	66,69

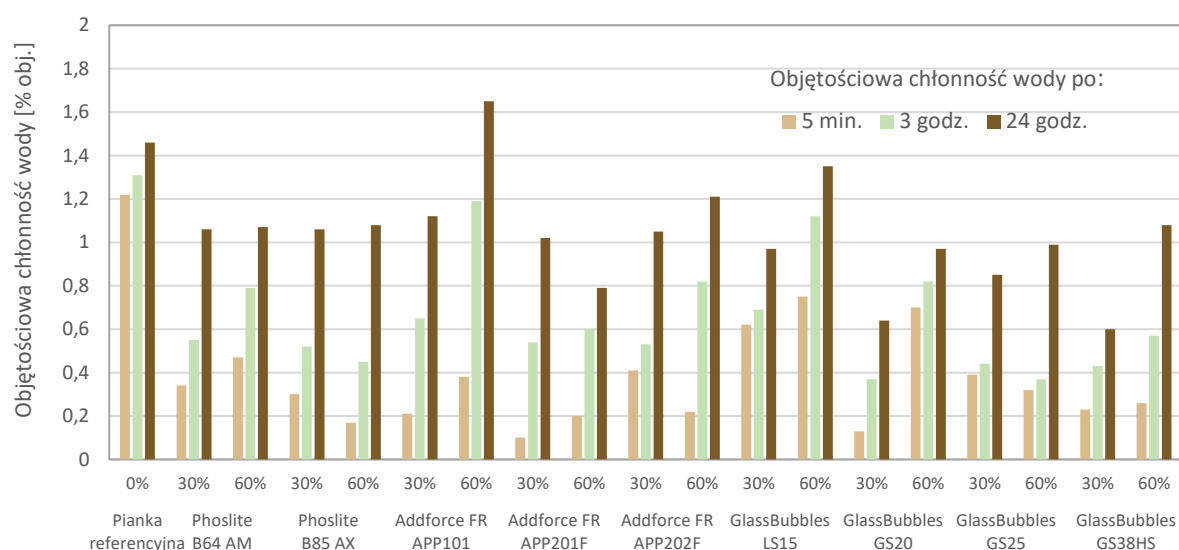
Gęstości pozorne wszystkich otrzymanych materiałów mieszczą się w granicach 59–75 kg/m<sup>3</sup>. Widoczna jest zależność gęstości pozornej pianki od procentowej ilości wypełniacza - w wypadku każdej kompozycji materiały z 60% zawartością wypełniacza charakteryzują się większą gęstością pozorną niż pianki, w których tego wypełniacza jest dwukrotnie mniej. Porównując wyniki pianek wypełnionych z pianką referencyjną, można zauważyć, że dodatek wypełniacza wpływa na wzrost gęstości pozornej.

Oznaczanie chłonności wody wykonano zgodnie z normą PN-93/C-89084. Przeprowadzono badanie w celu sprawdzenia w jakim stopniu pianki z badanymi wypełniaczami są podatne na chłonięcie wody po 5 minutach oraz 3 i 24 godzinach. Wycięte, zwymiarowane oraz zważone kształtki zanurzano w wodzie, a po upływie zamierzonego czasu ponownie wymiarowano i ważono.

Dla każdej z pianek przeprowadzono dwie próby badania, a następnie wyciągnięto średnią wartość objętościowej chłonności wody. Wyniki na wykresie (rysunek 4).

Objętościowa chłonność wody pianek mieści się w granicach 0,1 – 1,65 %, zatem są to bardzo zadowalające wyniki. Objętościowa chłonność wody wszystkich pianek zmalała w stosunku do pianki referencyjnej. Najniższą wartością objętościowej chłonności wody odznaczają się materiały z dodatkiem 60% wypełniacza Addforce FR APP201F, a także zawierające w składzie GlassBubbles GS20 oraz GlassBubbles GS25.

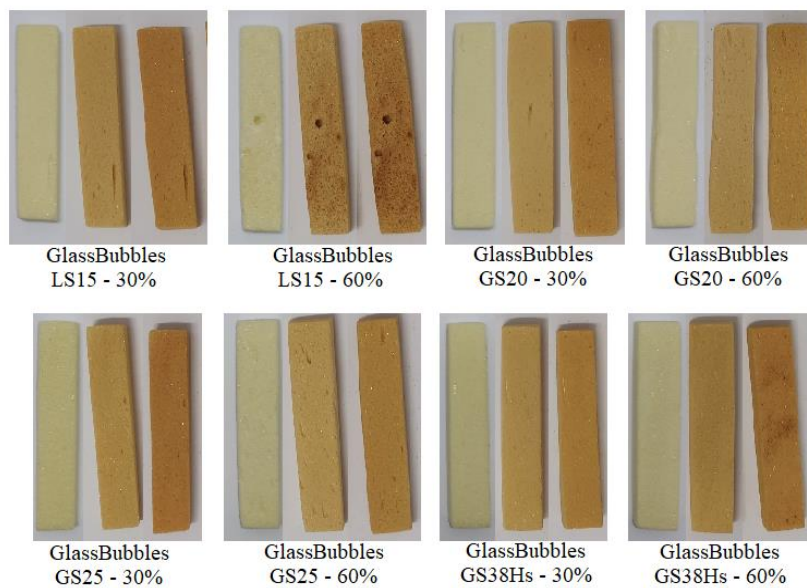
Pianki stosowane w przemyśle charakteryzuje nasiąkliwość wody na poziomie 3% obj. po 24 godz. zanurzenia.<sup>5</sup> Objętościowa chłonność wody otrzymanych kompozycji jest kilkakrotnie mniejsza, można zatem wysunąć wniosek, że każda z nich mogłaby zostać zastosowana w warunkach wysokiej wilgoci.



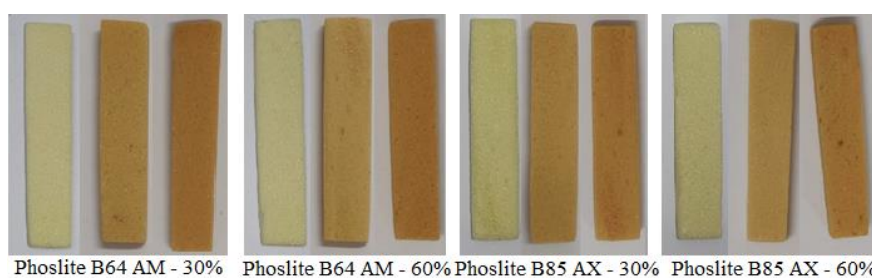
Rysunek 4. Wykres zależności objętościowej chłonności wody od rodzaju i ilości wypełniacza

Oceny stabilności wymiarowej dokonano w oparciu o normę PN-92/C-89083. Badanie przeprowadzono w celu sprawdzenia w jaki sposób temperatura 150°C wpływa na zachowanie pierwotnych wymiarów oraz masy pianek. Wycięte, zwymiarowane oraz zważone kształtki umieszczono w suszarce na czas 20 oraz 40 godzin. Zmianę wyglądu kształtek przedstawiono poniżej (rysunek 5-7).

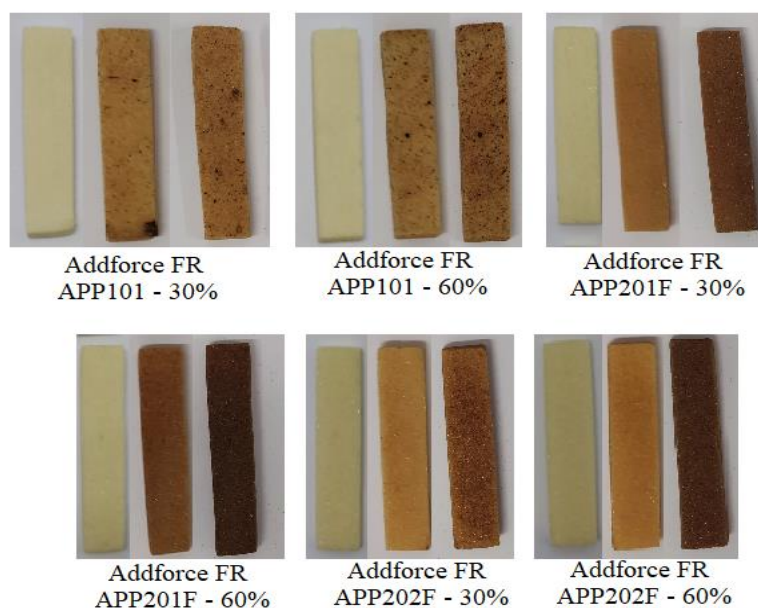
<sup>5</sup> IZOMAT Nowoczesne Izolacje Termiczne, Adres: <https://izomat.net/poliuretan-pur-pir/> [Data uzyskania dostępu: 01.2023]



Rysunek 5. Kształtki z serii GlassBubbles do badania stabilności wymiarów, przed badaniem oraz 20 i 40 godzin po badaniu.

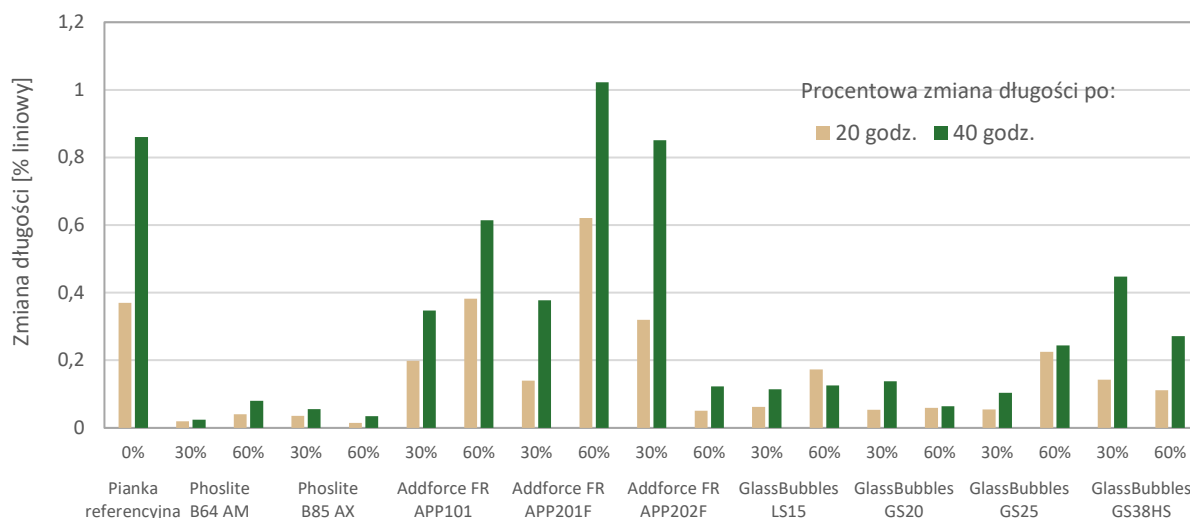


Rysunek 6. Kształtki z serii Phoslite do badania stabilności wymiarów, przed badaniem oraz po 20 i 40 godzin po badaniu.



Rysunek 7. Kształtki z serii Addforce FR APP do badania stabilności wymiarów, przed badaniem oraz 20 i 40 godzin po badaniu.

Dla każdej z pianek przygotowano po dwie próby, a następnie wyciągnięto średnią wartość stabilności wymiarowej względem długości, szerokości, grubości. Średnią zmianę długości przedstawiono na wykresie (rysunek 8).



Rysunek 8. Stabilność wymiarów – średnia zmiana długości

Zmiana długości kształtek mieści się w przedziale 0,01–1,02 % liniowego. Jest to bardzo dobry wynik, w porównaniu do pianek komercyjnych, przy których deklaruje się zmianę wymiarów na poziomie  $(10 \pm 5)\%$  po spędzeniu 48 godzin w temp.  $70^{\circ}\text{C}$ , a zatem ponad połowę niższej niż w przeprowadzonym badaniu.<sup>5</sup> Najlepiej w badaniu odnajdują się pianki z dodatkiem wypełniaczy Phoslite B64 AM oraz Phoslite B85 AX, dla których zmiana długości kształtek jest znikoma – do 0,8% liniowego po 40 godz. wygrzewania.

Parametry stabilnościowe wszystkich pianek napełnionych wypełniaczami GlassBubbles uległy poprawie względem pianki referencyjnej. Spośród produktów Addforce FR APP, nastąpiło zwiększenie zmiany długości wyłącznie w wypadku kompozycji z dodatkiem 60% APP201F – jest to jednak wciąż wynik bardzo satysfakcjonujący.

Uzyskane wyniki wskazują, iż każda z otrzymanych pianek może zostać zastosowana w warunkach działania podwyższonej temperatury, zatem są one odpowiednim materiałem izolującym np. chroniącym rurociągi przesyłające media grzewcze.

<sup>5</sup> IZOMAT Nowoczesne Izolacje Termiczne, Adres: <https://izomat.net/poliuretan-pur-pir/> [Data uzyskania dostępu: 01.2023]

#### 4. PODSUMOWANIE

1. Głównym celem pracy było wykorzystanie wybranych związków jako surowców przy otrzymywaniu pianek poliuretanowych oraz sprawdzenie w jaki sposób wpływają one na właściwości fizyczne otrzymanych kompozycji.
2. Porównując parametry termoizolacyjne kompozycji otrzymanych i komercyjnych zauważalna jest spora przewaga na korzyść badanych w niniejszej pracy pianek. Pianki izolacyjne stosowane w przemyśle charakteryzują się współczynnikiem przewodzenia ciepła o wartości ok. 0,036 [W/mK]. Wartość tego parametru dla otrzymanych materiałów porowatych mieści się w przedziale 0,0247 – 0,0315 [W/mK]. Najlepszymi właściwościami termoizolacyjnymi charakteryzuje się pianka z dodatkiem wypełniacza Addforce FR APP101.
3. Właściwości fizyczne otrzymanych pianek wypadają bardzo obiecująco. Objętościowa chłonność wody (po 24 godz. zanurzenia), mieści się w przedziale 0,60 - 1,65%. Dla porównania, pianki stosowane w przemyśle charakteryzują się objętościową nasiąkliwością wody na poziomie 3% po 24 godz. zanurzenia.<sup>5</sup> W tym badaniu najkorzystniej wypadają pianki z 30% zawartością wypełniaczy z serii GlassBubbles: GS20, GS25, GS38Hs.
4. Badania stabilności wymiarowej pozwoliły na wyróżnienie pianek z dodatkiem Phoslite B85 AX oraz GlassBubbles GS20. Dla obu kompozycji minimalna zmiana wymiarów idzie w parze z bardzo niewielkim ubytkiem masy. Zmiana wymiaru liniowego (długości) wszystkich badanych pianek mieści się w zakresie 0,01 – 1,02%. W wypadku pianek komercyjnych producenci deklarują zmianę wymiarów tworzywa na poziomie  $10 \pm 5\%$  po 48 godz. wygrzewania w temp. 70°C.<sup>5</sup>

#### Literatura

1. Barnat W., Miedzińska D., Niezgoda T., Poliurethane foams – properties, applications, recycling., „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska”, **13** (4), 13-17
2. Kozera-Szałkowska A., Rynek tworzyw sztucznych – produkcja, zapotrzebowanie, zagospodarowanie odpadów., „Polimery”, **64** (11–12), 751 – 758
3. Prociak A., Rokicki G., Ryszkowska J., „Materiały poliuretanowe” PWN, Warszawa, 2016, str. 11 – 98, 162 – 193

---

<sup>5</sup> IZOMAT Nowoczesne Izolacje Termiczne, Adres: <https://izomat.net/poliuretan-pur-pir/> [Data uzyskania dostępu: 01.2023]

### **Źródła internetowe**

1. Tytan, Adres: <https://tytan.com/pl/produkt/piany-pistoletowe/piana-pistoletowa-tytan-euro-line-gun-zimowa/> [Data uzyskania dostępu: 12.2022]
2. IZOMAT Nowoczesne Izolacje Termiczne, Adres: <https://izomat.net/poliuretan-purpir/> [Data uzyskania dostępu: 01.2023]

### **Akty normatywne**

1. PN-EN ISO 845:2010, Tworzywa sztuczne porowate i gumy - Oznaczanie gęstości pozornej, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2010
2. PN-C-89084:1993, Tworzywa sztuczne sztywne porowate - Oznaczanie chłonności wody, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1993
3. PN-C-89083:1992, Sztywne tworzywa - Badanie stabilności wymiarów, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1992



**Joanna Kozak, Dorota Głowacz–Czerwonka**  
Koło Naukowe Studentów Chemii „ESPRIT”

## **Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy**

### **Streszczenie**

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości fizycznych sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Rokopolu RF-151V z dodatkiem odpowiednio 30% oraz 60% napełniaczy w stosunku do polioliu. Zbadano współczynnik przewodzenia ciepła, gęstość pozorną, chłonność wody oraz stabilność wymiarów. Otrzymano osiemnaście pianek poliuretanowych wzbogaconych o wypełniacz, które nie tylko spełniają wymagania stawiane przez producentów pianek poliuretanowych, ale też wykazują niższą przewodność cieplną, co stanowi ważny parametr na rynku materiałów termoizolacyjnych.

**Słowa kluczowe:** Rokopol RF-151V, sztywna pianka poliuretanowa, właściwości fizyczne, napełniacze.

### **1. Wprowadzenie**

Poliuretany (PUR) otrzymane przez Bayera w 1937 roku zostały szybko zauważone i wdrożone do produkcji. Są grupą materiałów polimerowych, która jest jednym z najczęściej stosowanych i obiecujących polimerów na rynku<sup>1</sup>. Zmieniając surowce i ich wzajemny stosunek objętościowy, dobierając odpowiednie warunki przetwarzania oraz regulując ich gęstość pozorną można otrzymać materiały lite i porowate, kompozytowe, konstrukcyjne, powłokotwórcze, włóknotwórcze, skóropodobne, biodegradowalne, a także elastomery, termoplasty, kleje i spoiwa<sup>2</sup>.

Sztywne pianki poliuretanowe (SPPUR) odznaczają się wysokim stopniem usieciowania, niską gęstością pozorną oraz porowatą strukturą. Charakteryzują się dobrymi właściwościami mechanicznymi oraz nadają trwałość jak i lekkość wykonanym z nich konstrukcjom<sup>2</sup>.

Wymagania jakie stawia się sztywnym piankom poliuretanowym zależą od kierunku ich zastosowania. Materiały te zalicza się do grupy najlepszych z dostępnych na rynku materiałów termoizolacyjnych. W celu otrzymania pianki do celów izolacji termicznej dąży się do uzyskania pianki o możliwie jak najmniejszej wartości współczynnika przewodzenia ciepła, który z kolei związany jest gęstością pozorną, zawartością komórek zamkniętych oraz rodzajem poroforu uży-

---

<sup>1</sup> A. Prociak, J. Pielichowski, Czasopismo Techniczne, 1998, str. 26.

<sup>2</sup> A. Prociak, G. Rokicki, J. Ryszowska, Materiały Poliuretanowe, PWN, W-wa, 2016, str. 11-19, 166

tego w procesie spieniania<sup>1</sup>. Rozmiar komórek, stopień otwarcia wpływają na właściwości użytkowe produktu, dlatego ważna jest analiza i korelacja parametrów struktury komórkowej z właściwościami sztywnej pianki poliuretanowej mierzonymi w różnych kierunkach. O jakości matrycy stanowią składniki polioliowe oraz izocyjaninowe, a one uzupełnione o katalizatory, substancje powierzchniowo czynne oraz odpowiednie modyfikatory wpływają na uzyskanie produktu o odpowiednich właściwościach. Sztywne pianki poliuretanowe mają strukturę o zamkniętych porach. W procesie spieniania powstają struktury komórkowe dwunasto- lub czternastościenne o ściankach pentagonalnych. Komórki są oddzielone od siebie żeberkami, które są swoistym wzmocnieniem. Porowatość struktury ma duży wpływ na właściwości gotowych wyrobów, im pory są mniejsze tym właściwości izolacyjne lepsze<sup>2</sup>.

Pianki sztywne w głównej mierze stosuje się, w postaci lekkich materiałów konstrukcyjno-izolacyjnych, jako rdzenie konstrukcji podgłowo sufitowych, urządzeń chłodniczych oraz elementów ram okiennych i drzwi. Pianka nadaje się do pokrywania wszystkich rodzajów dachów, izolacji zbiorników, rurociągów, izolacji pomieszczeń przeznaczonych na przechowywanie np. chłodnie<sup>2</sup>. Może ona stanowić izolację ciepłochronną oraz zimnochronną, jest odporna chemicznie i mechanicznie oraz nie nasiąka wilgocią. Wyroby z pianki są szeroko stosowane jako masy zalewowe do uszczelniania, mogą one tłumić wibrację, zapobiegają przenikaniu wilgoci, tworzeniu się pleśni oraz chronią przed korozją. Dzięki swoim właściwościom mechanicznym są przydatne do wzmocniania elementów konstrukcyjnych np. samolotów, kadłubów statków<sup>3</sup>.

Pomimo wielu zalet są materiałami łatwopalnymi, a w celu jej ograniczenia stosuje się związki zmniejszające palność pianki<sup>1</sup>. Należy jednak zwrócić uwagę aby nie pogorszyć przy tym właściwości mechanicznych materiałów końcowych, gdyż często w okresie użytkowania pianki narażone są na działanie ciepła, wody czy promieniowania<sup>4</sup>.

Celem pracy było otrzymanie sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Rokopolu RF-151V z dodatkiem napełniaczy w stosunku 30% oraz 60% do polioliu oraz zbadanie ich właściwości fizycznych.

## 2. Część doświadczalna

Do otrzymania pianek jako polioliol zastosowano Rokopol RF-151V, izocyjanian – MDI, katalizator – trietyloaminę, środek powierzchniowo czynny – silikon Momentive L6900, a jako

---

<sup>3</sup> Z. Wipsza, Poliuretany. Chemia, technologia, zastosowanie, WNT, W-wa, 1991, str.135-155.

<sup>4</sup> Y. He, J. Wu, D. Qiu, Z. Yu, Experimental and numerical analyses of thermal failure of rigid polyurethane foam, Materials Chemistry and Physics, 233, 2019, str. 378-389.

środek spieniający – wodę demineralizowaną. W tabeli 1 przedstawiono zastosowane napełniacze wraz z dostępnymi informacjami odnośnie zawartości procentowej fosforu oraz azotu.

Tabela 1. Dane zawartości wypełniaczy.

Nazwa wypełniacza	Producent	Zawartość fosforu [%mas.]	Zawartość azotu [%mas.]
<b>Addforce FR APP101</b>	WTH GmbH, Niemcy	19,99	24,60
<b>Addforce FR APP201F</b>		31,54	15,23
<b>Addforce FR APP202F</b>		28,26	15,28
<b>Phoslite B64 AM</b>	Italmatch Chemicals SpA, Włochy	26,00	18,00
<b>Phoslite B85 AX</b>		36,00	-----
<b>WTH-GlassBubbles LS15</b>	WTH GmbH, Niemcy	-----	-----
<b>WTH-GlassBubbles GS20</b>		-----	-----
<b>WTH-GlassBubbles GS25</b>		-----	-----
<b>WTH-GlassBubbles GS38Hs</b>		-----	-----

Napełniacze ADDFORCE FR APP – są bezhalogenowymi środkami na bazie nieorganicznych soli składających się z kwasu fosforowego i amoniaku<sup>5</sup>, a wypełniacze serii PHOSLITE to niehalogenowane, synergistyczne systemy środków mających opóźnić palenie. Skład Phoslite B64 AM bazuje na nieorganicznym związku, którego podstawą są fosforany i azot, bazą wypełniacza Phoslite B85 AX jest nieorganiczny fosforan<sup>5</sup>. Napełniacze serii GLASSBUBBLES - występują w postaci białych, sypkich, szklanych mikropęcherzyków. Bazą ich składu są borokrzemiany<sup>6</sup>.

Do kubka o objętości 0,5 dm<sup>3</sup> odważano polioliol i dodawano wodę demineralizowaną, silikon L9600 oraz TEA. Mieszaninę homogenizowano, po czym dodawano napełniacz (uniepalniacz), a zawartość kubka ponownie poddano mieszaniu. Kolejnym krokiem było dodanie MDI i rozpoczęcie intensywnego mieszania, aż do momentu powstania kremu. Otrzymano 9 kompozycji zawierających 30% uniepalniacza w stosunku do polioliolu i 9 pianek zawierających 60% uniepalniacza, a także piankę referencyjną nie zawierającą uniepalniacza.

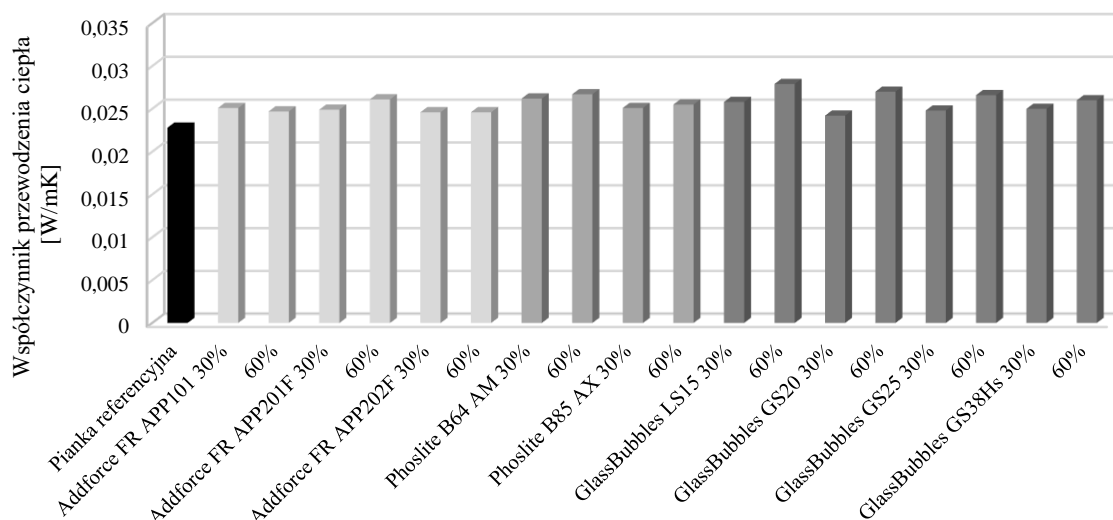
Zastosowano wagę analityczną (Radwag E42, Polska), mieszadło mechaniczne (Ingenieurbüro CAT, M. Zipperer GmbH, Niemcy), suszarkę laboratoryjną (Zalmed SML, Polska) oraz aparat do oznaczania przewodnictwa cieplnego (IZOMET 2114 Applied Precision, Słowacja).

<sup>5</sup> [www.wthgmbh.de](http://www.wthgmbh.de) [Data uzyskania dostępu 05.2023]

<sup>6</sup> [www.italmatch.com](http://www.italmatch.com) [Data uzyskania dostępu 05.2023]

### 3. Omówienie wyników

Współczynnik przewodzenia ciepła oznaczono zgodnie z normą<sup>7</sup>. Badanie przeprowadzono za pomocą aparatu IZOMET 2114 Applied Precision. W piance poliuretanowej umieszczano sondę igłową i przepuszczono przez nią prąd o znanym natężeniu.



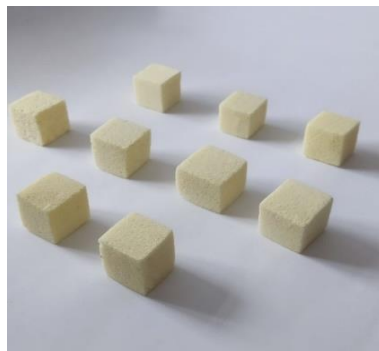
Rys. 1. Wykres przedstawiający wyniki badania współczynnika przewodzenia ciepła.

Przewodność cieplna jest jedną z najważniejszych właściwości PPUR. Wartość współczynnika przewodzenia ciepła komercyjnej sztywnej pianki poliuretanowej wynosi 0,0350 [W/m·K]<sup>8</sup>. Z rys. 1 zauważyć można, że otrzymane kompozycje piankowe wzbogacone o napełniacz wykazują niższą wartość tego parametru, a ich wartości mieszczą się w przedziale 0,0242 – 0,0279 [W/m·K]. Wszystkie wykonane pianki mogą więc spełniać rolę termoizolacji. Najniższy współczynnik (a zatem najlepsze właściwości izolacyjne (0,0242 [W/m·K])) wykazuje kompozycja zawierająca 30% wypełniacza GlassBubbles GS20, natomiast piankę zawierającą 60% tego napełniacza charakteryzuje ( $\lambda = 0,0279$  [W/m·K]).

<sup>7</sup> PN-EN 993-15:2006, Metody badań zwartych formowanych wyrobów ogniotrwałych. Oznaczanie przewodności cieplnej metodą gorącego drutu, Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 2006

<sup>8</sup> [www.soudal.pl](http://www.soudal.pl) [Data uzyskania dostępu: 05.2023].

Gęstość pozorną wykonano zgodnie z normą<sup>9</sup>. Badanie przeprowadzono w celu sprawdzenia regularności porów. Przygotowano kształtki sześciennie o boku 30 mm, por. rys. 2.



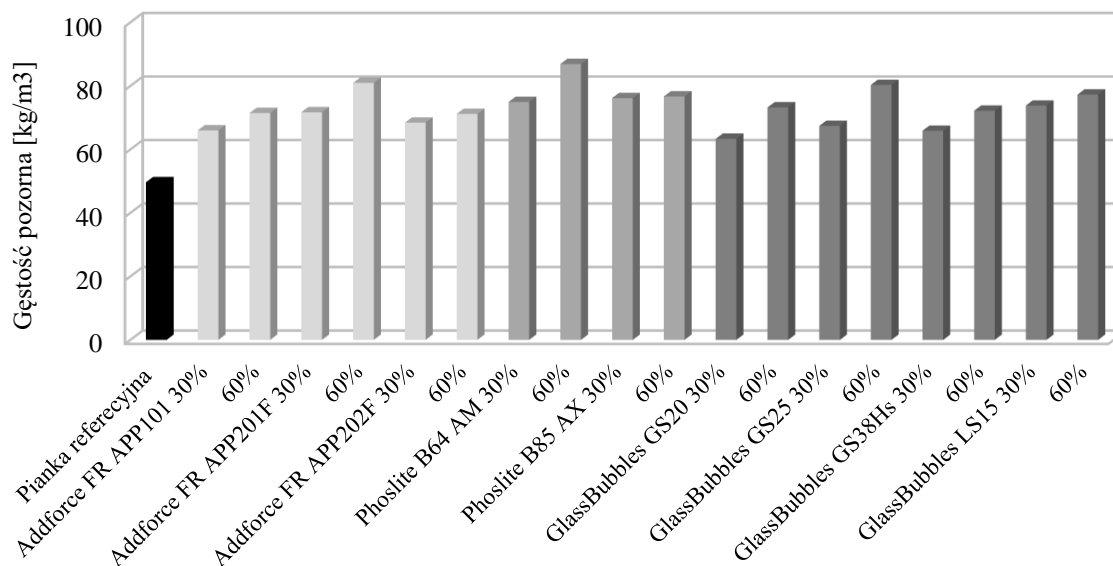
Rys. 2. Kształtki przygotowane do badania gęstości pozornej.

Zważono je i zmierzono, obliczono gęstość pozorną każdej z nich, a wyniki przedstawiono na rys. 3. Analizując wyniki stwierdzić można, że wszystkie pianki, które zawierają 60% wypełniacza mają większą gęstość pozorną niż te, które mają 30% wypełniacza. Zarówno pianki zawierające 30%, jak i te zawierające 60% wypełniacza odznaczają się wyższą gęstością pozorną w porównaniu z pianką referencyjną, a ich wartości mieszczą się w przedziale 63-87 kg/m<sup>3</sup>. Gęstość pozorną pianki, która wzbogacona jest o 30% wypełniacza GlassBubbles GS20 wynosi 63,3 kg/m<sup>3</sup> i zdecydowanie odznacza się najmniejszą wartością na tle pozostałych. Porównując wartości komercyjnych sztywnych pianek poliuretanowych<sup>10</sup>, dla których gęstość pozorną mieści się w przedziale 35 – 105 kg/m<sup>3</sup> zauważyć można, że wyniki otrzymanych kompozycji piankowych nie tylko mieszczą się w podanym przedziale, lecz nawet (mimo 60% udziału wypełniacza) wykazują znacznie niższą gęstość pozorną.

Dowodzi to, iż zastosowane wypełniacze tylko w umiarkowanym stopniu wpływają na wzrost gęstości pozornej kompozycji.

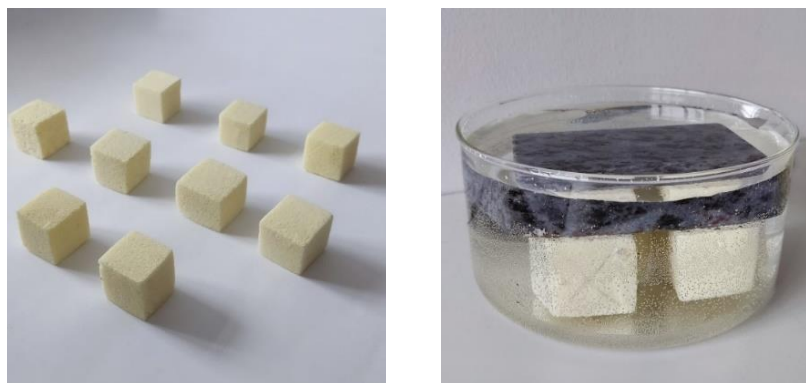
<sup>9</sup> PN-EN ISO 845:2000, Gumy i tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie gęstości pozornej (objętościowej), Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 2000.

<sup>10</sup> [www.izomat.net](http://www.izomat.net) [Data uzyskania dostępu 05.2023].



Rys. 3. Wykres przedstawiający wyniki badania gęstości pozornej.

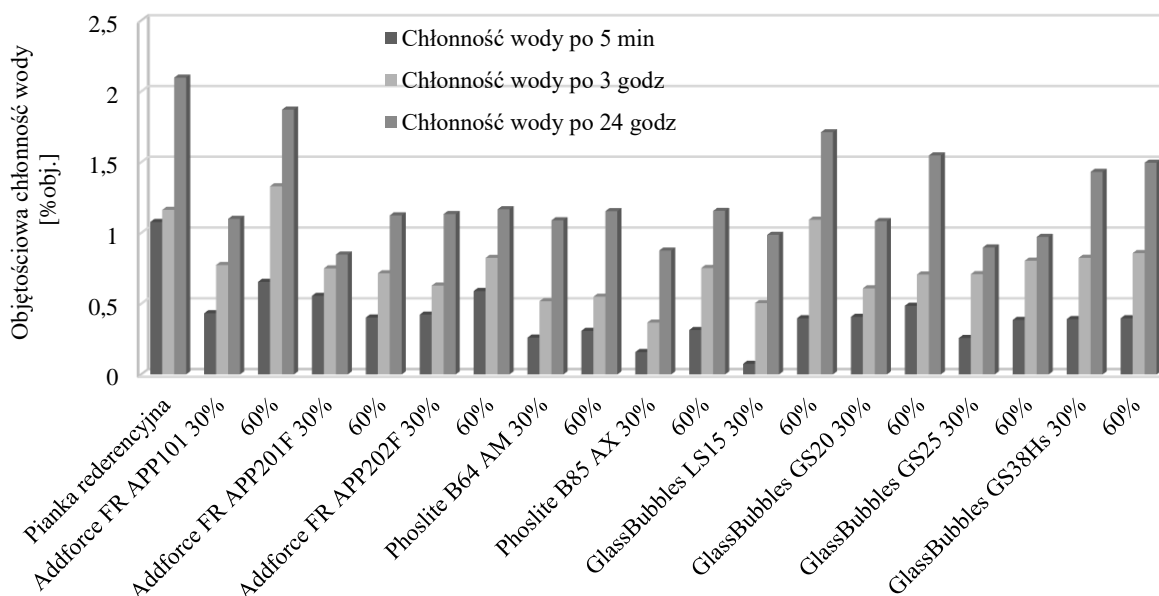
Badanie chłonności wody wykonano w oparciu o normę<sup>11</sup>. Przygotowano kształtki o wymiarach 30x30x30 mm. Zwymiarowano i zważono je, a następnie umieszczono je w wodzie, zwracając uwagę aby cała powierzchnia pianki znajdowała się w wodzie. Na rys. 4 przedstawiono kształtki przygotowane do badania oraz w trakcie badania.



Rys. 4. Kształtki przygotowane do badania chłonności wody oraz kształtki w trakcie badania.

Wyciągano próbki z wody, usuwano nadmiar wody i ważono je po upływie 5 minut, 3 i 24 godzin. Wyznaczono objętościową chłonność wody, a wyniki przedstawiono na rys. 5.

<sup>11</sup> PN-93/C-89084, Tworzywa sztuczne sztywne porowate. Oznaczanie chłonności wody, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1994.



Rys. 5. Wykres przedstawiający wyniki badania objętościowej chłonności wody.

Z rys. 5 zauważyć można iż wszystkie napełnione pianki charakteryzują się mniejszą objętościową chłonnością wody niż pianka referencyjna, zarówno po 5 minutach, 3 oraz 24 godzinach. Najmniejszą chłonność wody wykazuje kompozycja zawierająca 30% napełniacza GlassBubbles LS15 (0,05% obj. po 5 min. i 0,9% obj. po 24 godz. zanurzenia). Zaobserwować można, że wzrost udziału napełniacza addytywnego w kompozycji (najprawdopodobniej ze względu na większą ingerencję w strukturę pianki) sprawia, iż chłonie ona więcej wody, co może powodować pogorszenie jej właściwości mechanicznych.

Porównując nasiąkliwość wody (po 24 godzinach) komercyjnych sztywnych pianek poliuretanowych<sup>10</sup>, których wartość wynosi <3% obj., z otrzymanymi kompozycjami piankowymi wzbogaconymi o wypełniacz, zauważyć można, że wykazują one mniejszą objętościową chłonność wody (0,84 – 1,87 % obj.).

Badanie stabilności wymiarów wykonano w oparciu o normę<sup>12</sup>. Wycięto odpowiednie kształtki, zważono oraz zwymiarowano je i umieszczono w suszarce w temperaturze 150°C. Pomiar powtórzono po upływie 20 oraz 40 godzin (ich wygląd przed, w trakcie i po badaniu przedstawia rys. 6).

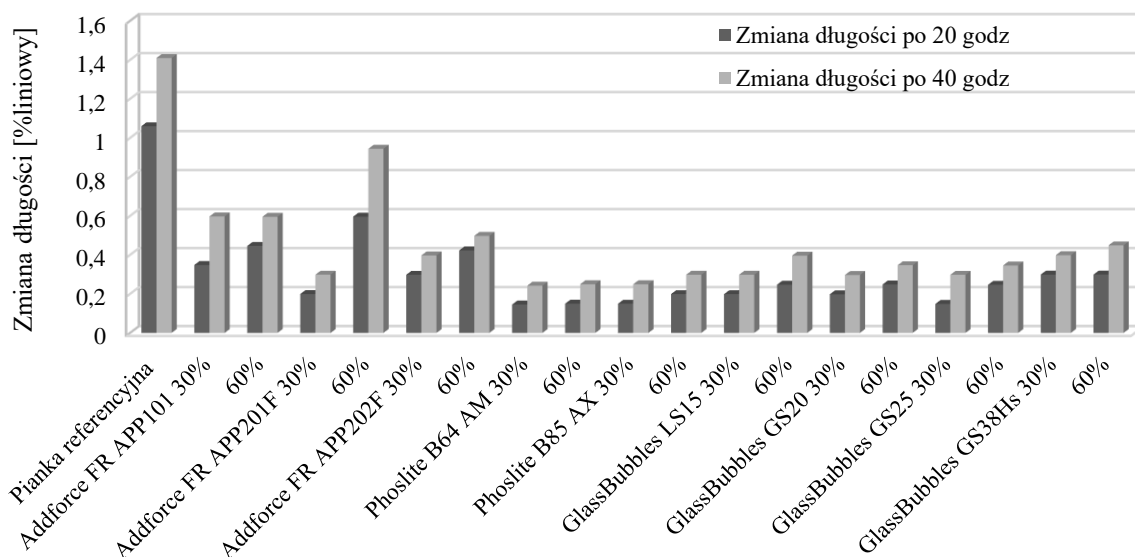
<sup>12</sup> PN-92/C89083, Sztywne tworzywa porowate. Badanie stabilności wymiarów, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1993.



Rys. 6. Fotografie kształtek przed badaniem, po 20 oraz 40 godz. wygrzewania w temp. 150 C.  
Oznaczenia: 1, 2 – kompozycja z udziałem odpowiednio: 30% i 60% wypełnienia.

Obliczono zmianę wymiarów liniowych kształtek, a wyniki zestawiono na rys. 7. Pianki zmieniają swoje wymiary pod wpływem temperatury 150°C po upływie 20 i 40 godzin. W stosunku do pianki referencyjnej najmniejszą zmianą wymiarów po 40 godzinach wygrzewania odznaczają się pianki zawierająca napelniaz Phoslite B64 AM niezależnie od jego ilości.





Rys. 7. Wykres przedstawiający wyniki badania stabilności wymiarów.

#### 4. Podsumowanie

1. Otrzymano 19 sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Roko polu RF-151V.
2. Zbadano właściwości fizyczne: współczynnik przewodzenia ciepła, gęstość pozorną, chłonność wody oraz stabilność wymiarów.
3. Wszystkie kompozycje zawierające napełniacz gwarantują doskonałe właściwości termoizolacyjne. Współczynnik przewodzenia ciepła dla pianek z wypełniaczem mieści się w przedziale 0,0242 – 0,0279 [W/mK]. Najniższym współczynnikiem odznacza się kompozycja z zawartością 30% wypełniacza GlassBubbles GS20.
4. Zarówno pianki zawierające 30%, jak i 60% wypełniacza wykazują większą gęstość pozorną w porównaniu z pianką referencyjną. Gęstość pozorną pianek wzbogaconych o wypełniacz mieści się w przedziale 63,3 – 86,9 [kg/m<sup>3</sup>]. W porównaniu do pianki referencyjnej najmniejsze zmiany gęstości pozornej wykazuje kompozycja wzbogacona o 30% wypełniacza GlassBubbles GS20.
5. Wszystkie napełnione pianki charakteryzują się mniejszą objętościową chłonnością wody niż pianka referencyjna, zarówno po 5 minutach, 3 oraz 24 godzinach. Dla otrzymanych, napełnionych kompozycji objętościowa chłonność wody nie przekracza wartości 1,9 %obj. Najmniejszą chłonność wody po upływie 24 godzin wykazuje pianka z zawartością 30% wypełniacza Phoslite B85 AX.

6. Kompozycje zawierające wypełniacz wykazują zmianę długości pod wpływem temperatury 150°C jednak ich zmiana po 40 godzinach nie przekracza wartości 1,0% liniowego. Najmniejszą zmianą długości odznacza się pianka zawierająca 30% napełniacza Phoslite B64 AM.

## Literatura

1. Prociak A., Pielichowski J., *Czasopismo Techniczne*, 1998, str. 26.
2. Prociak A., Rokicki G., Ryszowska J., *Materiały Poliuretanowe*, PWN, W-Wa, 2016, str. 11-19, 166.
3. He Y., Wu J., Qiu D., Yu Z., *Experimental and numerical analyses of thermal failure of rigid polyurethane foam*, *Materials Chemistry and Physics*, 233, 2019, str. 378-389.
4. Wipsza Z., *Poliuretany. Chemia, technologia, zastosowanie*, WNT, W-wa, 1991, str.135-155.

## Akty normatywne

5. PN-EN ISO 845:2000, Gumy i tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie gęstości pozornej (objętościowej), Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 2000.
6. PN-92/C89083, Sztywne tworzywa porowate. Badanie stabilności wymiarów, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1993.
7. PN-93/C-89084, Tworzywa sztuczne sztywne porowate. Oznaczanie chłonności wody, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1994.
8. PN-EN 993-15:2006, Metody badań zwartych formowanych wyrobów ogniotrwałych. Oznaczanie przewodności cieplnej metodą gorącego drutu, Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 2006

## Źródła internetowe

9. [www.italmatch.com](http://www.italmatch.com) [Data uzyskania dostępu 05.2023].
10. [www.izomat.net](http://www.izomat.net) [Data uzyskania dostępu 05.2023].
11. [www.soudal.pl](http://www.soudal.pl) [Data uzyskania dostępu 05.2023].
12. [www.wthgmbh.de](http://www.wthgmbh.de) [Data uzyskania dostępu 05.2023].

**Joanna Kozak, Dorota Głowacz–Czerwonka**  
Koło naukowe studentów chemii „ESPRIT”

## **Właściwości ogniowe sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy**

### **Streszczenie**

W niniejszej pracy opisano wyniki badań wybranych właściwości ogniowych sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Rokopolu RF-151V z dodatkiem odpowiednio 30% lub 60% napełniaczy w stosunku do polioliu. Zbadano ich właściwości tj. indeks tlenowy oraz test poziomy. Otrzymano osiemnaście pianek poliuretanowych wzbogaconych o wypełniacz, aż dziesięć spośród badanych kompozycji zaklasyfikowano jako pianki samogasnące, a użyte do tych wypełniacze okazały się być antypirenami. Pozostałe napełniacze, które dodano do pianek okazały się być retardantami, spowodowały one opóźnienie palenia. Dalsza modyfikacja składu przedstawionych w pracy kompozycji pozwoli na ograniczenie głównego problemu pianek poliuretanowych jakim jest palność.

**Słowa kluczowe:** Rokopol RF-151V, sztywna pianka poliuretanowa, uniepalnienie, napełniacze.

### **1. Wprowadzenie**

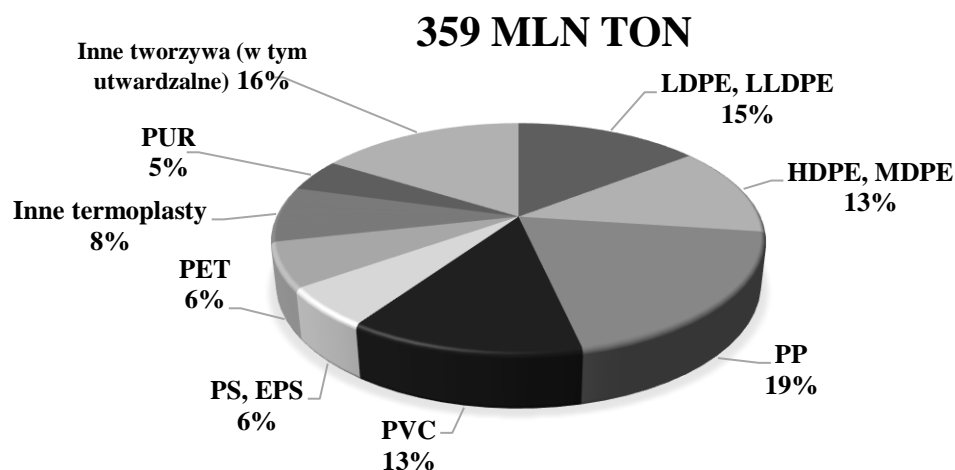
Poliuretany stanowią ważną grupą materiałów polimerowych, a ich rozwój na świecie oraz w Polsce jest szczególnie widoczny w ostatnich trzydziestu latach. Opracowywane są coraz nowsze rodzaje surowców i materiałów z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju<sup>1</sup>. Z rysunku poniżej zaobserwować można, że produkcja poliuretanów stanowi okło 20 mln ton rocznie<sup>2</sup>.

Na wzrost zainteresowania w ostatnich latach, wpływa łatwy proces wytwarzania materiałów o wszechstronnych właściwości, które mogą być modyfikowane w szerokim zakresie<sup>1</sup>. Na rys. 1 przedstawiono udział wybranych materiałów poliuretanowych wg danych z 2010 roku w światowym rynku. W oparciu o przedstawione dane zauważyć można, że dominującą rolę na rynku odgrywają spienione tworzywa poliuretanowe, bo aż 65% mas. produkcji. Znajdują one zastosowanie w motoryzacji, meblarstwie, jako elementy termoizolacyjne i materiały konstrukcyjne w budownictwie i chłodnictwie.

---

<sup>1</sup> A. Prociak, G. Rokicki, J. Ryszowska, *Materiały Poliuretanowe*, PWN, W-Wa 2016, str. 11-19

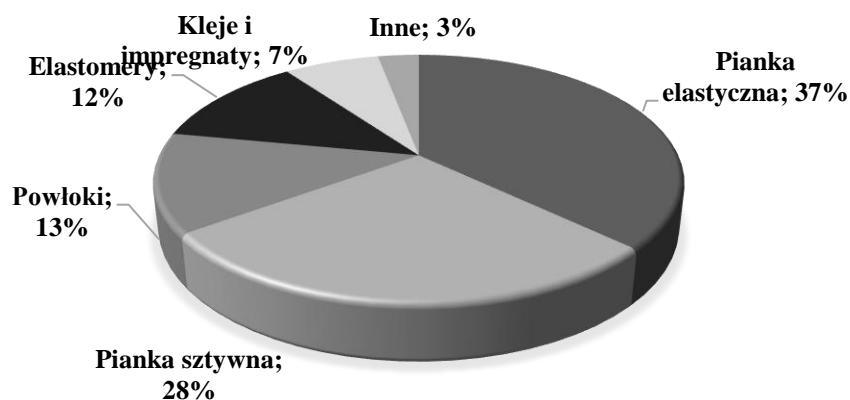
<sup>2</sup> PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)/ Conversio Market&Strategy, 2018



Rys. 1. Światowa produkcja tworzyw sztucznych wg typów polimerów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PlasticsEurope Market Research Group<sup>2</sup>.

Sztywne pianki poliuretanowe stanowią 28% mas. produkcji<sup>3</sup>. Odznaczają się wysokim stopniem usieciowania, niską gęstością pozorną oraz porowatą strukturą. Charakteryzują się dobrymi właściwościami mechanicznymi oraz nadają trwałość jak i lekkość wykonanym z nich konstrukcjom. Pianki sztywne w głównej mierze stosuje się, w postaci lekkich materiałów konstrukcyjno-izolacyjnych, jako rdzenie konstrukcji podgłowo sufitowych, urządzeń chłodniczych oraz elementów ram okiennych i drzwi<sup>1</sup>.



Rys. 2. Udział wybranych materiałów poliuretanowych wg danych z 2010 r. w światowym rynku<sup>3</sup>.

Pomimo wielu zalet, istnieją również problemy z tym materiałem, wynikające z ich budowy. Są to materiały łatwopalne, które podczas spalania wydzielają toksyczne gazy oraz dymy. Istnieje potrzeba poprawy ich ognioodporności poprzez dodatek środków uniepalniających<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> A. Prociak, J. Pielichowski, *Czasopismo Techniczne*, 1998, str. 26

<sup>4</sup> H. Zhu, S. Xu, *Synthesis and properties of rigid polyurethane foams synthesized from modified urea-formaldehyde resin*, *Construction and Building Materials*, 202, 2019, str. 718-7265

Celem pracy było otrzymanie sztywnych pianek poliuretowych opartych na Rokopolu RF-151V z dodatkiem napełniaczy w stosunku 30% oraz 60% do polioliu oraz zbadanie ich właściwości ogniowych.

## 2. Część doświadczalna

Do otrzymania pianek jako polioliol zastosowano Rokopol RF-151V, izocyjanian – MDI, katalizator – trietyloaminę, środek powierzchniowo czynny – silikon L6900, a jako środek spieniający – wodę dejonizowaną. Zastosowane napełniacze (wraz z dostępnymi informacjami odnośnie zawartości procentowej fosforu oraz azotu) szczegółowo omówiono we wcześniejszym artykule naszego autorstwa.<sup>5</sup>

Do kubka o objętości 500 cm<sup>3</sup> wprowadzano polioliol, wodę demineralizowaną, silikonu L9600 oraz trietyloaminę. Mieszaninę homogenizowano, po czym dodawano napełniacz (uniepalniacz), a następnie MDI, a całość intensywnie mieszano, aż do momentu powstania kremu. Otrzymano 9 kompozycji z udziałem 30% uniepaniacza (w przeliczeniu na polioliol) i 9 pianek zawierających 60% uniepalniacza, a także piankę referencyjną (bez uniepalniacza).

Zastosowano wagę analityczną (Radwag E42, Polska), mieszadło mechaniczne (Ingenieurbüro CAT, M. Zipperer GmbH, Niemcy) oraz aparat Concept Fire Testing (Anglia) do oznaczenia indeksu tlenowego.

## 3. Omówienie wyników

Test poziomy przeprowadzono zgodnie z norm.<sup>6</sup> Przygotowano kształtki o wymiarach 150x50x13 mm, a następnie umieszczono je w łapie i podpalono palnikiem wzdłuż dłuższej krawędzi. Podczas testu badano drogę, czas palania, szybkość palenia oraz ubytek masy pianki. Jeżeli droga palenia przekroczy linię 2,5 cm od krawędzi kształtki, do której przystawiany jest płomień, to kompozycję uznaje się za palną, lecz gdy nie przekroczy tej granicy, piankę uznaje się za trudnopalną<sup>7</sup>. Wyniki testu zestawiono w tabeli 2, a poniżej przedstawiono fotografie kształtek przed oraz po badaniu.

---

<sup>5</sup> Kozak J., Głowacz-Czerwonka D., *Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy*, Prace Kół Naukowych w roku akad. 2022/23 (w recenzji)

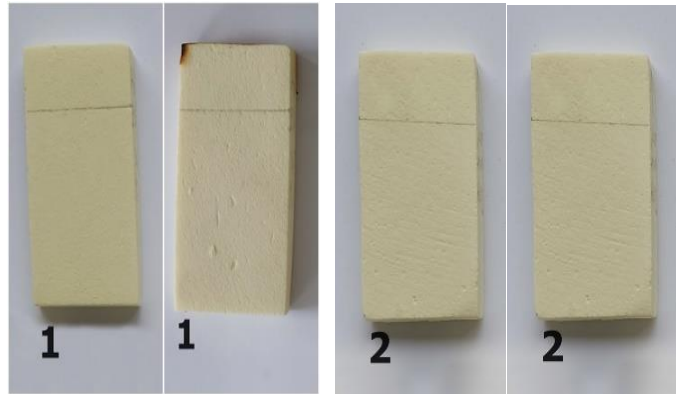
<sup>6</sup> Zhu H., Xu S., *Synthesis and properties of rigid polyurethane foams synthesized from modified urea-formaldehyde resin*, *Construction and Building Materials*, 202, 2019, str. 718-726.

<sup>7</sup> PN-EN ISO 3582:2002

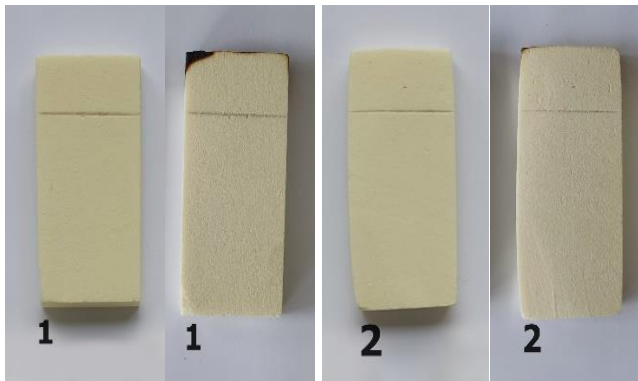
Pianka referencyjna



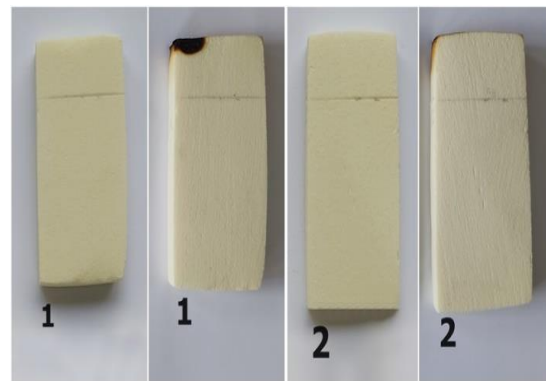
Pianka Addforce FR APP101



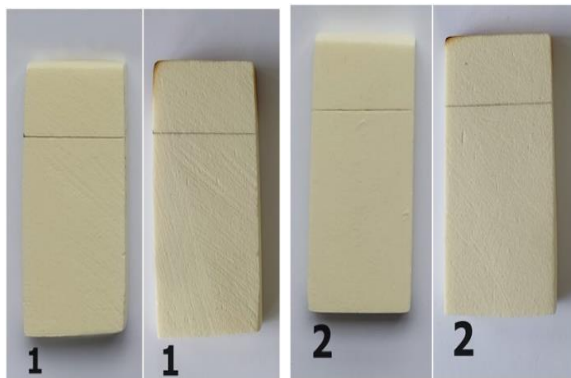
Pianka Addforce FR APP201F



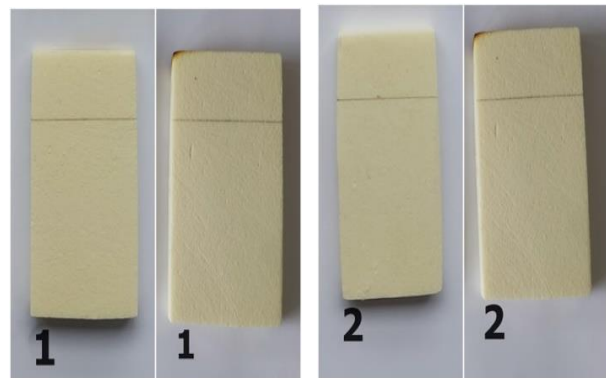
Pianka Addforce FR APP202F



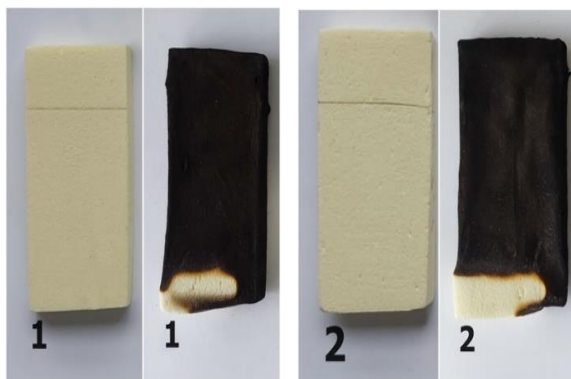
Pianka Phoslite B64 AM



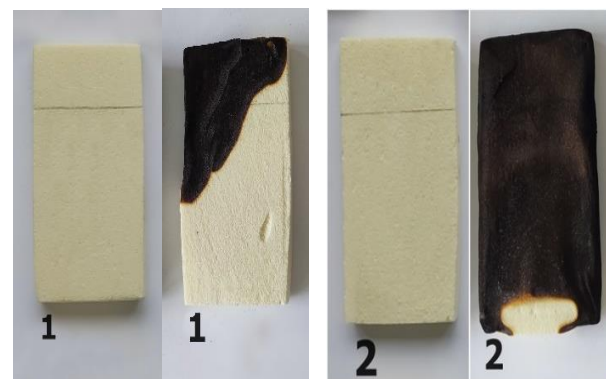
Pianka Phoslite B85 AX



Pianka GlassBubbles LS15

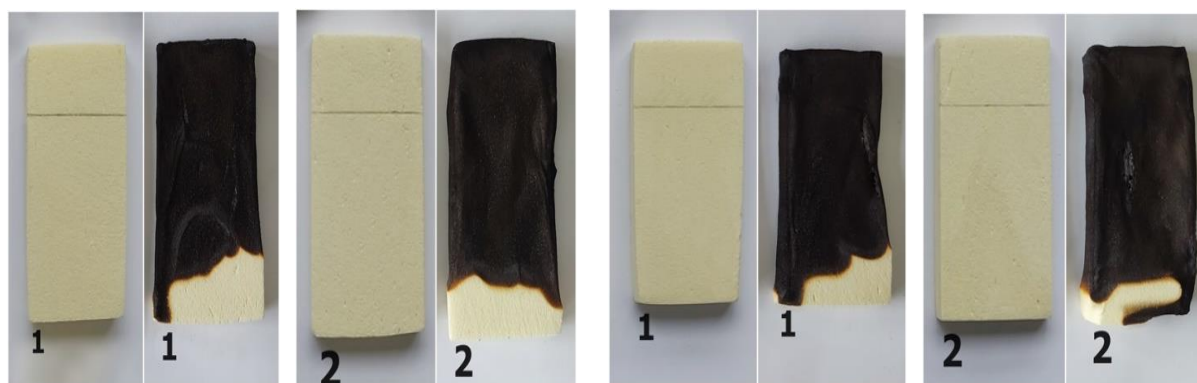


Pianka GlassBubbles GS20



Pianka GlassBubbles GS25

Pianka GlassBubbles GS38Hs



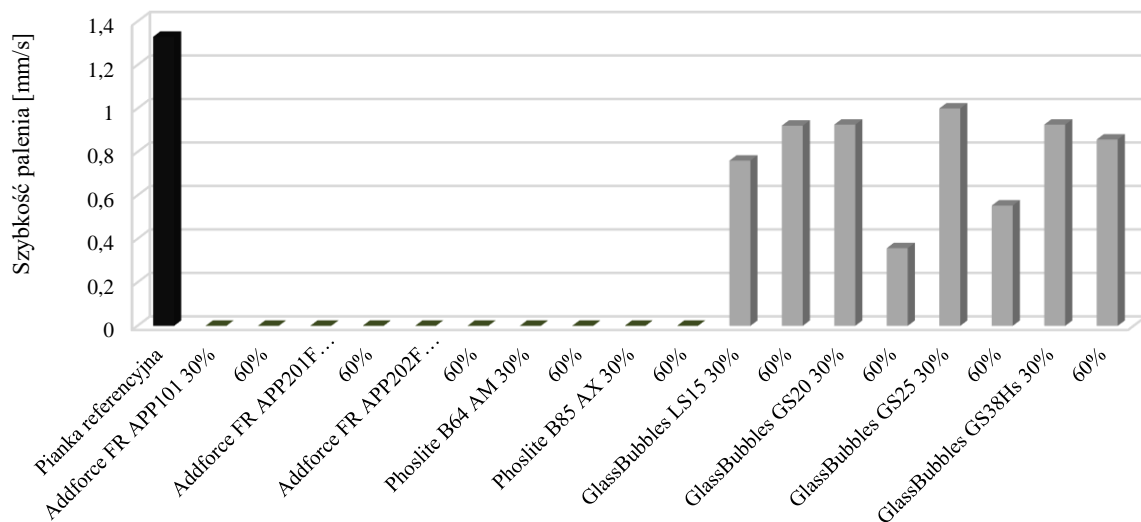
Rys. 3. Fotografie kształtek przed oraz po badaniu.

Oznaczenia: 1, 2 –kompozycja z udziałem odpowiednio: 30% i 60% wypełniacza.

Tabela 1. Zestawienie wyników testu poziomego.

Lp.	Nazwa kompozycji	Droga palenia [%]	Czas palenia [s]	Szybkość palenia [mm/s]	Ubytek masy [% mas.]
1	Pianka referencyjna	100,00	90	1,33	68,40
2	Addforce FR APP101 30%	0	0	0	0,55
3	Addforce FR APP101 60%	0	0	0	0,50
4	Addforce FR APP201F 30%	0	0	0	1,02
5	Addforce FR APP201F 60%	0	0	0	0,75
6	Addforce FR APP202F 30%	0	0	0	0,83
7	Addforce FR APP202F 60%	0	0	0	0,63
8	Phoslite B64 AM 30%	0	0	0	0,51
9	Phoslite B64 AM 60%	0	0	0	0,63
10	Phoslite B85 AX 30%	0	0	0	0,54
11	Phoslite B85 AX 60%	0	0	0	0,73
12	GlassBubbles LS15 30%	94,53	125	0,76	37,50
13	GlassBubbles LS15 60%	95,10	110	0,92	22,90
14	GlassBubbles GS20 30%	93,50	110	0,93	28,55
15	GlassBubbles GS20 60%	39,41	112	0,36	8,96
16	GlassBubbles GS25 30%	92,17	93	1,00	27,47
17	GlassBubbles GS25 60%	83,17	150	0,55	26,57
18	GlassBubbles GS38Hs 30%	93,20	110	0,93	29,94
19	GlassBubbles GS38Hs 60%	88,58	105	0,86	25,19

Na podstawie powyższych fotografii (rys. 3), a także w oparciu o tabelę 2 zaobserwować można, że dla pianek wzbogaconych o napełniacze z serii Addforce oraz Phoslite droga spalania wynosi 0% i nie została przekroczona linia 2,5 cm od krawędzi kształtek, więc pianki uznaje się za trudnopalne.

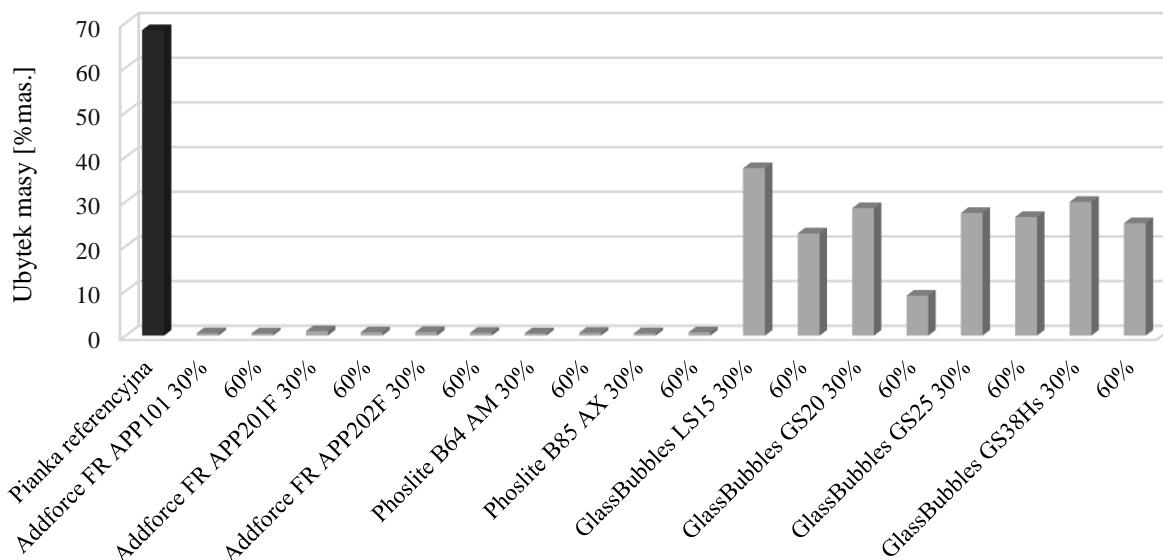


Rys. 4. Wykres przedstawiający szybkość palenia kompozycji piankowych.

Z rys. 4 zaobserwować można, że dla pianek uznanych za trudnopalne szybkość palenia wynosi 0 mm/s. Wzbogacenie kompozycji o wypełniacz z serii GlassBubbles powoduje spowolnienie szybkości palenia w porównaniu z pianką referencyjną. Najwolniej paliła się kształtka zawierająca 60% napełniacza GlassBubbles GS20; podobnie pianka z wypełniaczem GlassBubbles GS25 w ilości 60% odznacza się niską szybkością palenia.

W oparciu o rys. 5 zauważyć można, iż, ubytek masy pianek, które zostały zaklasyfikowane jako trudnopalne, jest bliski 0% mas. Natomiast pianki wzbogacone o napełniacz z serii GlassBubbles w porównaniu z pianką referencyjną odznaczają się znacząco niższym ubytkiem masy, który mieści się w przedziale 8 – 37% mas. Najmniejszym ubytkiem masy odznacza się kształtka zawierająca 60% napełniacza GlassBubbles GS20, a jego wartość wynosi 8,9% mas.





Rys. 5. Wykres przedstawiający ubytek masy otrzymanych kompozycji.

Indeks tlenowy jest najważniejszym badaniem ognioodporności PUR, który wykonano w oparciu o normę<sup>5</sup>. Indeks tlenowy jest to najmniejsza (wyrażona w procentach objętościowych) zawartość tlenu w mieszaninie tlenu i azotu, która w warunkach badań podtrzymuje stałe palenie się próbki. Ze względu na wartość LOI wyróżnia się trzy klasy palności: materiały łatwopalne, samogasnące oraz niepalne. Gdy wartość LOI mieści się w zakresie 21-28% obj. materiały uznaje się za samogasnące<sup>8</sup>.

Najwyższym indeksem tlenowym charakteryzuje się pianka zawierająca 60% wypełniacza Addforce FR APP 201F. Bardzo wysoka wartość indeksu tlenowego charakteryzuje również pianki wzbogacone o 60% napelniacza Phoslite B85 AX, a następnie Phoslite B64 AM.

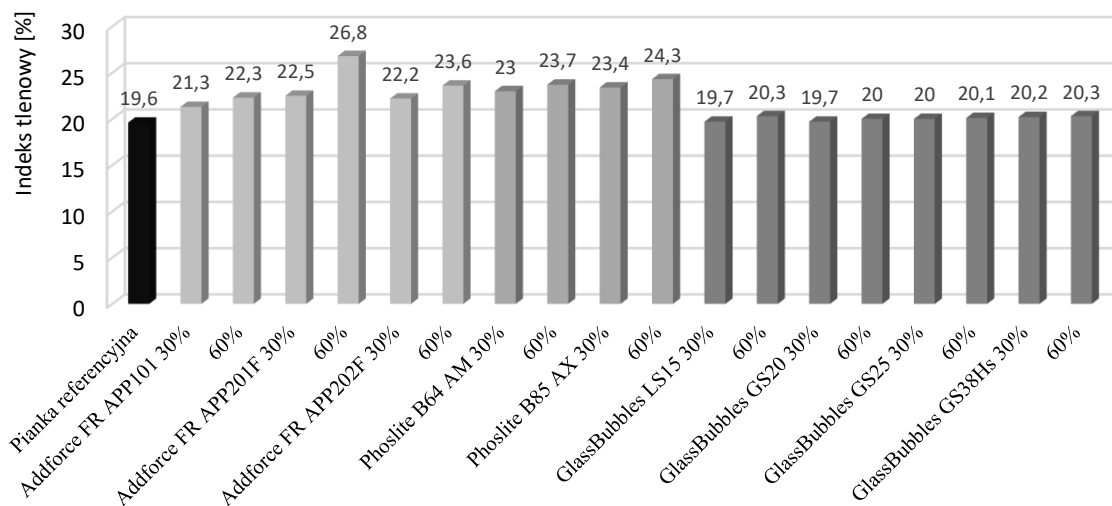
Analizując uzyskane wyniki zaobserwować można, iż zwiększenie ilości wypełniacza powoduje zwiększenie wartości indeksu tlenowego.

Wyniki badania zestawiono w na rys. 6 oraz w tabeli 3.

<sup>8</sup> PN-EN ISO 4589-2:2017-06, *Tworzywa sztuczne. Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego. Część 2. Badanie w temperaturze pokojowej*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006.

Tabela 2. Zestawienie wyników badania indeksu tlenowego.

Lp.	Nazwa kompozycji	Indeks tlenowy [% obj.]
1	Pianka referencyjna	19,6
2	Addforce FR APP101 30%	21,3
3	Addforce FR APP101 60%	22,3
4	Addforce FR APP201F 30%	22,5
5	Addforce FR APP201F 60%	26,8
6	Addforce FR APP202F 30%	22,2
7	Addforce FR APP202F 60%	23,6
8	Phoslite B64 AM 30%	23,0
9	Phoslite B64 AM 60%	23,7
10	Phoslite B85 AX 30%	23,4
11	Phoslite B85 AX 60%	24,3
12	GlassBubbles LS15 30%	19,7
13	GlassBubbles LS15 60%	20,3
14	GlassBubbles GS20 30%	19,7
15	GlassBubbles GS20 60%	20,0
16	GlassBubbles GS25 30%	20,0
17	GlassBubbles GS25 60%	20,1
18	GlassBubbles GS38Hs 30%	20,2
19	GlassBubbles GS38Hs 60%	20,3



Rys. 6. Wykres przedstawiający wyniki badania indeksu tlenowego.

#### 4. Podsumowanie

1. Otrzymano 19 sztywnych pianek poliuretanowych opartych na Rokopolu RF-151V.
2. Zbadano właściwości ogniowe – wykonano test poziomy i wyznaczono indeks tlenowy.
3. Badanie za pomocą testu poziomego wykazało, że pianki zawierające wypełniacz typu Addforce FR APP oraz Phoslite nie uległy zapaleniu, ich droga nie przekroczyła wartości 2,5 cm. Pianki zostały zaklasyfikowane jako trudnopalne (ubytek masy kompozycji jest bliski 0% mas.).
4. W wypadku kompozycji z udziałem wypełniaczy GlassBubbles droga palenia przekrocza linię 2,5 cm (od krawędzi kształtek) - kompozycje takie uznaje się za palne. Wypełniacze GlassBubbles spowodowały spowolnienie szybkości palenia – można je zatem określić jako opóźniacze palenia (tzw. retardanty).
5. Najkrócej spośród zapalanych kompozycji paliła się pianka zawierająca 60% wypełniacza GlassBubbles GS25.
6. Pianki wzbogacone o napelniacz z serii GlassBubbles odznaczają się dużo mniejszym ubytkiem masy, niż pianka referencyjna.
7. Aż dziesięć spośród badanych kompozycji odznacza się indeksem tlenowym powyżej stężenia tlenu w powietrzu. Są to pianki z zawartością napelniaczy z serii Addforce FR APP oraz Phoslite. Zostały one zaklasyfikowane jako pianki samogasnące.
8. Najwyższym indeksem tlenowy (LOI = 26,8) odznacza się pianka poliuretanowa z udziałem 60% uniepalniacza Addforce FR AP201F. Wykazuje ona najlepsze właściwości ogniowe, tj. najlepszą odporność na płomień.
9. Produkty z serii Addforce FR APP oraz Phoslite okazały się być antypirenami.
10. Stwierdzono synergiczne działanie pomiędzy fosforem i azotem. Kompozycja o najwyższym LOI zawiera 31,54% fosforu i 15,23%, kolejna to Phoslite B85 AX (60% wypełniacza), (36% fosforu, udział % azotu nieznany), a trzecia Phoslite B64 AM (60% wypełniacza), (26% fosforu i 18% azotu)<sup>9-10</sup>.

#### Literatura

1. Bandrowski W., Kosztul J., Koldej J., Przegląd budowlany, 2006, 11, str. 25-31.
2. PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)/Conversio Market&Strategy, 2018
3. Prociak A., Pielichowski J., *Czasopismo Techniczne*, 1998, str. 26.
4. Prociak A., Rokicki G., Ryszowska J., *Materiały Poliuretanowe*, PWN, Warszawa, 2016, str. 11-19.

5. Kozak J., Głowacz-Czerwonka D., Właściwości fizyczne sztywnych pianek poliuretanowych na bazie Rokopolu RF-151V z udziałem wybranych napełniaczy, *Prace Kół Naukowych w roku akad. 2022/23* (w recenzji)
6. Zhu H., Xu S., *Synthesis and properties of rigid polyurethane foams synthesized from modified urea-formaldehyde resin*, *Construction and Building Materials*, 202, 2019, str. 718-726.

### **Akty normatywne**

7. PN-EN ISO 3582:2002, Elastyczne tworzywa sztuczne porowate. Ocena laboratoryjna charakterystyk palenia małych próbek spalanych małym płomieniem w położeniu poziomym, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2008.
8. PN-EN ISO 4589-2:2017-06, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego. Część 2. Badanie w temperaturze pokojowej, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006.

### **Źródła internetowe**

9. [www.italmatch.com](http://www.italmatch.com) [dostęp 18.05.2023].
10. [www.wthgmbh.de](http://www.wthgmbh.de) [dostęp 18.05.2023].

**Anna Rybka**

Koło Naukowe Studentów Chemii ESPRIT

**prof. dr hab. inż. Wiktor Bukowski**

Opiekun Koła Naukowego

## **Biomateriały polimerowe i ich rola w medycynie**

### **Streszczenie**

W poniższym artykule zaprezentowano możliwości wykorzystania biomateriałów polimerowych, które mogą podlegać długotrwałemu kontaktowi z żywymi tkankami oraz płynami ustrojowymi bez negatywnej reakcji organizmu. Przedstawiono podział biopolimerów na naturalne i syntetyczne, nie występujące w środowisku naturalnym. Wyszczególniono właściwości mechaniczne i technologiczne pozwalające na stosowanie ich w medycynie, w tym szczególnie ważne nietoksyczność i biodegradowalność. Dokonano charakterystyki wybranych biopolimerów takich jak poliglikolid, polikaprolakton, poliaktyd. Zaprezentowano metody modyfikacji biomateriałów do zastosowań biomedycznych. Omówiono kierunki zastosowań tych materiałów w inżynierii tkankowej, kardiologii inwazyjnej, chirurgii naczyń, tabletkowaniu oraz produkcji materiałów opatrunkowych.

**Słowa kluczowe:** biopolimery, biomateriały, polimery biodegradowalne, medycyna

### **1. Wprowadzenie**

Nauki medycynie podlegają w obecnych czasach nieustannemu rozwojowi w kierunku poprawy diagnostyki oraz poprawy zdrowia pacjentów. Medycyna już od dawnych lat wykorzystuje dostępne materiały inżynierskie, np. elementy wykonane z żelaza, metali szlachetnych, czy porcelany. Wraz z postępem nauki rozwijane są nowe materiały, które wprowadzone do organizmu człowieka nie wywoływałyby negatywnej reakcji układu immunologicznego. Wykorzystuje się w tym celu biomateriały, które mogą podlegać długotrwałemu kontaktowi z żywymi tkankami oraz płynami ustrojowymi bez negatywnej reakcji organizmu<sup>1</sup>.

Biomateriały polimerowe są to związki wielkocząsteczkowe, w których proste cząsteczki organiczne i nieorganiczne złączone są w formie łańcucha polimerowego przez wiązania kowalencyjne, jonowe, wodorowe lub koordynacyjne. Można je podzielić na dwie grupy: naturalne i syntetyczne. Główną ich cechą jest biogodność, czyli zarówno one same, jak i produkty

---

<sup>1</sup> Laska A. Biomateriały stosowane w inżynierii tkankowej do regeneracji tkanek, Zeszyty naukowe Towarzystwa Doktorantów UJ, Nauki ścisłe nr 14 (1/2017) s. 187-196.

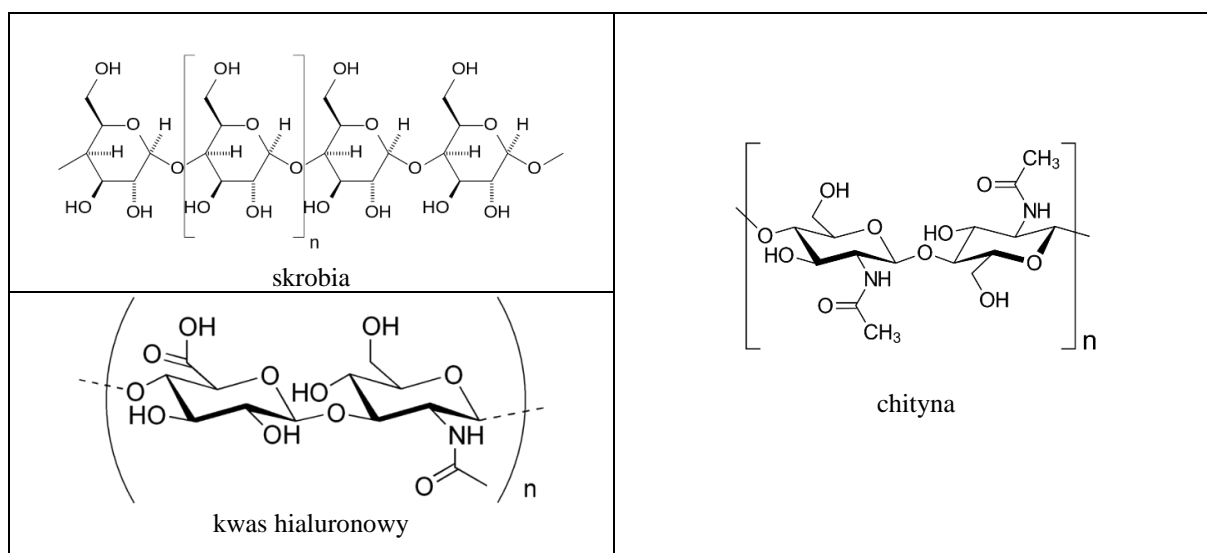
ich biodegradacji nie powodują alergii, reakcji mutagennych, stanów zapalnych, owrzodzeń, raka oraz reakcji z tkankami i krwią<sup>2</sup>.

Celem artykułu jest przedstawienie właściwości mechanicznych i technologicznych biomateriałów polimerowych biodegradowalnych i bioresorbowalnych w organizmach żywych oraz ich modyfikacje, które decydują o zastosowaniu tej grupy związków do produkcji nośników leków, implantów, tkanek i narzędzi chirurgicznych.

## 2. Polimery pochodzenia naturalnego

Wśród polimerów pochodzenia naturalnego wyróżnia się polisacharydy, takie jak np. skrobia, chityna, kwas hialuronowy, czy celuloza oraz białka, np. kolagen, elastyna, czy gluten. Wzory niektórych z tych związków przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Wzory wybranych polimerów naturalnych. Źródło: Opracowanie własne.



Skrobia jest składnikiem zbóż i ziemniaków<sup>3</sup>, chityna budulcem organizmów morskich bezkręgowców, owadów, a także występuje na ścianach komórkowych niektórych grzybów<sup>4</sup>, natomiast celulozę pozyskuje się z drewna, bawełny i biomasy roślinnej. Syntezuje się ją również

<sup>2</sup> Rabek J.F.: Polimery: Otrzymywanie, metody badawcze, zastosowanie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013

<sup>3</sup> Leszczyński W.: Skrobia- surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. Zeszyty problemowe postępów nauk rolniczych 2004 z. 500: 69-98

<sup>4</sup> Mazurek P., Kuliński S., Gosk J.: Możliwości wykorzystania chityny i chitozanu w leczeniu ran. Polimery w Medycynie 43(4), 2013, 297-302.

z pomocą alg i niektórych bakterii<sup>5</sup>. Kolagen i elastyna występują w skórze (w przypadku kolagenu jest to głównie tkanka łączna) i włosach, a wytwarzane są przez fibroblasty.

Polimery naturalne łatwo ulegają degradacji pod wpływem światła słonecznego, enzymów, kwasów i zasad. Końcowym produktem ich biodegradacji jest dwutlenek węgla i woda, co sprawia, że nie są szkodliwe dla ludzkiego ciała i narządów wewnętrznych.

### 3. Polimery syntetyczne

Polimery syntetyczne nie występują w środowisku naturalnym. Syntezuje się je w reakcjach chemicznych ze związków zwanych monomerami. Od polimerów naturalnych odróżniają je cechy takie jak zwiększona elastyczność, czy odporność mechaniczna<sup>6</sup>. Najczęściej stosowane w medycynie to, np., polikaprolakton (PCL), poliaktyd (PLA), zbudowany z połączonych ze sobą cząsteczek kwasu D- lub L-mlekowego (PDLA, PLLA), oraz poliglikolid (PGA), zbudowany z merów kwasu glikolowego<sup>6</sup>. Wzory niektórych z wymienionych związków przedstawiono w Tabeli 2.

Polikaprolakton jest to termoplastyczny alifatyczny poliester, posiadający niską temperaturę zeszklenia, ok  $-60^{\circ}\text{C}$ , i temperaturę topnienia ok.  $59-64^{\circ}\text{C}$ . Czas po którym polimer ten ulega całkowitej degradacji to ponad 24 miesiące.

Poliaktyd zbudowany jest z merów występującego w dwóch odmianach izomerycznych kwasu mlekowego, lewoskrętnego (L) oraz prawoskrętnego (D). Jest to alifatyczny poliester termoplastyczny otrzymywany w postaci krystalicznej lub amorficznej. Jego temperatura zeszklenia to  $55^{\circ}\text{C}$ , a topnienia ok.  $180^{\circ}\text{C}$ . Proces degradacji do dwutlenku węgla i wody polilaktydu wynosi ok. 12-18 miesięcy.

Poliglikolid to podobnie jak poliaktyd semikrystaliczny termoplastyczny poliester. Ma on jednak niższą temperaturę zeszklenia,  $35-45^{\circ}\text{C}$ , oraz wyższą temperaturę topnienia  $225-230^{\circ}\text{C}$ . Jego całkowity rozpad do dwutlenku węgla i wody to 4 miesiące.

Polimery syntetyczne otrzymuje się w wyniku kontrolowanych reakcji chemicznych, tj. polikondensacji, czy polimeryzacji z otwarciem pierścieni cyklicznych, zwykle w procesach katalitycznych lub w wyniku fermentacji bakteryjnej. W ten sposób otrzymuje się, np., poli(kwas mlekowy), poli(kwas glikolowy) i inne.

---

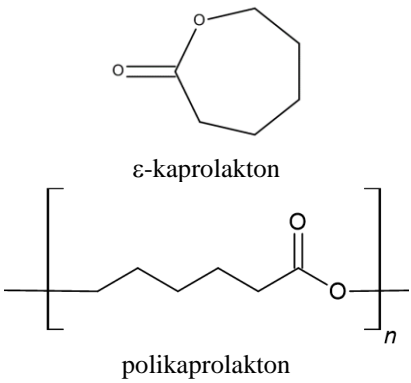
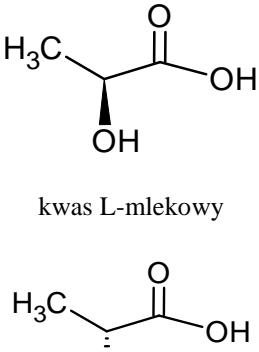
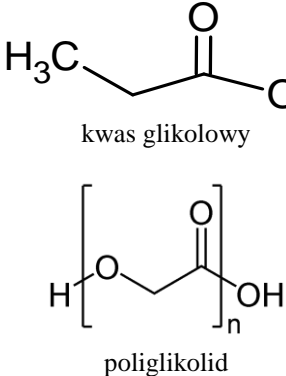
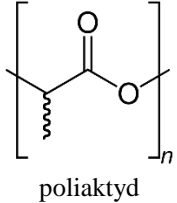
<sup>5</sup> Wąchała R., Ramięga T., Pyć R., Antczak T.: Otrzymywanie włókien nanocelulozy. Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka, 90-924, Łódź, Polska

<sup>6</sup> Kruk A., Gadomska-Gajadhur A., Ruśkowski P.: Zastosowanie bioresorbowalnych rusztowań w inżynierii tkankowej. Nowoczesne trendy w medycynie. Laboratorium Procesów Technologicznych, Wydział Chemiczny Politechnika Warszawska, Lublin 2015

Rozpad biopolimerów syntetycznych zachodzi poprzez procesy takie jak depolimeryzacja, destrukcja i degradacja. Prowadzą one do zmniejszenia masy cząsteczkowej polimerów i są zależne od rodzaju czynnika niszczącego oraz rodzaju otrzymywanego produktu rozpadu łańcucha. W wyniku depolimeryzacji otrzymuje się wyjściowy monomer. Destrukcja zachodzi przez działanie czynników zewnętrznych, z wytworzeniem małych cząsteczkowych związków. Pod wpływem działania czynników chemicznych, fizycznych i środowiskowych zachodzi degradacja<sup>7</sup>.

Wymienione polimery posiadają bardzo ważne pod kątem wykorzystania w medycynie właściwości. Jest to biodegradowalność i bioresorbowalność, co oznacza, że w środowisku biologicznie czynnym rozkładają się całkowicie do nieszkodliwych produktów ubocznych<sup>8</sup>.

Tabela 2 Wzory wybranych polimerów syntetycznych. Źródło: Opracowanie własne.

 <p style="text-align: center;">ε-kaprolakton</p> <p style="text-align: center;">polikaprolakton</p>	 <p style="text-align: center;">kwas L-mlekowy</p> <p style="text-align: center;">kwas D-mlekowy</p>
 <p style="text-align: center;">kwas glikolowy</p> <p style="text-align: center;">poliglikolid</p>	 <p style="text-align: center;">poliaktyd</p>

<sup>7</sup> Andrzejewska A., Topoliński T.: Polimery biodegradowalne do zastosowań biomedycznych. Postępy w inżynierii mechanicznej. Czasopismo naukowo-techniczne 6(3)/2015, 5-12

<sup>8</sup> Karpiński R., Górniak B., Maksymiuk J.: Nowoczesne trendy w medycynie. Biomedyczne zastosowania polimerów- materiały opatrunkowe. Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, 2016



#### 4. Modyfikacje biopolimerów

Aby polimer można było zastosować w medycynie, powinien on posiadać odpowiednie cechy. Szczególnie ważne są wysoka adhezja (łączenie ze sobą powierzchniowych warstw ciał fizycznych lub faz na skutek oddziaływań międzycząsteczkowych lub wiązań wodorowych i jonowych) oraz kohezja (zjawisko stawiania oporu przez makrocząsteczki polimeru w fazie stałej na skutek działania sił dyspersyjnych).

Modyfikacje powierzchni polimerów do celów medycznych przeprowadza się w celu zmiany ich właściwości: chemicznych (hydrofobowe na hydrofilowe, wprowadzając do struktury związku grupy polarne), fizycznych (zwiększenie adhezji, chropowatości, przepuszczalności gazów), mechanicznych (zwiększenie twardości), elektrycznych (polepszenie właściwości antystatycznych), włóknotwórczych (polepszenie barwienia), mieszalności z materiałem biologicznym oraz właściwości przeciwzakrzepowych.

Grupy funkcyjne na powierzchni biomateriałów mogą kontrolować adhezję białek i komórek w organizmie żywym, a tym samym wywoływaną wobec nich odpowiedź immunologiczną. Białka tworzą mocniejsze wiązania z powierzchniami hydrofilowymi niż hydrofobowymi, dlatego stosuje się wyżej wymienioną modyfikację. Biomateriały z grupami  $-NH_2$  i  $-OH$  indukują większą migrację białek i komórek odpornościowych do miejsca implantacji biomateriału w porównaniu z powierzchniami biopolimerów zawierających grupy  $-COOH$  oraz  $-CF^9$ .

Zmiany właściwości biopolimeru można dokonać czynnikami chemicznymi działając:

- ozonem,
- tlenem singletowym w reaktorach plazmowych,
- środkami silnie utleniającymi, jak roztwory dichromianu(VI) sodu lub manganianu(VII) potasu w roztworze kwasu siarkowego(VI),
- chlorowodorem, bromowodorem, jodowodorem,
- n-propylotrimetoksylanem,

Do najbardziej znanych fizycznych metod modyfikacji należą:

- wyładowania koronowe,
- wyładowania plazmowe,
- za pomocą promieniowania elektronowego, radiacyjnego, UV i laserowego,

---

<sup>9</sup> Salthouse D., Novakovic K., Hilken C. M.U., Ferreira A. M.: Interplay between biomaterials and the immune system: Challenges and opportunities in regenerative medicine. Acta Biomaterialia 155 (2023) 1-18

Procesy modyfikacji fizycznej należy prowadzić tak, aby nie zaszła degradacja powierzchni polimeru<sup>10</sup>.

## 5. Właściwości mechaniczne i technologiczne biomateriałów

Ze względu na styczność biopolimeru z ciałem pacjenta i organami wewnętrznymi musi być on odporny na działania wysokiej temperatury, detergentów, promieniowania rentgenowskiego, czy aseptyków. Polimery poddaje się badaniom pod kątem toksyczności, czyli działania wytworzonych w reakcjach z otoczeniem związków na komórki, wywoływania uczuleń (reakcje alergiczne, nadwrażliwość tkanek w kontakcie z tworzywem), toksyczności ekstraktów po iniekcji do organizmu (szczególnie ważne w przypadku implantów). Poddaje się je także ocenie genotoksyczności, odpowiadającej za wywoływanie wad genetycznych przez materiał oraz wpływ na płodność<sup>11</sup>.

Właściwości mechaniczne zależą od masy cząsteczkowej polimeru. Pod pojęciem właściwości mechanicznych znajdują się cechy takie jak lepkość, wytrzymałość na rozciąganie, twardość, gęstość, odporność termiczna, zdolność do krystalizacji, udarność, wytrzymałość zmęczeniowa, rozszerzalność cieplna, temperatura zeszklenia, higroskopijność i odkształcalność. Ze wzrostem masy cząsteczkowej materiału polimerowego wiąże się wzrost lepkości oraz zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie. Wpływa to jednak negatywnie na jego zdolność do tworzenia fazy krystalicznej, jeśli taką posiada. Zwiększenie udziału fazy krystalicznej w polimerze ma pozytywne i negatywne strony. Powoduje wzrost wartości modułu sprężystości, wytrzymałości na rozciąganie, twardości, gęstości oraz odporności chemicznej, jednak z drugiej strony prowadzi do zmniejszenia udarności, wytrzymałości zmęczeniowej, rozszerzalności cieplnej, zdolności do odkształcenia oraz higroskopijności. Z wymienionych powodów dąży się do optymalizacji właściwości mechanicznych, aby tworzywo mające zastosowanie w medycynie było dostatecznie elastyczne, odporne na warunki otoczenia, wytrzymałe, degradable lub też nie.

---

<sup>10</sup> Rabek J.F.: Polimery: Otrzymywanie, metody badawcze, zastosowanie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013

<sup>11</sup> Budnicka M., Gadomska-Gajadhur A., Ruśkowski P., Synoradzki L.: Polimery biodegradowalne w leczeniu gruźlicy Cz. II. Wymagania i charakterystyka materiałów. Wyd. Polimery, 2018, tom LXIII, nr 1

W konstruowaniu wyrobów medycznych, które będą stosowane w ciele żywego organizmu, należy wybierać polimery charakteryzujące się temperaturą zeszklenia powyżej temperatury tego organizmu. Jej wzrost powoduje bowiem zmniejszenie modułu sztywności związku<sup>12</sup>.

## 6. Zastosowanie naturalnych i syntetycznych polimerów w medycynie

Biomateriały znalazły zastosowanie w interdyscyplinarnej dziedzinie nauki - inżynierii tkankowej. Zadaniem takiego materiału jest częściowe lub całkowite zastępowanie tkanki lub organu i przejmowanie ich funkcji w organizmie. Do najczęściej stosowanych materiałów polimerowych w rusztowaniach tkankowych zalicza się przedstawione w punkcie trzecim artykułu: poliaktyd (PLA), poliglikolid (PGA) i polikaprolakton (PCL). Są one bezpieczne dla żywego organizmu, ponieważ ich degradacja następuje do nietoksycznych substancji takich jak dwutlenek węgla i woda. Rusztowania tkankowe umożliwiają regenerację wielu zdefektowanych tkanek (między innymi tkanki kostnej i chrzęstnej, skóry, tkanki nerwowej, naczyń krwionośnych). Biopolimery mają największe zastosowanie w tej dziedzinie, ponieważ degradują się w czasie odpowiednio dobranym do tempa produkcji komórek. Dzięki temu, implantu tkankowego nie trzeba usuwać i ponownie obciążać organizmu pacjenta<sup>13</sup>.

Materiały polimerowe zrewolucjonizowały również kardiologię inwazyjną oraz chirurgię naczyń, ponieważ stosowane są do wytwarzania sztucznych zastawek serca. Stosowanie biomateriałów zmniejsza ilość powikłań i śmiertelności po zabiegach. Do produkcji tego typu zastawek używa się poliglikolidu oraz poliaktydu. Na wymienione materiały nanosi się odpowiednie linie komórkowe, dzięki którym po wszczępieniu do organizmu człowieka będą rekonstruować zastawki.<sup>14</sup>

Kolejnym zastosowaniem biopolimerów w medycynie jest tabletkowanie. Tabletki są w dzisiejszych czasach jedną z najczęściej wykorzystywanych form podawania leku. Niemożliwe jest jednak wytworzenie ich bez substancji pomocniczych, tj. biodegradowalnych polimerów. Celuloza mikrokrystaliczna jest powszechnym składnikiem budulcowym tabletek. Pełni rolę

---

<sup>12</sup> Kwiatkowski D.: Teoretyczno-doświadczalna analiza wpływu warunków wtryskiwania i napelniaczy na odporność na pękanie wybranych kompozytów polimerowych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2012

<sup>13</sup> Laska A. Biomateriały stosowane w inżynierii tkankowej do regeneracji tkanek, Zeszyty naukowe Towarzystwa Doktorantów UJ, Nauki ścisłe nr 14 (1/2017) s. 187-196.

<sup>14</sup> Michnowski A., Szyszkowska A., Galas D.: Aplikacje materiałów polimerowych w medycynie. Nowoczesne trendy w medycynie. Laboratorium Procesów Technologicznych, Wydział Chemiczny Politechnika Warszawska, Lublin 2015

nieszkodliwego wypełniacza stosowanego jako środek przeciwbrylający oraz emulgator. Chitozan (otrzymywany w wyniku deacytelacji chityny - polimeru naturalnego) to często wykorzystywany suplement diety podawany w postaci tabletek. Ogranicza wchłanianie tłuszczów do organizmu, oczyszcza wątrobę oraz trzustkę, ma działanie przeciwnowotworowe. Chitozan jest również wykorzystywany w tabletkach jako główny nośnik ekstraktu<sup>15</sup>.

Biopolimery są także wykorzystywane do wytworzenia materiałów opatrunkowych. Właściwości kolagenu i chitozanu pozwalają na otrzymanie materiałów zbliżonych do matrycy pozakomórkowej. Otrzymuje się je przez rozpuszczenie w odpowiednim rozpuszczalniku, homogenizację roztworu i wysuszenie. W ten sposób powstają struktury gąbczaste (porowate) wykorzystywane do produkcji gaz o wysoce uwydatnionej aktywności kapilarnej, umożliwiającej wchłanianie płynu. Kolagen sprzyja nowemu tworzeniu własnych włókienek i włókien, co skutkuje szybszym gojeniem ran.

Poli(kwas L-mlekowy) i poli(kwas D-mlekowy) wykorzystuje się do wytwarzania resorbowalnych nici chirurgicznych poprzez wytłaczanie polimeru z roztworu lub ze stopu, a następnie rozciąganie ich na zimno lub gorąco do uzyskania określonych właściwości mechanicznych. Stosowane są także do produkcji implantów dentystycznych, do zespalania i regeneracji tkanek, w ortopedii, chirurgii szczękowej, śrub interferencyjnych do rekonstrukcji więzadeł, biodegradowalnych szwów, stabilizatorów wewnętrznych, scaffoldów, czyli mikroporowatych struktur o bardzo rozwiniętej, trójwymiarowej budowie służącej do hodowli komórek regenerujących tkanki.<sup>16</sup>

## 7. Podsumowanie

Zastosowanie biopolimerów w medycynie pomaga przyspieszyć i ułatwić proces leczenia, a także poprawia komfort pacjentów. Ich rola jest kluczowa, gdyż ograniczają potrzebę kilkukrotnej ingerencji w ciało człowieka. Rozwój w dziedzinie medycyny prowadzi do odkrywania coraz to nowych materiałów polimerowych o polepszonych właściwościach. Dużą rolę odgrywają przy tym kompozyty polimerowe i tworzywa sztuczne, które nie degradują się tak łatwo jak te omówione w artykule. Materiały syntetyczne przewyższają w zastosowaniach materiały

---

<sup>15</sup> Marczyński Z., Bodek K.H.; Naturalne i syntetyczne polimery w technologii tabletek z suchych wyciągów roślinnych. Zakład Farmacji Aptecznej, Katedra Farmacji Stosowanej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, tom 66 nr 7 2010

<sup>16</sup> ŚWIECZKO-ŻUREK B.: Biomateriały. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2009, s. 130-131

naturalne, ponieważ można od początku wytwarzania modyfikować ich właściwości odpowiednio do zastosowania medycznego.

## Literatura

1. Andrzejewska A., Topoliński T.: *Polimery biodegradowalne do zastosowań biomedycznych. Postępy w inżynierii mechanicznej*. Czasopismo naukowo-techniczne 6(3)/2015, 5-12
2. Budnicka M., Gadomska-Gajadthur A., Ruśkowski P., Synoradzki L.: *Polimery biodegradowalne w leczeniu gruźlicy Cz. II. Wymagania i charakterystyka materiałów*. Wyd. Polimery, 2018, tom LXIII, nr 1
3. Karpiński R., Górniak B., Maksymiuk J.: *Nowoczesne trendy w medycynie. Biomedyczne zastosowania polimerów- materiały opatrunkowe*. Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, 2016
4. Kruk A., Gadomska-Gajadthur A., Ruśkowski P.: *Zastosowanie bioresorbowalnych rusztozań w inżynierii tkankowej. Nowoczesne trendy w medycynie*. Laboratorium Procesów Technologicznych, Wydział Chemiczny Politechnika Warszawska, Lublin 2015
5. Kwiatkowski D.: *Teoretyczno-doświadczalna analiza wpływu warunków wtryskiwania i napelniaczy na odporność na pękanie wybranych kompozytów polimerowych*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2012
6. Laska A. *Biomateriały stosowane w inżynierii tkankowej do regeneracji tkanek*, Zeszyty naukowe Towarzystwa Doktorantów UJ, Nauki ścisłe nr 14 (1/2017) s. 187-196.
7. Leszczyński W.: *Skrobia- surowiec przemysłowy, budowa i właściwości*. Zeszyty problemowe postępów nauk rolniczych 2004 z. 500: 69-98
8. Marczyński Z., Bodek K.H.: *Naturalne i syntetyczne polimery w technologii tabletek z suchych wyciągów roślinnych*. Zakład Farmacji Aptecznej, Katedra Farmacji Stosowanej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, tom 66 nr 7 2010
9. Mazurek P., Kuliński S., Gosk J.: *Możliwości wykorzystania chityny i chitozanu w leczeniu ran*. Polimery w Medycynie 43(4), 2013, 297-302.
10. Michnowski A., Szyszkowska A., Galas D.: *Aplikacje materiałów polimerowych w medycynie. Nowoczesne trendy w medycynie*. Laboratorium Procesów Technologicznych, Wydział Chemiczny Politechnika Warszawska, Lublin 2015
11. Rabek J.F.: *Polimery: Otrzymywanie, metody badawcze, zastosowanie*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013

12. Salthouse D., Novakovic K., Hilkens C. M.U., Ferreira A. M.: Interplay between biomaterials and the immune system: Challenges and opportunities in regenerative medicine. *Acta Biomaterialia* 155 (2023) 1-18
13. Świczko-Żurek B.: *Biomateriały*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2009, s. 124-127
14. Wąchała R., Ramięga T., Pyć R., Antczak T.: *Otrzymywanie włókien nanocelulozy*. Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka, 90-924, Łódź, Polska



KOŁO

NAUKOWO-

○ -BADAWCZE

TURYSTYKI

„Tuptaś”







**Anna Sroka**

Studenckie Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”

**mgr Jan Polaszczyk**

Opiekun Koła Naukowego

## **Korzyści wynikające z zastosowania marketingu mobilnego w branży turystycznej**

### **Streszczenie**

Marketing mobilny w XXI wieku jest nieodłącznym elementem życia codziennego wszystkich ludzi. Social media używane na co dzień są głównym źródłem informacji i marketingu. W wyniku powstawania coraz większej ilości miejsc dostępnych turystom jednym z ważniejszych elementów zaistnienia na rynku jest reklama mobilna oraz różnego rodzaju udogodnienia technologiczne. Celem artykułu jest przedstawienie wybranych technologii mobilnych oraz możliwości, które wynikają z zastosowania ich w turystyce. Poniższy artykuł określa istotę marketingu mobilnego jako narzędzia promocji w turystyce. Analiza urządzeń mobilnych oraz możliwości ich wykorzystania pozwala stwierdzić, że aplikacje mobilne są kluczowym narzędziem marketingu przez natychmiastowe wysyłanie wiadomości do konsumentów w odpowiednim czasie oraz w odpowiednim miejscu. Liczba urządzeń mobilnych stale rośnie, tak samo jak możliwości technologiczne tych urządzeń, dlatego są one odpowiednie do promowania produktów i usług turystycznych.

**Słowa kluczowe:** marketing mobilny, aplikacje mobilne, promocja w turystyce.

### **1. Wprowadzenie**

W XXI wieku technologia rozwinęła się w bardzo szybkim tempie zmieniając codzienne życie na łatwiejsze nie tylko w wykonywaniu zwykłych czynności, ale również w komunikacji między ludźmi. Stała się ona nieodłącznym elementem każdego człowieka i umożliwiła kontakt ze światem w każdym momencie, gdy jest to potrzebne. Dzięki temu mamy możliwość kontaktowania się z osobami przebywającymi nie tylko w kraju ale również za granicą w zaledwie kilka sekund. Dawniej technologia nie przyczyniała się do rozwoju marketingu poprzez interakcję z klientem niemalże przez całą dobę oraz która dostarczałyby informacji na temat jego położenia i upodobań dotyczących konsumpcji mediów. Jednak nie tylko czas komunikacji oraz możliwości zaskakują, ale również rozmiary i poręczność urządzeń technologicznych, gdyż mieszczą się one w kieszeniach spodni i można je nosić codziennie ze sobą, gdziekolwiek jesteśmy.

Celem artykułu jest przedstawienie technologii mobilnych oraz możliwości, które wynikają z zastosowania ich w turystyce. Poniższy artykuł określa istotę marketingu mobilnego jako narzędzia promocji w turystyce. Analiza urządzeń mobilnych oraz możliwości ich wykorzystania

pozwalają stwierdzić, że aplikacje mobilne są kluczowym narzędziem marketingu przez natychmiastowe wysyłanie wiadomości do konsumentów w odpowiednim czasie oraz w odpowiednim miejscu. Liczba urządzeń mobilnych stale rośnie, tak samo jak możliwości technologiczne tych urządzeń, dlatego są one odpowiednie do promowania produktów i usług turystycznych.

## 2. Istota marketingu mobilnego

Za datę zaistnienia pojęcia marketingu mobilnego uznaje się grudzień 1992, czyli wysłanie pierwszego w historii komercyjnego SMSa<sup>1</sup>. Marketing mobilny ma wiele definicji. Według K. Heinonena oraz T. Strandvika jest to „użycie SMS-ów i MMS-ów jako mediów marketingowych w kampaniach push”<sup>2</sup>. Ph. Kotler i G. Armstrong, zjawisko określają pojęciem „marketing za pośrednictwem telefonu komórkowego”<sup>3</sup>. Podobnie jak poprzednicy, także J. Królewski, P. Sala, widzą marketing mobilny jako produkt związany z „prowadzeniem działalności marketingowej za pośrednictwem urządzeń mobilnych”, ale jednocześnie rozszerzają tę definicję dodając, że „działalność ta ma na celu identyfikowanie, pobudzanie i zaspokajanie potrzeb klientów”<sup>4</sup>. Marketing mobilny najszerszej definiuje A. Sznajder określając go jako „kształtowanie produktów, ustalanie ich cen, prowadzenie promocji i dystrybucji produktów przy wykorzystaniu urządzeń mobilnych”, zaznaczając jednocześnie, że jest on elementem całego systemu marketingu stosowanego przez współczesne przedsiębiorstwa<sup>5</sup>. Można go wykorzystywać w odniesieniu do każdego instrumentu w obszarze poznawania potrzeb konsumentów. Do cech właściwych pojęcia marketingu mobilnego można zaliczyć<sup>6</sup>:

- **targetowanie przestrzenne i czasowe** – marketing mobilny pozwala na dotarcie do klienta w każdym momencie i miejscu, w którym aktualnie się znajduje. Potencjalny brak ograniczeń czasowych i przestrzennych jest podstawowym wyróżnieniem komunikacji mobilnej;
- **indywidualizacja i personalizacja** – opiera się na bezpośrednim kontakcie z klientem poprzez precyzyjnie adresowane komunikaty i przekazy reklamowe;

<sup>1</sup> J. Kall, *Branding na smartfonie, Komunikacja mobilna marki*, Wolters Kluwer, Warszawa, 2015, s. 107.

<sup>2</sup> K. Heinonena, T. Strandvika, *Consumer responsiveness to mobile marketing*. Materiały z konferencji, Stockholm Mobility Roundtable, Stockholm, 2003, s. 1.

<sup>3</sup> Ph. Kotler, G. Armstrong, *Marketing*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa, 2016, s. 628.

<sup>4</sup> J. Królewski, P. Sala, *E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2016, s. 140.

<sup>5</sup> A. Sznajder, *Technologie mobilne w marketingu*, Wolters Kluwer, Warszawa, 2014, s. 69.

<sup>6</sup> A. Bajdak, U. Janeczek, Z. Spyra, *Menedżerowie i konsumenci wobec narzędzi marketingu mobilnego, w Przedsiębiorczość i zarządzanie 2019*, Wydawnictwo SAN, 2019, s. 141.

- **interaktywność i budowanie zaangażowania klienta** – możliwość pojawienia się reakcji klienta na otrzymany przekaz;
- **relacyjność** – w wyniku interaktywnych doświadczeń reklamy, pozwala na relacje z produktami, markami, miejscami, itp.;
- **innowacyjność** – buduje u klienta przekonanie o otwartości organizacji oraz jej podążaniu „z duchem nowoczesności”;
- **wymierność** – pozwala budować bazy danych klientów oraz na bieżąco monitorować działania;
- **ekonomiczność** – umożliwia dotarcie do dużej liczby osób przy relatywnie niskim budżecie.

Marketing mobilny jest rodzajem marketingu bezpośredniego a jego istota opiera się na wykorzystaniu technologii oraz urządzeń bezprzewodowych, np. tabletu lub telefonu komórkowego. Marketing mobilny dysponuje wieloma narzędziami które można wykorzystać do usprawnienia powyższych działań, w szczególności tych, które odnoszą się do procesów komunikacji z klientami<sup>7</sup>. J. Królewski i P. Sala dzielą narzędzia marketingu mobilnego na<sup>8</sup>:

- tradycyjne
  - SMS (Short Message Service);
  - MMS (Multimedia Messaging Service);
  - IVR (Interactive Voice Response);
  - Voicemailing;
  - Bluetooth.
- nowoczesne
  - aplikacje mobilne;
  - serwisy mobilne;
  - NFC;
  - kody QR;
  - m-kupony;
  - reklamy w sieciach mobilnych.

---

<sup>7</sup> Ibidem, s. 142.

<sup>8</sup> J. Królewski, P. Sala, *E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2016, s. 140–141.

Działania marketingu mobilnego mają na celu identyfikację, pobudzenie i zaspokajanie potrzeb klientów z wykorzystaniem urządzenia mobilnego. Istotą marketingu mobilnego jest precyzyjne dotarcie do odbiorcy. W wyniku zastosowania marketingu mobilnego można uzyskać możliwość taniego, łatwego i szybkiego tworzenia relacji z klientem<sup>9</sup>.

Aplikacja mobilna to ogólna nazwa oprogramowania dla urządzeń przenośnych, takich jak telefony komórkowe, smartfony, czy tablety. W zależności od celu oraz sposobu korzystania z nich, aplikacje mobilne można podzielić na<sup>10</sup>:

- samodzielne – nie potrzebują połączenia z Internetem;
- klienckie – aplikacja stworzona specjalnie dla klienta, np. banku;
- internetowe – są to strony internetowe, np. biur podróży;
- gry komputerowe.

Większość urządzeń mobilnych jest sprzedawana z wbudowanymi aplikacjami i wcześniej zainstalowanym oprogramowaniem, tj.:

- przeglądarka internetowa;
- poczta elektroniczna;
- kalendarz;
- mapy;
- aplikacja do kupowania aplikacji (np. Sklep Play.)

Aplikacje mobilne na rynkach krajowych rozrastają się i coraz mocniej umacniają swoją pozycję w turystyce. Co roku przybywa coraz więcej lepszych i bardziej przydatnych w turystyce aplikacji. Wraz z wchodzeniem na rynek oprogramowania nowych urządzeń mobilnych z nowymi funkcjami i zastosowaniami, potrzeba posiadania dokładniejszych aplikacji wzrasta. Rynek mobilny to najszybciej i najchętniej rozrastający się rynek na świecie.

### 3. Aplikacje wykorzystywane w turystyce

Dzięki istnieniu wielu narzędzi marketingu mobilnego usługodawcy mają duże możliwości w ich wyborze i dopasowaniu ich do własnych potrzeb i kampanii reklamowych. Jednymi z najpopularniejszych narzędzi są aplikacje mobilne i strony internetowe. Dzięki nim podróżujący są w stanie sprawdzić warunki mieszkaniowe przed zarezerwowaniem noclegu, wynajęcie

---

<sup>9</sup> U. Kęprowska, *Zastosowanie marketingu mobilnego w branży turystycznej*, w *Handel wewnętrzny 2014*, Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur, 2014, s. 210.

<sup>10</sup> A. Szymakowska, *Aplikacje mobilne w turystyce*, w *Kierunki rozwoju współczesnej turystyki*, wydawnictwo PROKSENIA, 2019, s. 328.

noclegu zdalnie oraz poznać opinie innych ludzi, który korzystali już z danego lokum. Wymienione narzędzia mogą przysłużyć się również usługodawcom poprzez publikację zdjęć np. ładnych szlaków turystycznych, bądź miejsc wartych odwiedzenia, w celu przyciągnięcia większej ilości turystów.

Internet oraz aplikacje mobilne ułatwiają współczesnemu turyście wyszukiwanie informacji o miejscu destynacji. Aplikacje pełnią wiele funkcji, lecz ich głównym celem jest ułatwienie turystom podróży. W urządzeniu mobilnym można zobaczyć trasy spacerowe na mapach, wizualizację nieistniejących zabytków, wydarzeń historycznych, dowiedzieć się, jak funkcjonuje komunikacja miejska, sprawdzić warunki pogodowe w miejscu pobytu, przeliczyć walutę, obejrzeć materiały z imprez organizowanych w regionie oraz przeczytać wiadomości ze strony urzędu miasta<sup>11</sup>. Zaletą aplikacji oraz stron mobilnych jest nieograniczoność dostępnych innowacyjnych informacji turystycznych oraz kulturalnych. Postęp technologii umożliwia dokładne zaplanowanie wyprawy na długo przed dniem wyjazdu oraz praktycznie z każdego miejsca na Ziemi.

Aplikacje mobilne służą nie tylko do planowania wycieczki, ale również do dzielenia się na bieżąco przeżyciami z danego miejsca. Pozwalają one relacjonować na bieżąco swoją podróż na portalach społecznościowych. Przykładem często wykorzystywanej aplikacji może być aplikacja miasta Gdańsk, dla którego stworzono bezpłatną aplikację o mieście. Znajdują się w niej<sup>12</sup>:

- przewodnik turysty (zabytki, muzea, kulturę, rozrywkę, noclegi, restauracje, centa handlowe, komunikację);
- wszystkie wydarzenia (tj. koncerty, spektakle, wystawy, imprezy plenerowe);
- praktyczne informacje (dotyczące bankomatów, stacji benzynowych, parkingów, numerów alarmowych);
- inspiracje (pomysły na weekend, urlop i czas wolny);
- karta turysty (ponad 240 zniżek u partnerów karty);
- mapa (najbliższe obiekty i funkcja nawigacji do dowolnego miejsca);
- fotokody (100 audycji dźwiękowych o wyjątkowych miejscach w Gdańsku).

Kolejnym popularnym narzędziem są kody QR, które służą do przetrzymywania informacji o danych zabytkach, zastępując tym samym papierowe przewodniki lub atrakcjach odbywających się w danym regionie lub menu hotelowym, czy standardzie oferowanych pokoi. Kody

---

<sup>11</sup> Ibidem, s. 216.

<sup>12</sup> Gdansk4u Mobile, <https://www.gdansk4u.pl/> (dostęp: 21.06.2023 r.).

QR są praktycznym narzędziem promocyjnym, gdyż użytkownicy smartfonów przy ich pomocy zyskują możliwość szybkiego i łatwego dostępu do informacji podanych w skompresowanej formie. Przedstawiciele biur podróży, zabytków lub atrakcji turystycznych mają zaś okazję, by na małej powierzchni reklamowej przekazać maksimum informacji promocyjnych<sup>13</sup>. W wyniku tego, że wszystkie kody wyglądają praktycznie identycznie to wzbudzają one większe zainteresowanie turystów, gdyż nigdy do końca nie wiadomo co się kryje pod tym małym kwadracikiem. Przykładem wykorzystania nowoczesnych technologii tj. fotokody, mobilne strony oraz infokioski jest Łódź. W 2009 na zlecenie Urzędu Miasta Łodzi został stworzony system „Odkoduj Łódź”, który jest mobilnym przewodnikiem po mieście, poszerzonym o różnorodne informacje, ciekawostki oraz zdjęcia. Najważniejszym elementem przewodnika są tabliczki informacyjne z fotokodami, umieszczone na najważniejszych zabytkach Łodzi. System został wyróżniony przez ROT (Regionalne Organizacje Turystyczne) za Najlepszy Produkt Turystyczny Województwa Łódzkiego 2010<sup>14</sup>.

Przykładem jednej z aplikacji turystycznych, która przekuwa podróże w zabawę jest *Pokemon go*<sup>15</sup>. Gra polega na poruszaniu się po okolicy, szukaniu i zbieraniu pokemonów. Taka inicjatywa zachęca ludzi do zwiedzania nowych miejsc i podróżowania po świecie, gdyż im w bardziej zróżnicowane tereny porusza się gracz, tym bardziej różnorodne zbiera pokemony.

Kolejną aplikacją, na którą warto zwrócić uwagę jest Airport by FLIO, która zapewnia pasażerom wszystko, czego potrzebują podczas podróży po lotniskach. W ofercie tej aplikacji są<sup>16</sup>:

- mapy lotnisk;
- skaner pokładowy, który pomaga szybko i łatwo odszyfrować kartę pokładową;
- katalogi przystanków autobusowych i postojów taksówek;
- kompletny moduł śledzenia lotów z informacjami w czasie rzeczywistym o przylotach i odlotach;
- informacje nt. najtańszych i najszybszych sposobów dotarcia do hotelu lub miejsca docelowego;
- rezerwacje wynajmu samochodów;
- funkcje rezerwacji dla ponad 350 salonów lotniczych na całym świecie.

---

<sup>13</sup> U. Kępcowska, *Zastosowanie marketingu mobilnego w branży turystycznej*, w *Handel wewnętrzny 2014*, Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur, 2014, s. 217.

<sup>14</sup> Odkoduj Łódź, <https://mobilems.pl/> (dostęp: 21.06.2023 r.).

<sup>15</sup> M. Placek, *Aplikacja mobilna pokemon go jako środek promocji turystyki*, w *Kierunki rozwoju współczesnej turystyki*, wydawnictwo PROKSENIA, 2019, s. 345.

<sup>16</sup> A. Szymakowska, *Aplikacje mobilne w turystyce*, w *Kierunki rozwoju współczesnej turystyki*, wydawnictwo PROKSENIA, 2019, s. 328.

Podobną aplikacją jest SkyScanner<sup>17</sup>. Dzięki niej można znaleźć nie tylko tanie loty, ale również noclegi w dobrej cenie lub wypożyczyć samochód w miejscu tymczasowego pobytu. W aplikacji można ustawić powiadomienia o przecenach lotów lub znaleźć inspirację na podróż używając filtrów, dzięki którym można dopasować podróż do swoich potrzeb. Największą zaletą tej aplikacji jest fakt, iż jest ona darmowa oraz nie trzeba dopłacać za użytkowanie funkcji dokładniejszego wyszukiwania.

Polskie Szlaki jest aplikacją z ponad 8.000 atrakcji, które wyświetlają się na mapie. Po kliknięciu w daną atrakcję można zobaczyć jak ona wygląda i przeczytać jej opis. Cechy wyróżniające tę aplikację to<sup>18</sup>:

- rozbudowana wyszukiwarka atrakcji;
- wskazywanie atrakcji znajdujących się najbliżej osoby wyszukującej;
- pokazywanie trasy i odległości do atrakcji;
- możliwość oznaczenia atrakcji jako odwiedzonej lub do odwiedzenia;
- możliwość dodawania miejsc do trasy zwiedzania;
- zapisywanie tras na swoim koncie;
- historia przeglądanych atrakcji;
- baza noclegów.

Aplikacja Foursquare zbiera informacje o danej lokalizacji na temat polecanych restauracji, kawiarni, itp. oraz ułatwia wyszukiwanie miejsc wartych uwagi pod względem turystycznym. Jak podaje Google Play opis aplikacji „Przewodnik po mieście Foursquare zaprowadzi Cię do idealnego miejsca — w dowolnym miejscu na świecie. Uzyskaj pomocne, pozytywne wskazówki od naszej zaufanej globalnej społeczności i śledź, gdzie byłeś i dokąd chcesz się udać, wszystko w jednym miejscu.”<sup>19</sup>.

#### 4. Podsumowanie

W obecnych czasach ludzie nie umieją funkcjonować bez technologii, wręcz próbują ją dopracować do perfekcji ciągle ulepszając istniejące urządzenia i narzędzia lub produkując całkiem nowe. Zaletami szybkiego postępu technologicznego jest szybko rozwijający się marketing mobilny. Dzięki dużej ilości narzędzi marketingu mobilnego usługodawcy mogą dotrzeć

---

<sup>17</sup> Ibidem, s. 329.

<sup>18</sup> Ibidem, s. 332.

<sup>19</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.joelapenna.foursquared&hl=pl&gl=US> (dostęp: 21.06.2023).

do znacznie większej ilości turystów niż wcześniej i zachęcić ich do odwiedzenia danego regionu. Zalety rozwoju technologii przekładają się również na konsumentów poprzez ułatwienie dostępu do informacji w każdym momencie i miejscu, w którym się potencjalny turysta znajduje oraz umożliwia szybsze zaplanowanie wycieczki, mają wszystkie oferty w jednym smartfonie. Przedstawiciele turystyki, chcąc zbliżyć się do swoich gości, muszą stale monitorować trendy na coraz bardziej wymagającym i szybko rozwijającym się rynku turystycznym oraz dostosowywać się do rozwoju nowych technologii w celu osiągnięcia konkurencyjności.

Aplikacje mobilne w turystyce są bardzo przydatnym narzędziem pozwalającym cieszyć się z każdej minuty podróży oraz ogranicza zmartwienia związane z przebywaniem w nieznanym mieście. Dzięki skompresowaniu aplikacji w jednym smartfonie można korzystać z różnych źródeł na raz i porównywać wyniki, aby jak najlepiej dobrać wyniki pod swoje preferencje.

Aplikacje turystyczne ułatwiają zwiedzającym poruszanie się po nowych okolicach, zwiedzanie atrakcji oraz podróżowanie z miejsca do miejsca. W wyniku postępu technicznego aplikacje mobilne są coraz bardziej dopasowane do potrzeb podróżujących, dzięki pobieraniu ich lokalizacji oraz zbieraniu danych i opinii innych konsumentów.

Bezprzewodowy charakter komunikacji sprzyja nieustannej obecności i stałego wsparcia podróży. Źródłem pełnego doświadczenia użytkownika jest bowiem nie tyle Internet mobilny (czyli „reprezentacja świata fizycznego” w urządzeniach bezprzewodowych) co raczej mobilny rynek, na którym – niezależnie od faktycznej lokalizacji użytkownika – zawierane są transakcje usługowe (komunikacja, rezerwacje, poszukiwanie noclegów, wymiana informacji), dokonywane zakupy i natychmiastowa realizacja płatności. Personalizacja mobilnych usług informacyjnych wymaga nowego sposobu myślenia o roli użytkowników w systemie cyfrowym: kluczową cechą systemu jest centralizacja i świadomość kontekstu użytkownika, które umożliwiają kreowanie unikatowych doświadczeń<sup>20</sup>. Wsparcie społeczności (innych użytkowników) zapewnia kontekst społeczny i emocjonalny, który utwierdza (potencjalnego) nabywcę w przekonaniu o atrakcyjności określonych miejsc i usług, co wzmacnia skuteczność działań promocyjnych.

---

<sup>20</sup> M. Kachniewska, *Tworzenie wartości dodanej na bazie kontekstowych aplikacji mobilnych (przypadek branży turystycznej)*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, 2019, s. 23.



## Literatura

1. Bajdak A., Janeczek U., Spyra Z., *Menedżerowie i konsumenci wobec narzędzi marketingu mobilnego*, w *Przedsiębiorczość i zarządzanie 2019*, Wydawnictwo SAN, 2019, s. 141;
2. Heinonena K., Strandvika T., *Consumer responsiveness to mobile marketing*. Materiały z konferencji, Stockholm Mobility Roundtable, Stockholm, 2003, s. 1;
3. Kachniewska M., *Tworzenie wartości dodanej na bazie kontekstowych aplikacji mobilnych (przypadek branży turystycznej)*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, 2019, s. 23.
4. Kall J., *Branding na smartfonie, Komunikacja mobilna marki*, Wolters Kluwer, Warszawa, 2015, s. 107;
5. Kęprowska U., *Zastosowanie marketingu mobilnego w branży turystycznej*, w *Handel wewnętrzny 2014*, Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur, 2014, s. 210, 217;
6. Kotler Ph., Armstrong G., *Marketing*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa, 2016, s. 628;
7. Królewski J., Sala P., *E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2016, s. 140–141;
8. Placek M., *Aplikacja mobilna pokemon go jako środek promocji turystyki*, w *Kierunki rozwoju współczesnej turystyki*, wydawnictwo PROKSENIA, 2019, s. 345;
9. Sznajder A., *Technologie mobilne w marketingu*, Wolters Kluwer, Warszawa, 2014, s. 69;
10. Szymakowska A., *Aplikacje mobilne w turystyce*, w *Kierunki rozwoju współczesnej turystyki*, wydawnictwo PROKSENIA, 2019, s. 328.

## Źródła internetowe

11. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.joelapenna.foursquared&hl=pl&gl=US> (dostęp: 21.06.2023);
12. Gdansk4u Mobile, <https://www.gdansk4u.pl/> (dostęp: 21.06.2023 r.);
13. Odkoduj Łódź, <https://mobilems.pl/> (dostęp: 21.06.2023 r.).



**Dominika Hammer**

Studenckie Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”

**mgr Jan Polaszczyk**

Opiekun Koła Naukowego

## **Zarządzanie ryzykiem w sektorze lotniczym w dobie pandemii COVID-19 na przykładzie Kraków Airport im. Jana Pawła II**

### **Streszczenie**

Zarządzanie ryzykiem w każdym porcie lotniczym wymaga szczególnego podejścia ze względu na dużą liczbę ryzyk specyficznych dla transportu lotniczego. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie procesu zarządzania ryzykiem w sektorze lotniczym w dobie pandemii oraz jego ocena na przykładzie Kraków Airport im. Jana Pawła II. W opracowaniu opisano proces zarządzania oraz wskazano techniki i narzędzia zarządzania ryzykiem wykorzystywane przez kierownictwo Spółki. W szczególności skupiono się na analizie metod zarządzania ryzykiem podczas pandemii COVID-19. Dokonano także porównania wyników portu lotniczego z wynikami sprzed wybuchu epidemii oraz sprawdzono, jak obostrzenia wpłynęły na działalność jednostki. Metody badawcze zastosowane w niniejszej pracy to: analiza literatury przedmiotu, krytyczna analiza wewnętrznych regulacji badanej jednostki i jej wyników na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju, dedukcja i wnioskowanie.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie ryzykiem, pandemia, ryzyko.

### **1. Wprowadzenie**

Ryzyko jest na stałe wpisane w działalność każdego podmiotu gospodarczego, jednak jego zakres i skutki są zróżnicowane, a jego poziom wynika głównie z rodzaju prowadzonej działalności. Nie można go całkowicie wyeliminować, ale można je rozpoznać, a następnie nim zarządzać w celu ograniczenia podejmowania błędnych decyzji i ponoszenia strat<sup>1</sup>. Osiągnięcie sukcesu w biznesie zależy od poprawności i słuszności obranej strategii, a także uwzględnienia możliwych niebezpiecznych sytuacji. Przedsiębiorca musi uwzględnić wpływ wszystkich rodzajów ryzyka na realizowane przedsięwzięcia oraz na bieżącą działalność, określając prawdopodobieństwo ich materializacji, a także kierunek oraz stopień ich wpływu. Uwzględnienie ryzyka w działalności gospodarczej (tzn. zarządzanie ryzykiem), aby było skuteczne, musi być długoplanowe i spójne z ogólną strategią zarządzania przedsiębiorstwem<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> P. Kokot-Stępień, *Identyfikacja ryzyka jako kluczowy element zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 855, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 74, t. 1, 2015, s. 533-534.

<sup>2</sup> N. Iwaszczuk, *Ryzyko w działalności gospodarczej: definicje, klasyfikacje, zarządzanie*, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2021, s. 5.

Zarządzanie ryzykiem w sektorze lotniczym jest wyjątkowo trudnym zadaniem, ponieważ wiąże się z dużą liczbą ryzyk specyficznych dla transportu lotniczego<sup>3</sup>. W 2020 roku to zadanie zostało dodatkowo utrudnione w wyniku wybuchu pandemii COVID-19. Zamknięcie w połowie marca 2020 roku granic i wprowadzenie stanu zagrożenia epidemicznego skutkowało całkowitym wstrzymaniem komercyjnych połączeń lotniczych. Diametralnie wpłynęło to na funkcjonowanie Kraków Airport i wymagało poważnych przeobrażeń. Rok 2020 był czasem strategicznych analiz, trudnych decyzji oraz wielkiej odpowiedzialności za przyszłość lotniska. Zarządzanie spółką przy tak ogromnym poziomie ryzyka i nieprzewidywalności kolejnych fal jest niezwykle trudne, jednak prezes zarządu zapewnia, że dzięki temu kierownictwo nauczyło się, jak zarządzać ryzykiem związanym z nieprzewidywalnością biznesu lotniczego<sup>4</sup>.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie procesu zarządzania ryzykiem w sektorze lotniczym w dobie pandemii oraz jego ocena na przykładzie Kraków Airport im. Jana Pawła II. W pierwszej części opracowania przedstawiono teoretyczne zagadnienia związane z procesem zarządzania ryzykiem – opisano definicję ryzyka i jego rodzaje oraz omówiono etapy procesu zarządzania nim. Opisano także proces zarządzania oraz wskazano techniki i narzędzia zarządzania ryzykiem wykorzystywane przez kierownictwo Spółki w roku wybuchu pandemii COVID-19. Dokonano także porównania wyników portu lotniczego z wynikami sprzed wybuchu epidemii oraz sprawdzono, jak obostrzenia wpłynęły na działalność jednostki. Metody badawcze zastosowane w niniejszej pracy to: analiza literatury przedmiotu, krytyczna analiza wewnętrznych regulacji badanej jednostki i jej wyników na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju, dedukcja i wnioskowanie.

## **2. Koncepcja ryzyka i proces zarządzania nim**

Ryzyko towarzyszy realizacji wszelkich działań zachodzących w jednostce. Wynika ono z braku kompletnych i pewnych informacji niezbędnych do podejmowania decyzji. Zarządzanie nim ma zatem strategiczne znaczenie dla zarządzania przedsiębiorstwem, gdyż ma na celu wczesne zidentyfikowanie tych obszarów ryzyka, które w dłuższej perspektywie umożliwią wykorzystanie istniejących potencjałów bądź stworzenie nowych, które pozwolą na dalsze funkcjonowanie jednostki<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> E. I. Szczepankiewicz, M. Rożek, *Zarządzanie ryzykiem w porcie lotniczym jako obszar oceny w audycie wewnętrznym*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 521, 2018, s. 206.

<sup>4</sup> Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, (list prezesa zarządu), s. 7.

<sup>5</sup> P. Kokot-Stępień, *Identyfikacja ryzyka...*, *op. cit.*, s. 533.

## 2.1. Pojęcie ryzyka

Ryzyko jest pojęciem bardzo szerokim i istnieje wiele jego definicji, które w różny sposób ujmują proces powstawania ryzyka, jego opis, ocenę i zarządzanie nim. Brak jednego spójnego, powszechnie używanego ujęcia ryzyka wynika z faktu, iż ryzyko łączy się z każdą działalnością człowieka i obejmuje różne dziedziny jego życia<sup>6</sup>. Oznacza to, że brak jednej spójnej definicji identyfikującej wszystkie płaszczyzny jego istnienia spowodowany jest powszechnością występowania ryzyka oraz dużą różnorodnością tego zjawiska<sup>7</sup>.

W Słowniku języka polskiego ryzyko „jest to możliwość, że coś się nie uda” bądź „przedsięwzięcie, którego wynik jest niepewny”<sup>8</sup>. Te dwa określenia ryzyka odzwierciedlają jego dwie podstawowe koncepcje: negatywną koncepcję ryzyka i neutralną koncepcję ryzyka. Pierwsza z nich traktuje ryzyko jako zagrożenie. Oznacza to, że o ryzyku mówi się wtedy, gdy istnieje możliwość pewnej straty, szkody czy po prostu niezrealizowania określonego celu działania. Z kolei w neutralnej koncepcji ryzyka traktuje się je z jednej strony jako zagrożenie, a z drugiej – jako szansę. Mamy z nim do czynienia, gdy nie znamy wyniku pewnego działania, a zrealizowany wynik może być lepszy lub gorszy od zakładanego<sup>9</sup>.

## 2.2. Źródła ryzyka i jego rodzaje

Pojawienie się ryzyka w podmiotach gospodarczych może być związane z różnego rodzaju czynnikami, takimi jak m.in. czynniki: naturalne, ekonomiczne, polityczne czy społeczne<sup>10</sup>. Mogą być one związane zarówno z otoczeniem zewnętrznym, jak i wewnętrznym, czyli tkwić w organizacji. Czynniki zewnętrznymi są parametry charakteryzujące otoczenie zewnętrzne na rynku. Do czynników wewnętrznych można zaliczyć: koszty produkcji, wielkość sprzedaży, stopę zysku, szybkość obrotu kapitału, jakość towarów, robót i usług, system zarządzania przedsiębiorstwem, wielkość kapitału intelektualnego itd. Wśród zewnętrznych czynników ryzyka można wyróżnić<sup>11</sup>:

- czynniki ogólnogospodarcze – związane z wahaniami koniunktury gospodarczej, sytuacją na rynkach finansowych (poziom stóp procentowych, kurs walutowy, dostępność różnorodnych form finansowania), cenami i dostępnością surowców,

<sup>6</sup> T. T. Kaczmarek, *Zarządzanie ryzykiem – ujęcie interdyscyplinarne*, Difin, Warszawa 2010, s. 61.

<sup>7</sup> P. Kokot-Stępień, *Identyfikacja ryzyka...*, *op. cit.*, s. 534.

<sup>8</sup> <https://sjp.pwn.pl/szukaj/ryzyko.html> (03.04.2023).

<sup>9</sup> K. Jajuga, *Zarządzanie ryzykiem*, PWN, Warszawa 2007, 2019, s. 17.

<sup>10</sup> N. Iwaszczuk, *Ryzyko w działalności...*, *op. cit.*, s. 16-17.

<sup>11</sup> Ibidem.

- czynniki społeczno-rynkowe – związane z zamożnością gospodarstw domowych, zmianami demograficznymi, zmianami w preferencjach konsumentów, dostępnością siły roboczej,
- czynniki polityczne – dotyczą głównie sfery prawno-regulacyjnej zmieniającej warunki funkcjonowania przedsiębiorstw,
- czynniki technologiczne – związane ze zmianami w sferze sposobów wytwarzania i powstaniem nowych konkurencyjnych bądź całkiem innowacyjnych produktów.

Inne czynniki zewnętrzne to m.in.: zachwianie równowagi rynkowej, zmiany popytu i podaży, wymagania środowiskowe, zmiany podatkowe, inflacja, bezrobocie, oprocentowanie kredytów, dostępność wolnych środków pieniężnych czy nowych technologii wytwarzania<sup>12</sup>.

Duży wpływ na poziom ryzyka mają czynniki związane z konkretnym profilem działalności gospodarczej i sektorem. Najważniejsze wśród nich stanowią struktura sektora i siła konkurencji<sup>13</sup>.

Zagrożenia, a tym samym ryzyko, mogą pochodzić z następujących kierunków<sup>14</sup>:

- sił i zjawisk przyrody,
- konkurencji firm krajowych,
- zmian przepisów prawnych,
- nieprzewidywalności kursu walut,
- nastrojów panujących na rynkach kapitałowych,
- wybuchu napięć społecznych wewnątrz lub na zewnątrz firmy,
- zmienności preferencji klientów,
- niestabilności sytuacji finansowej partnerów biznesowych,
- niedostatków kapitałowych zagrażających płynności finansowej firmy,
- przestarzałego zarządzania, nieadekwatnego do aktualnych wyzwań utrzymania się w biznesie,
- braków kompetencyjnych pracowników firmy.

### 2.3. Klasyfikacja ryzyka

Istnieje wiele klasyfikacji ryzyka w zależności od rodzaju działalności, obszaru występowania, perspektywy czasowej itp. Do najważniejszych kryteriów klasyfikacji ryzyka można zaliczyć<sup>15</sup>:

<sup>12</sup> N. Iwaszczuk, *Ryzyko w działalności...*, op. cit., s. 17.

<sup>13</sup> Ibidem, s. 18.

<sup>14</sup> Ibidem, s. 18-19.

- czas, długość i częstotliwość występowania,
- główne czynniki, które spowodowały ryzyko,
- sfera pochodzenia czynników,
- sposób ich ewidencji,
- charakter skutków,
- wielkość strat.

Jedną z wielu możliwych klasyfikacji jest podział ryzyka na operacyjne, strategiczne i finansowe, co umożliwia bezpośrednią analizę jego wpływu na wartość przedsiębiorstwa. Ryzyko operacyjne określa się jako ryzyko straty wynikającej z nieprawidłowo działających procesów wewnętrznych, niewłaściwie przeszkolonych pracowników i niesprawnych systemów oraz ze zdarzeń zewnętrznych. Do tej grupy zalicza się: ryzyko zarządzania i działalności operacyjnej, ryzyko operacyjne aktywów, ryzyko ludzkie, ryzyko związane z umowami, ryzyko bezpieczeństwa informacji i ryzyko w obszarze czynników naturalnych. Ryzyko strategiczne dotyczy elementów mających szczególne znaczenie w procesie kreowania wartości przedsiębiorstwa. Istotny wpływ mają na nie regulacje prawne, sposób wykonywania inwestycji, jej zabezpieczenia oraz polityka zrównoważonego rozwoju. W ramach tej kategorii wyróżnia się: ryzyko polityczne, ryzyko inwestycyjne, ryzyko zrównoważonego rozwoju, ryzyko zabezpieczenia i refinansowania. Ryzyko finansowe z kolei związane jest ze zmianami w strukturze źródeł finansowania działalności przedsiębiorstwa, tzn. ze zmianami relacji między kapitałem własnym i obcym, gdyż mają one wpływ na poziom wyniku finansowego przedsiębiorstwa. Do tej grupy ryzyka zalicza się: ryzyko cenowe, ryzyko wolumenu sprzedaży, ryzyko ceny i wolumenu paliw, ryzyko rynkowe, ryzyko kredytowe, ryzyko płynności, ryzyko stopy procentowej, ryzyko walutowe oraz ryzyko inflacji<sup>16</sup>.

#### **2.4. Proces zarządzania ryzykiem**

Proces w organizacji i zarządzaniu definiowany jest jako zbiór wzajemnie ze sobą powiązanych czynności, których realizacja jest niezbędna do uzyskania założonego rezultatu<sup>17</sup>. Zarządzanie ryzykiem natomiast najczęściej określa się jako podejmowanie decyzji oraz realizację działań prowadzących do optymalizacji ryzyka. Działania te w wypadku zagrożeń oznaczają ograniczanie ryzyka, natomiast w wypadku pojawiających się możliwości zwiększenia korzyści – akceptację danego poziomu ryzyka. Zarządzanie ryzykiem nie polega więc tylko

---

<sup>15</sup> Ibidem, s. 24.

<sup>16</sup> Ibidem, s. 25.

<sup>17</sup> <https://mfiles.pl/pl/index.php/Proces> (21.06.2023).

na jego unikaniu, ale także na wykorzystaniu wiedzy i umiejętności do jego oszacowania oraz uzyskania przy nim optymalnych korzyści<sup>18</sup>. W związku z tym, proces zarządzania ryzykiem można określić jako zbiór wzajemnie ze sobą powiązanych działań niezbędnych do optymalizacji poziomu ryzyka. Proces zarządzania ryzykiem powinien być na stałe wkomponowany w procesy zarządzania przedsiębiorstwem.

Zarządzanie ryzykiem nie jest procesem jednorazowym, w którym kolejne etapy następują po sobie, po czym proces ulega zakończeniu. Jest to proces ciągły składający się z następujących po sobie etapów powiązanych sprzężeniami zwrotnymi<sup>19</sup>.

Zgodnie z międzynarodowymi normami proces zarządzania ryzykiem sprowadza się do: jego identyfikacji, pomiaru, sterowania ryzykiem, a także monitorowania i kontroli ryzyka<sup>20</sup>. Identyfikacja ryzyka polega na określeniu rodzajów ryzyka, na które jest narażony dany podmiot. Ponadto, w etapie tym powinno się określić również czynniki ryzyka.

W identyfikacji ryzyka wykorzystywane są różnego rodzaju techniki i metody, takie jak między innymi: metoda pytań kontrolnych, metoda delficka, metoda heurystyczna (burzy mózgów), metoda holistyczna czy analiza SWOT<sup>21</sup>. Pomiar ryzyka sprowadza się do wyrażenia poziomu ryzyka w postaci liczbowej, a gdy nie jest to możliwe – w postaci pewnych kategorii (np. niskie, średnie, wysokie ryzyko). Do tego celu służą tzw. miary ryzyka, które pozwalają na określenie poziomu ryzyka oddziałującego na przedsiębiorstwo. Sterowanie ryzykiem często oznacza działania zmniejszające ryzyko podmiotu do akceptowalnego poziomu. Najczęściej wyróżnia się takie typy działań jak: transfer ryzyka na inną jednostkę (np. ubezpieczenie), akceptacja, przeciwdziałanie lub przesunięcie w czasie. Ostatni etap, czyli monitorowanie i kontrola, jest konieczny, ponieważ zarządzanie ryzykiem jest procesem ciągłym, a oddziaływanie danego typu ryzyka nie jest stałe. Podlega ono nieustannym zmianom, dlatego istnieje potrzeba ciągłego jego monitorowania i kontroli<sup>22</sup>.

Zarządzanie ryzykiem jest procesem ciągłym i powinno być logicznie uporządkowanym ciągiem następujących po sobie działań i decyzji, których efektem jest powstanie pewnej wartości dodanej, jaką jest bezpieczeństwo podmiotu<sup>23</sup>.

---

<sup>18</sup> L. Czapiewski, M. Kaczmarek, J. Kubiak, J. Mizerka, *Zarządzanie ryzykiem finansowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, MG 363, Materiały dydaktyczne, Poznań 2021, s. 194.

<sup>19</sup> Ibidem, s. 195.

<sup>20</sup> D. Wróblewski, *Zarządzanie ryzykiem – przegląd wybranych metodyk*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015, s. 37.

<sup>21</sup> K. Jajuga, *Zarządzanie...*, *op. cit.* s. 21.

<sup>22</sup> Ibidem.

<sup>23</sup> J. Stanik, R. Hoffmann, J. Napiórkowski, *Zarządzanie ryzykiem w systemie zarządzania bezpieczeństwem organizacji*, Ekonomiczne problemy usług nr 123, 2016, s. 328.



### 3. Analiza Raportów Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport

Analizy metod zarządzania ryzykiem Spółki oraz jej wyników dokonano na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju, które dotyczą działalności Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice sp. z o.o. (MPL). Publikacje te zostały sporządzone zgodnie z metodologią międzynarodowych wytycznych raportowania Global Reporting Initiative według GRI Standards (zgodnie z opcją aplikacji CORE) wraz z ujęciem wskaźników zalecanych suplementem sektorowym dla portów lotniczych „G4 Sector disclosure – Airport Operators”. Obecny stan raportów obejmuje zakres do 2020 roku włącznie.

Analizowane raporty Kraków Airport im. Jana Pawła II koncentrują się na działaniach portu w latach 2018-2020. W corocznych publikacjach lotnisko przedstawia podstawy zarządzania, dane statystyczne, osiągnięte wyniki, a także plany oraz inicjatywy z zakresu społecznej odpowiedzialności w kontekście realizacji strategii biznesowej spółki. Prezentowane są także najważniejsze wydarzenia, które wpłynęły na funkcjonowanie portu lotniczego w danym roku. Prezes zarządu, Radosław Włoszek, zapewnia, że dzięki kompleksowemu podejściu do zarządzania Spółka jest w stanie dostrzec, nie tylko kwestie charakterystyczne dla otoczenia czy branży lotniczej, ale również wyzwania znamienne dla współczesnego świata<sup>24</sup>.

#### 3.1. Opis Spółki

Kraków-Balice to największy regionalny port lotniczy w Polsce, położony na wysokości 241 m n.p.m., 11 km na zachód od centrum Krakowa, w miejscowości Balice. Jest lotniskiem wojskowym, współużytkowanym przez lotnictwo cywilne (wpisane do krajowego rejestru lotnisk cywilnych pod nr 56). Cywilną częścią portu lotniczego, o powierzchni 27,5 ha, zarządza Spółka Międzynarodowy Port Lotniczy im. Jana Pawła II Kraków-Balice sp. z o.o. (MPL), a wojskowym – 8. Baza Lotnictwa Transportowego<sup>25</sup>.

Krakowskie lotnisko przeszło drogę od małego, wyłącznie wojskowego portu lotniczego, wchodząc w XXI wiek jako największe lotnisko regionalne w kraju. Pierwsze zachowane dokumenty o polowym lotnisku w Balicach pochodzą z 1938 r. Natomiast początki cywilnej działalności krakowskiego lotniska sięgają 1964 r., kiedy to władze wojskowe udostępniły 10 ha na potrzeby przyszłego, cywilnego podmiotu użytkującego oraz udzieliły niezbędnych zezwoleń na korzystanie z urządzeń lotniskowych. W dniu 29 lutego 1964 r. w Balicach wylądował pierwszy rejsowy samolot PLL LOT<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 7.

<sup>25</sup> Ibidem s. 8.

<sup>26</sup> Ibidem.

Spółka MPL powstała w 1996 r. Przedmiotem jej działalności jest rozbudowa, modernizacja i eksploatacja Kraków Airport oraz podejmowanie wszelkich działań związanych z obsługą lotniczego ruchu pasażerskiego i towarowego w celu promocji Krakowa i regionu, usprawnienia ruchu turystycznego, a w sposób bardziej ogólny wykonywanie zadań o charakterze użyteczności publicznej. Na działalność operacyjną Spółki składają się dwa podstawowe obszary: usługi lotniskowe (opłaty związane z użytkowaniem infrastruktury lotniskowej przez linie lotnicze) oraz pozalotniskowe (obejmujące wynajem pomieszczeń, dzierżawę terenu, wynajem powierzchni reklamowych, itd.)<sup>27</sup>. Ponadto, w ramach działalności pozalotniskowej Spółka prowadzi również salony Business Lounge oraz salon VIP dla pasażerów, a także aktywnie działa w zakresie edukacji społeczeństwa prowadząc Centrum Edukacji Lotniczej (tzw. CEL)<sup>28</sup>.

Spółka Międzynarodowy Port Lotniczy im. Jana Pawła II Kraków - Balice sp. z o.o. realizuje cele zmierzające do osiągnięcia istotnej pozycji wśród najlepiej zarządzanych europejskich portów regionalnych, cenionych za wpływ na wzrost gospodarczy miasta i regionu oraz dbałość o realizację zasad zrównoważonego rozwoju. Jej misją jest realizacja powyższej wizji poprzez prowadzenie działalności biznesowej w oparciu o zasady zrównoważonego rozwoju, w szczególności innowacyjność, troskę o bezpieczeństwo oraz satysfakcję klientów i pasażerów, lokalną społeczność oraz środowisko naturalne, uczciwość praktyk rynkowych i operacyjnych, a także rozwój osobisty i zadowolenie pracowników lotniska<sup>29</sup>.

### 3.2. Sytuacja ekonomiczna Kraków Airport w latach 2018-2020

W latach 2018-2019 sytuacja Spółki była stabilna, co potwierdzają wskaźniki rentowności zaprezentowane w Tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane wskaźniki dotyczące sytuacji ekonomicznej Kraków Airport w latach 2018-2020

	2018	2019	2020
Zysk netto z działalności spółki	89 020 794,84 zł	94 493 038,59 zł	-21 277 370,01 zł
Rentowność netto sprzedaży	34%	30%	-19%
Rentowność netto kapitału własnego	11%	11%	-2%
Wskaźnik rotacji majątku	0,23	0,25	0,09
Wskaźnik płynności gotówkowej (I stopnia)	9,07	9,90	10,00
Wskaźnik płynności szybkiej (II stopnia)	8,98	9,81	9,92
Wskaźnik rotacji należności w dniach	35 dni	32 dni	52 dni
Wskaźnik rotacji zobowiązań w dniach	11 dni	13 dni	13 dni
Wskaźnik zadłużenia	33%	31%	30%

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za lata 2018-2020.

<sup>27</sup> <https://www.krakowairport.pl/pl/firma/lotnisko/spolka/o-spolce/grupa-kapitalowa> (31.03.2023).

<sup>28</sup> Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 10.

<sup>29</sup> <https://www.krakowairport.pl/pl/firma/lotnisko/spolka/o-spolce/grupa-kapitalowa> (31.03.2023).

W 2020 roku, pomimo zaistniałej sytuacji, nie stwierdzono zagrożeń dla jej funkcjonowania w perspektywie kolejnego roku, a wskaźniki rentowności ukształtowały się na ujemnych poziomach z uwagi na poniesioną przez Kraków Airport w tym roku stratę w wysokości ponad 21 mln zł. W latach 2018-2019 rentowność netto sprzedaży oraz rentowność netto kapitału własnego utrzymywały się na stosunkowo stałym poziomie, zaś w 2020 roku nastąpił ich gwałtowny spadek, co wskazuje na niedostateczną kontrolę poziomu kosztów, a to z kolei może zagrażać konkurencyjności. Spadku wartości w 2020 roku w porównaniu do lat poprzednich nie zaobserwowano w przypadku wskaźników płynności.

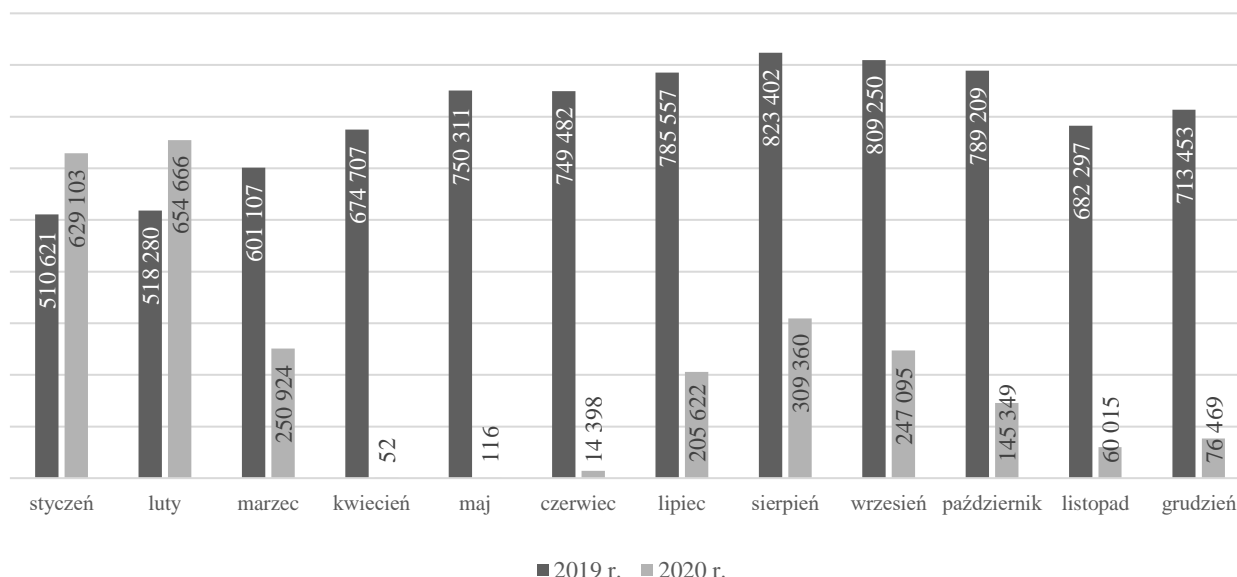
W tabeli 2 zaprezentowano podsumowanie roczne liczby pasażerów w latach 2018-2020. W 2019 roku lotnisko obsłużyło 8 410 817 pasażerów, co stanowi wynik o 1 641 448 wyższy niż w 2018 r., a zatem jest to wzrost o 24%. Natomiast w 2020 roku można zaobserwować wyraźny spadek liczby osób, które skorzystały z usług lotniska. Było to aż o 5 817 845 pasażerów mniej niż w 2019 r., co stanowi spadek o 69%.

Tabela 2. Roczne podsumowanie liczby pasażerów w latach 2018-2020

Podsumowanie roczne		
2018	2019	2020
6 769 369 pasażerów	8 410 817 pasażerów	2 592 972 pasażerów

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za lata 2018-2020.

Porównanie miesięczne ruchu pasażerskiego w latach 2019-2020 przedstawia wykres 1.



Wykres 1. Ruch pasażerski w Kraków Airport w latach 2019-2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 5.

W pierwszych dwóch miesiącach 2020 roku liczba obsłużonych pasażerów przewyższała wyniki osiągnięte w roku poprzednim. W marcu nastąpiło zamknięcie polskich granic i zawieszenie wykonywania połączeń lotniczych, co wyraźnie widać na wykresie. W porównaniu do tego samego miesiąca w 2019 roku nastąpił spadek aż o 58%. Przez kolejne 2 miesiące realizowane były wyłącznie loty o statusie „rescue flight”. W czerwcu został przywrócony ruch pasażerski, jednak liczba pasażerów nadal pozostała na niskim poziomie 14 398 osób. W pozostałych miesiącach wakacyjnych zaobserwowano nieco większy wzrost liczby podróżujących, jednak nadal były to wartości o ponad połowę niższe niż w roku poprzednim. We wrześniu na nowo zaostrozono obostrzenia, co wyraźnie widać w ponownym spadku liczby pasażerów w ostatnich miesiącach roku.

Tabela 3 prezentuje średnie statystyki na 1 lot w porcie lotniczym Kraków Airport. W latach 2018 i 2019 współczynnik wypełnienia samolotu kształtował się na poziomie 85%, po czym w 2020 roku spadł do 65%.

Tabela 3. Średnie statystyki na 1 lot

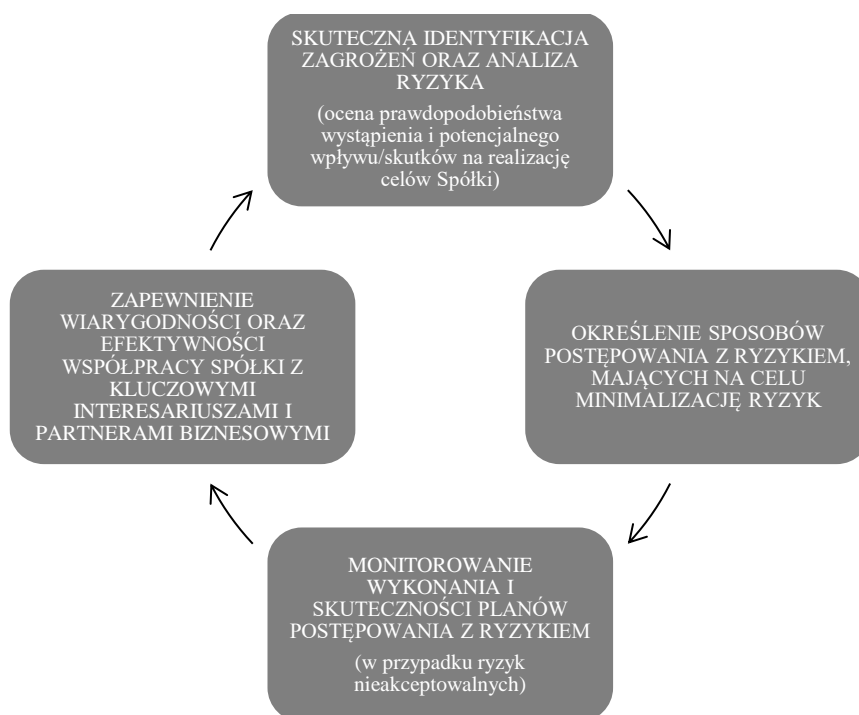
	2018	2019	2020
Liczba pasażerów	134	143	104
Liczba miejsc oferowanych w samolocie	156	166	159
Współczynnik wypełnienia samolotu	85%	85%	65%

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportów Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za lata 2018-2020.

### 3.3. Zarządzanie ryzykiem w Kraków Airport w latach 2018-2020

W lutym 2018 r. Spółka MPL przyjęła Politykę Zarządzania Ryzykiem. Dokument ten określa podejście, elementy oraz zasoby, które będą zastosowane w zarządzaniu ryzykiem, a także dokładny przebieg jego procesu. Sformułowane w nim procedury dotyczą wszystkich zidentyfikowanych zadań i obszarów funkcjonowania Spółki, których skuteczna i efektywna realizacja może być zagrożona na skutek oddziaływania czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Analizę ryzyk na podstawie własnej metodyki zarządzania ryzykiem pozwala jednostce prowadzić kompleksowo narzędzie e-risk, które w 2020 r. zostało zaktualizowane do najnowszej wersji. Jednocześnie, w celu minimalizacji ryzyka branżowego, czy też wynikającego z burzliwych zmian zachodzących w otoczeniu rynkowym, Kraków Airport korzysta z szerokiego programu ubezpieczeń, zarówno obligatoryjnych, wynikających z prowadzonej działalności, jak i dobrowolnych. Ponadto, spółka stara się unikać transakcji obciążonych znacznym ryzykiem oraz minimalizować transakcje oparte na ryzyku kursowym, a także ko-

rzysta z ubezpieczenia działalności i mienia oraz tworzy rezerwy finansowe<sup>30</sup>. Schemat procesu zarządzania ryzykiem w porcie lotniczym przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Proces zarządzania ryzykiem w Kraków Airport

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 27.

Spółka wyróżnia w nim: skuteczną identyfikację zagrożeń oraz ich analizę, określenie sposobów postępowania z ryzykiem, monitorowanie skuteczności ich wdrożenia oraz zapewnienie wiarygodności współpracy z kluczowymi interesariuszami i partnerami biznesowymi. Można zauważyć, że proces ten składa się z etapów, które następują kolejno po sobie i stanowią proces ciągły.

W 2020 roku w Spółce zidentyfikowano ponad 100 możliwych sytuacji wystąpienia ryzyka, które są poddawane kwartalnej ocenie. Wyróżniono m. in.: ryzyka środowiskowo-społeczne (ryzyko emisji hałasu i zanieczyszczeń), ryzyko długotrwałych procesów uzyskiwania decyzji administracyjnych dla inwestycji, ryzyko inwestycyjne. Jednym z kryteriów ich oceny jest analiza skutków finansowych w przypadku materializacji danego ryzyka<sup>31</sup>.

Zidentyfikowano także ryzyka finansowe, które przedstawia tabela 4 wraz z działaniami podejmowanymi przez Kraków Airport w celu ich ograniczenia.

<sup>30</sup> Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 27-28.

<sup>31</sup> Ibidem, s. 27.

Tabela 4. Zidentyfikowane ryzyka finansowe

Zidentyfikowane ryzyko	Działania
Ryzyko związane z brakiem zapłaty przez kontrahenta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• umiejętny dobór struktury przewoźników, bazujący na ich zróżnicowaniu i budowaniu dobrych relacji, w szczególności z podmiotami stabilnymi finansowo</li> <li>• korzystanie z polisy ubezpieczenia wierzytelności oraz umowy windykacji wierzytelności</li> <li>• stosowanie form zabezpieczenia płatności w postaci gwarancji bankowych, gwarancji ubezpieczeniowych, kaucji pieniężnych</li> </ul>
Ryzyko walutowe	-
Ryzyko zmiany stóp procentowych	-
Ryzyko rynkowe	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020, s. 28.

Jednostka zauważyła, że najważniejszym ryzykiem, jakie jej grozi jest ryzyko związane z brakiem zapłaty przez kontrahenta. Głównymi kontrahentami Spółki są przewoźnicy lotniczy o ugruntowanej pozycji rynkowej, jednak w związku z sytuacją epidemiologiczną, wszystkie podmioty ponoszą straty, a to zwiększa ryzyko upadłości tych słabszych finansowo, co z kolei może doprowadzić do nieterminowego regulowania przez nich należności. W celu ograniczenia możliwych negatywnych skutków tej sytuacji, Kraków Airport skupia się na umiejętnym doborze struktury przewoźników, bazując w szczególności na budowaniu relacji z podmiotami stabilnymi finansowo. Spółka korzysta także z polisy ubezpieczenia wierzytelności oraz umowy windykacji wierzytelności. W przypadku pozostałych kontrahentów stosowane są również inne formy zabezpieczenia płatności w postaci gwarancji bankowych, gwarancji ubezpieczeniowych, czy też kaucji pieniężnych. Mając na uwadze powyższe wnioski Kraków Airport uznało, że ryzyko braku zapłaty przez kontrahenta jest podwyższone, ale umiarkowane<sup>32</sup>.

W przypadku ryzyka walutowego oraz ryzyka zmiany stóp procentowych Spółka uznała, że nie ma konieczności zabezpieczania się przed nimi w jakikolwiek sposób. Oceniała bowiem ich wpływ na swoją działalność jako niewielki. Wynika to z faktu, że zdecydowana większość rozliczeń transakcji odbywa się w złotych. Wpływy ze sprzedaży usług lotniczych ustalane są na bazie zatwierdzonego przez Urząd Lotnictwa Cywilnego cennika usług lotniczych, a w przypadku usług pozalotniczych – na podstawie kalkulacji opartych o rzeczywiste lub planowane koszty. Również ryzyko zmiany cen po stronie kosztowej nie występuje wcale lub jest znikome z powodu rozliczania transakcji z dostawcami głównie w PLN. Część zakupów inwestycyjnych realizowana jest w oparciu o przelicznik EUR na PLN, jednak są to

<sup>32</sup> Ibidem, s. 27.

transakcje krótkoterminowe i cena zakupu w polskiej walucie jest wcześniej znana. Z kolei istniejące ryzyko zmiany stóp procentowych nie ma istotnego wpływu na wyniki Spółki, ponieważ Kraków Airport nie miała żadnych zaciągniętych zobowiązań finansowych (kredytów, pożyczek) ani wyemitowanych obligacji<sup>33</sup>.

Ostatnie ze zidentyfikowanych przez MPL ryzyk finansowych w roku wybuchu pandemii stanowi ryzyko rynkowe. W 2020 r. wiele przedsiębiorstw borykało się z problemami finansowymi spowodowanymi przez pandemię COVID-19. Niestety obostrzenia wprowadzane przez rząd, których celem była walka z COVID-19, dotkliwie uderzyły w branżę lotniczą i działalności z nią związane. Zgodnie z opinią ekspertów zapaść, jaka miała miejsce w 2020 r. to największy kryzys w transporcie lotniczym od czasów II wojny światowej. Wobec często dokonywanych zmian obowiązujących zakazów i nakazów wzrosła także trudność oceny zmian rynkowych. Te negatywne czynniki spowodowały, że wzrosło ryzyko rynkowe branży, która dotychczas była oceniana, w szczególności w Polsce, jako bezpieczny i stabilnie rosnący rynek. Negatywne oceny ryzyka rynkowego Spółka postanowiła jednak traktować jako sytuację przejściową i w dłuższej perspektywie oczekiwała, że rynek usług lotniczych będzie dążył do powrotu do stanu sprzed pandemii. Każdy z publikowanych scenariuszy odbudowy rynku zakładał bowiem wzrost ruchu pasażerskiego, a różnił się jedynie dynamiką powrotu. W związku z powyższym w krótkiej i średniej perspektywie czasowej ryzyko rynkowe uznano za podwyższone, jednak w długiej perspektywie spodziewano się, że prawdopodobnie będzie maleć.

Warto także wspomnieć o zidentyfikowanych ryzykach związanych z rozprzestrzenianiem się wirusa SARS-CoV-2. Wprowadzenie restrykcyjnych procedur wymusiło na lotnisku uruchomienie dodatkowych zasobów finansowych na zakup środków ochrony dla służb i pasażerów. Nakłady, choć nieplanowane, nie były istotne w skali całego Kraków Airport, jednak Spółka już na tym etapie zidentyfikowała istotne ryzyko związane ze skutkami długotrwałego zagrożenia możliwością zarażenia się koronawirusem. Największym zagrożeniem dla rynku lotnictwa cywilnego w 2020 r. była niepewność związana ze zmieniającymi się obostrzeniami. Brak możliwości tworzenia długookresowych planów, brak stabilności rynku i przyszłych obostrzeń negatywnie wpływała na planowanie podróży przez pasażerów. W celu minimalizacji skutków pandemii Spółka dokonała wewnętrznych zmian organizacyjnych (praca zdalna, urlopy, opieka itd.), aby zredukować ryzyko zakażeń wśród pracowników lotniska. Opracowano także alternatywne scenariusze funkcjonowania służb ochrony i Pionu Bezpieczeń-

---

<sup>33</sup> Ibidem.

stwa Kraków Airport oraz przeprowadzono analizy finansowe, pozwalające ocenić straty i zdolność lotniska do przetrwania tego trudnego okresu. Z uwagi na gromadzenie środków finansowych na przyszłe inwestycje oraz dotychczas bardzo dobrą kondycję finansową, zaistniała sytuacja w perspektywie krótkoterminowej nie zagrażała utracie płynności finansowej Spółki<sup>34</sup>.

#### 4. Podsumowanie

Gospodarka rynkowa stwarza zarówno szanse na osiągnięcie zaplanowanych zysków, jak i ryzyko strat w wyniku niekorzystnych zmian w otoczeniu przedsiębiorstwa oraz błędów wewnątrz organizacji. Zarządzanie ryzykiem wspiera i wpływa na większą efektywność zarządzania organizacją, ponieważ pomaga zrozumieć i ocenić groźne czynniki ryzyka. Skuteczne i zintegrowane zarządzanie ryzykiem wymaga wkomponowania procesu zarządzania ryzykiem w proces zarządzania przedsiębiorstwem. W dzisiejszych czasach wszystkie decyzje biznesowe obciążone są ryzykiem, dlatego coraz częściej organizacje decydują się na wdrożenie systemu zarządzania ryzykiem.

Jak wszystkie podmioty gospodarcze, tak również Kraków Airport zmuszone było podjąć próbę dostosowania się do nowej rzeczywistości, jaką był wybuch pandemii COVID-19. Doprowadziła ona bowiem do znacznej recesji gospodarczej, która z wielką siłą uderzyła w branżę lotniczą oraz turystyczną. Sytuacja ta miała znaczący wpływ na codzienne funkcjonowanie lotniska i wymagała poważnych przeobrażeń. Moc, z jaką w 2020 r. uderzyła w branżę lotniczą pandemia COVID-19 i siła, z jaką do tej pory oddziałuje potwierdzają, że umiejętne przewidywanie nadchodzących zmian i błyskawiczne reagowanie na nie, to w dzisiejszych czasach kluczowa umiejętność odpowiedzialnego zarządzania.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że MPL rozumie potrzebę zarządzania ryzykiem. W Kraków Airport prowadzona jest systematyczna identyfikacja i analiza ryzyka oraz wdrażane są odpowiednie działania wobec zidentyfikowanych i uszeregowanych ryzyk. Ponadto, prowadzona jest stała kontrola wykonania i skuteczności planów zarządzania ryzykiem, a także zwraca się uwagę na dbałość o wiarygodność oraz efektywność współpracy z interesariuszami i partnerami biznesowymi. Stosuje się również zestaw nowoczesnych instrumentów zarządzania ryzykiem oraz jego monitorowania dla jak najlepszego zapewnienia bezpieczeństwa działalności.

---

<sup>34</sup> Ibidem, s. 31-32.



Restrykcje wprowadzane w związku z pandemią doprowadziły do osiągnięcia przez Spółkę straty na koniec 2020 roku oraz do pogorszenia wartości niektórych wskaźników, jednak sytuacja ta nie zagroziła w perspektywie krótkoterminowej utracie stabilności i płynności finansowej. Można zatem uznać, że Kraków Airport dobrze poradziło sobie ze zidentyfikowaniem ryzyk wynikłych podczas pandemii i potrafiło podjąć działania ograniczające ich skutki.

## Literatura

1. Czapiewski L., Kaczmarski M., Kubiak J., Mizerka J., *Zarządzanie ryzykiem finansowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, MG 363, Materiały dydaktyczne, Poznań 2021.
2. Iwaszczuk N., *Ryzyko w działalności gospodarczej: definicje, klasyfikacje, zarządzanie*, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2021.
3. Jajuga K., *Zarządzanie ryzykiem*, PWN, Warszawa 2007, 2019.
4. Kaczmarek T. T., *Zarządzanie ryzykiem – ujęcie interdyscyplinarne*, Difin, Warszawa 2010.
5. Kokot-Stępień P., *Identyfikacja ryzyka jako kluczowy element zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 855, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 74, t. 1, 2015.
6. Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2018.
7. Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2019.
8. Raport Zrównoważonego Rozwoju Kraków Airport im. Jana Pawła II za rok 2020.
9. Stanik J., Hoffmann R., Napiórkowski J., *Zarządzanie ryzykiem w systemie zarządzania bezpieczeństwem organizacji*, Ekonomiczne problemy usług nr 123, 2016.
10. Szczepankiewicz E. I., Rożek, M. *Zarządzanie ryzykiem w porcie lotniczym jako obszar oceny w audycie wewnętrznym*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 521, 2018.
11. Wróblewski D., *Zarządzanie ryzykiem – przegląd wybranych metodyk*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.

## Źródła internetowe

12. <https://www.krakowairport.pl/pl/firma/lotnisko/spolka/o-spolce/grupa-kapitalowa> (31.03.2023).
13. <https://mfiles.pl/pl/index.php/Proces> (21.06.2023).





KOŁO

NAUKOWE

○ BIOTECHNOLOGÓW

„Insert”





**Piotr Dziura**

student III roku na kierunku Inżynieria farmaceutyczna, Politechnika Rzeszowska

Koło Biotechnologów „Insert”

Opiekun naukowy

**dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz**

## **Toksyczność dendrymerów poliamidoaminowych (PAMAM), skonuigowanych z lekami przeciwzapalnymi o potencjale przeciwnowotworowym w odniesieniu do linii komórkowej ludzkiego raka płaskonabłonkowego linii SSC-15**

### **Streszczenie**

W ostatnich latach dendrymery poliamidoaminowe (PAMAM) stały się obiecującymi systemami dostarczania leków ze względu na ich właściwości, m.in. dobrze zdefiniowaną strukturę i znaczną możliwość modyfikowania powierzchni. Ich zastosowania upatruje się zwłaszcza w systemach precyzyjnego, celowanego dostarczania farmaceutyków o potencjale onkologicznym i przeciwzapalnym do komórek zmienionych nowotworowo. Celem przyłączania leków przeciwnowotworowych do dendrymerów jest zmniejszenie ich cytotoksyczności względem prawidłowych komórek pacjenta i w konsekwencji złagodzenie efektów ubocznych chemioterapii oraz zwiększenie skuteczności leczenia poprzez zahamowanie wzrostu tkanki zmienionej nowotworowo. Celem tej pracy jest zebranie dotychczasowych wyników badań *in vitro* prowadzonych nad zastosowaniem powyższego systemu w Laboratorium Hodowli Komórek Politechniki Rzeszowskiej oraz przedstawienie najbardziej obiecujących dróg rozwoju tej technologii wobec raka płaskonabłonkowego, na przykładzie linii SCC-15.

**Słowa kluczowe:** Dendrymery PAMAM, Rak płaskonabłonkowy, Leki cytostatyczne, Cytotoksyczność.

### **1. Wprowadzenie**

Leki cytostatyczne odgrywają kluczową rolę w leczeniu raka, poprzez hamowanie wzrostu i proliferacji komórek nowotworowych. Jednak ich skuteczność jest często ograniczona przez niską rozpuszczalność, słabą biodostępność i brak specyficznego ukierunkowania. Dendrymery PAMAM okazały się obiecującymi nanonośnikami leków onkologicznych. Silnie rozgałęziona i symetryczna struktura oraz możliwość kontroli rozmiaru w trakcie syntezy pozwalają na zastosowanie ich w tej roli. Dendrymery poli(amidoaminowe) mogą być koniugowane z lekami cytostatycznymi na powierzchniowych końcach ich dendronów i dodatkowo wzbogaćone cząsteczkami zwiększającymi ich selektywne wchłanianie przez komórki nowotworowe. Dodatkowo rolę czynników o potencjale przeciwnowotworowym mogą pełnić leki przeciwzapalne. Zdolność dendrymerów PAMAM do dostarczania różnych leków czynnych onkologicznie, takich jak simwastatyna, doksorubicyna i  $\alpha$ -mangostyna, była szeroko rozpatrywana

w badaniach przedklinicznych. Wykazały one różny wpływ koniugacji na cytotoksyczność wobec komórek nowotworowych i prawidłowych w hodowlach *in vitro*.

## 2. Synteza i budowa koniugatów PAMAM z lekami

Dendrymery PAMAM syntezowane są przy użyciu kwasu akrylowego oraz diamin, których grupy aminowe położone są na przeciwnych końcach łańcucha węglowodorowego, przy użyciu addycji Michael'a i amidowania

Liczba generacji ma istotne znaczenie w zastosowaniu dendrymerów PAMAM jako nośnika leków, gdyż istnieje potrzeba określenia ich optymalnej wielkości (która zwiększa się z każdą generacją) i liczby wolnych grup powierzchniowych (która zwiększa się z każdą generacją dwukrotnie). Zbyt duża masa cząsteczkowa jest czynnikiem negatywnie wpływającym na zdolność wnikania koniugatów PAMAM do komórek, natomiast duża liczba powierzchniowych grup funkcyjnych zwiększa liczbę możliwych do przyłączenia cząsteczek leku z pojedynczą cząsteczką dendrymeru, zwiększając jednakże istotnie toksyczność samego nośnika (Rysunek 1). Najczęściej w roli nośników stosowane są dendrymery generacji trzeciej i czwartej. Używa się również megamerów, czyli dendrymerów wyższej generacji, łączonych są z dendrymerami niższej generacji, zawierającymi już skoniugowane ze sobą związki o działaniu farmakologicznym<sup>1</sup>. Przyspiesza to znacząco proces syntezy spersonalizowanych koniugatów.

Koniugowanie leków z dendrymerami odbywa się poprzez połączenie cząsteczki leku z grupą funkcyjną na końcu ramienia cząsteczki (dendronu), którą często jest grupa aminowa (-NH<sub>2</sub>)<sup>2</sup>. Koniugowanymi lekami o potencjale przeciwnowotworowym mogą być np.:

- paklitaksel: czynnik antyproliferacyjny, który zaburza dynamikę skracania mikrotubul podczas podziałów komórek nowotworowych<sup>3</sup>,
- nimesulid: niesteroidowy lek przeciwzapalny, preferencyjny inhibitor enzymu cyklo-oksigenazy 2 (COX-2)<sup>4</sup>
- vadimezan: lek wpływający na ograniczenie angiogenezy i ukrwienia nowotworu, wywołujący nekrozę spowodowaną niedokrwieniem zmienionej tkanki<sup>5</sup>

<sup>1</sup> M. Zaręba i in., *Mixed-Generation PAMAM G3-G0 Megamer as a Drug Delivery System for Nimesulide: Antitumor Activity of the Conjugate Against Human Squamous Carcinoma and Glioblastoma Cells*, International Journal of Molecular Sciences 20, nr 20, 2019, s. 4998.

<sup>2</sup> Z. Lyu i in., *Poly(Amidoamine) Dendrimers: Covalent and Supramolecular Synthesis*, Materials Today Chemistry 13, 2019, s. 34–48.

<sup>3</sup> S. Fellner i in., *Transport of Paclitaxel (Taxol) across the Blood-Brain Barrier in Vitro and in Vivo*, Journal of Clinical Investigation 110, nr 9, 2002, s. 1309–1318.

<sup>4</sup> M. Zaręba i in., *Mixed-Generation PAMAM G3-G0 Megamer...*, *op. cit.*, s. 4998.

- simwastatyna: lek obniżający poziom lipidów we krwi, stosowany w chorobie wieńcowej. Badania wykazały, że może wykazywać właściwości przeciwnowotworowe poprzez zakłócanie procesów komórkowych zaangażowanych w rozwój raka. Udowodniono, że może hamować proliferację komórek nowotworowych, indukować apoptozę (programowaną śmierć komórki) i hamować angiogenezę (tworzenie nowych naczyń krwionośnych zaopatrujących guzy). Uważa się, że w efektach tych pośredniczy modulacja różnych szlaków sygnałowych w komórkach<sup>6</sup>,
- celekoksyb: niesteroidowy lek przeciwzapalny, wysoce selektywny inhibitor enzymu COX-2, stosowany w terapii reumatoidalnego zapalenia stawów<sup>6</sup>.

### 3. Rola leków przeciwzapalnych i biotyny

Niesteroidowe leki przeciwzapalne<sup>7</sup>, stosowane powszechnie w celu znoszenia efektów stanów zapalnych różnego pochodzenia, mają swoje zastosowanie w leczeniu chorób nowotworowych. Ich działanie polega na inhibicji aktywności enzymów z grupy cyklooksygenaz COX-1 i/lub COX-2 (w zależności od stosowanego leku) i w konsekwencji stłumienie reakcji zapalnej. Jest to istotne w zwalczaniu miejscowych zmian nowotworowych. Może on również miejscowo zwiększać przepływ krwi. Szybko dzielące się komórki guza mają duże zapotrzebowanie na glukozę i tlen, więc zwiększone ukrwienie jest korzystne dla proliferacji komórek zmienionych nowotworowo. Zahamowanie powstawania lub utrzymywania się stanu zapalnego nie wyeliminuje nowotworu z ustroju, ale spowolni jego wzrost, a tym samym możliwość przerzutów. Obecnie także uważa się także, że powstawanie nowotworów jest indukowane stanem zapalnym<sup>8</sup>.

Na rysunku 1 przedstawiono względny poziom enzymu COX-2 w wybranych liniach komórkowych prawidłowych oraz nowotworowych. Jest on widocznie podwyższony w komórkach linii SCC-15 oraz U-118MG.

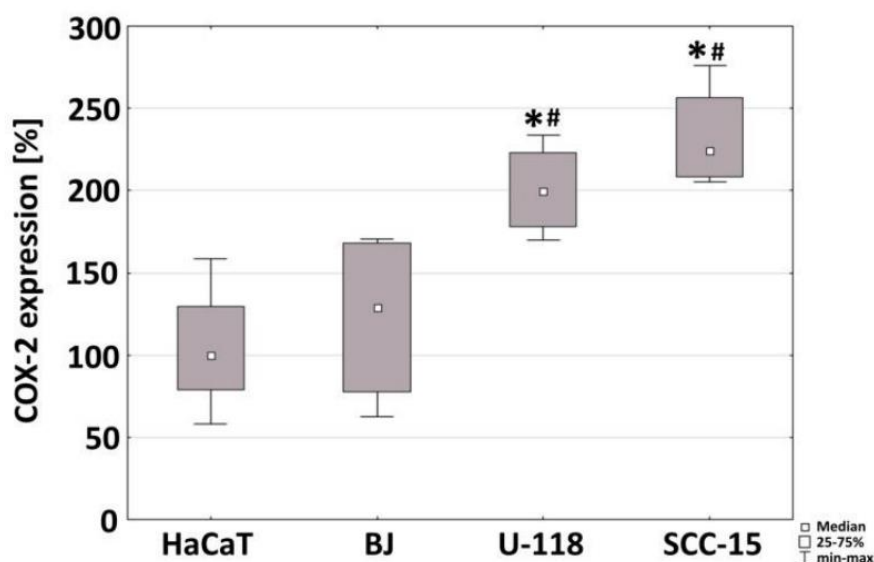
---

<sup>5</sup> J. Markowicz i in., *Synthesis and Properties of  $\alpha$ -Mangostin and Vadimezan Conjugates with Glucoheptoamidated and Biotinylated 3rd Generation Poly(Amidoamine) Dendrimer, and Conjugation Effect on Their Anticancer and Anti-Nematode Activities*, *Pharmaceutics* 14, nr 3, 2022, s. 606.

<sup>6</sup> K. Wróbel i in., *Synthesis of Biotinylated PAMAM G3 Dendrimers Substituted with R-Glycidol and Celecoxib/Simvastatin as Repurposed Drugs and Evaluation of Their Increased Additive Cytotoxicity for Cancer Cell Lines*, *Cancers* 14, nr 3, 2022, s. 714.

<sup>7</sup> <https://www.nhs.uk/conditions/nsaids/>

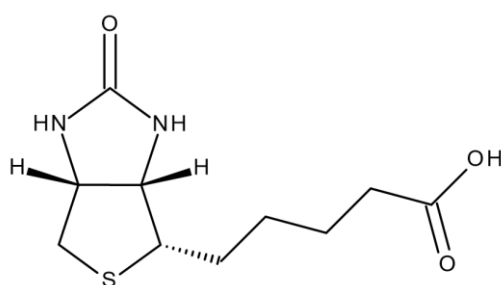
<sup>8</sup> E. Rayburn, *Anti-Inflammatory Agents for Cancer Therapy*, *Molecular and Cellular Pharmacology* 1, nr 1, 2009, s. 29–43.



Rysunek 1. Ekspresja białka COX-2 w komórkach linii prawidłowych fibroblastów (BJ), nieśmiertelnych keratynocytów (HaCaT) oraz glejaka (U-118) i raka płaskonabłonkowego (SCC-15).

Źródło: Ł. Uram i in., *Biotinylated PAMAM G3 Dendrimer Conjugated with Celecoxib and/or Fmoc-L-Leucine and Its Cytotoxicity for Normal and Cancer Human Cell Lines*, *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 124, 2018, s. 1–9.

Od pewnego czasu wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem określonych witamin w terapii nowotworów. Biotyna, inaczej witamina B<sub>7</sub> lub witamina H (struktura: schemat 1), jest podstawowym składnikiem wymaganym w każdej diecie dla prawidłowej pracy organizmu. Liczne badania wykazały, że szybko dzielące się komórki guza cechują się podwyższonym wchłanianiem biotyny z krwi, co sugeruje, że zastosowanie tej witaminy w koniugacie skutkować może zwiększeniem wychwytu i adresowaniem koniugatu do określonego typu komórek lub tkanek<sup>9</sup>.



Schemat 1. Wzór strukturalny biotyny (witaminy H).

Źródło: Opracowanie własne.

Założeniem terapii celowanej jest zmaksymalizowanie skuteczności terapii, tzn. zahamowanie wzrostu i redukcja objętości guza przy jak najmniejszej ilości użytego leku oraz zminimalizowanie występowania skutków ubocznych, które pojawiają się przy zastosowaniu

<sup>9</sup> G. Russell-Jones i in., *Vitamin-Mediated Targeting as a Potential Mechanism to Increase Drug Uptake by Tumours*, *Journal of Inorganic Biochemistry* 98, nr 10, 2004, s. 1625–33.



klasycznej chemioterapii. Szybko dzielące się komórki nowotworów wykazują duże powinowactwo do witamin B<sub>9</sub> i B<sub>12</sub>, które niezbędne są w prawidłowym przebiegu procesu mitozy. Użycie tych witamin także jest uzasadnione w terapii celowanej przeciw nowotworom. Mają one także zdolność do przekraczania bariery krew-mózg, co jest ważną cechą w przypadku leczenia zmian nowotworowych w obrębie mózgu i rdzenia kręgowego<sup>10</sup>.

#### 4. Zastosowane linie komórkowe oraz wskaźniki

Prawidłowe, zdrowe komórki ludzkie stosowane do eksperymentów *in vitro* (poza organizmem), używane w badaniach nad zastosowaniem koniugatów PAMAM w Laboratorium Hodowli Komórek Politechniki Rzeszowskiej to komórki linii BJ - ludzkie fibroblasty. Badanie toksyczności wobec prawidłowych komórek organizmu jest równie ważne, co wobec zmienionych komórek rakowych. Ma to na celu oszacowanie wpływu skutków ubocznych lub powikłań stosowania danego leku oraz określenie czy nowa terapia nie jest bardziej szkodliwa od klasycznej, przy braku pozytywnych rezultatów terapeutycznych.

Nowotworowe linie komórkowe stosowane w wybranych przez mnie badaniach to najczęściej SCC-15 (komórki ludzkiego raka płaskonabłonkowego) oraz U-118 MG (komórki ludzkiego glejaka wielopostaciowego, najwyższego IV stopnia wg WHO). W niniejszej pracy odniesiono się do toksyczności koniugatów PAMAM z lekami o potencjale przeciwnowotworowym wobec linii SCC-15, ze względu na dużą liczbę dostępnych prac eksperymentalnych, wykorzystujących te komórki do omawianego celu.

Ważnym parametrem w ocenie ich skuteczności był test z czerwiecią obojętną (NR) lub solami tetrazolowymi (XTT). Wyniki badań w niektórych przypadkach różniły się po zastosowaniu tych dwóch wskaźników, co jest dodatkowym czynnikiem różnicującym zbiorcze dane. Działanie obu testów określa żywotność komórek, lecz różnią się one działaniem. W teście NR barwnik (czerwień obojętna) jest włączana do wnętrza lizosomów, co pozwala na ilościowe oznaczenie ich kondycji poprzez badanie UV-Vis przy długości fali wynoszącej 540 nm. Natomiast test XTT to wskaźnik aktywności oksydoreduktaz mitochondrialnych. W komórkach aktywnych metabolicznie (żywych) przyjmuje barwę pomarańczową, co pozwala na kolorymetryczne oznaczenie ilościowe żywych komórek za pomocą spektrofotometru przy długości fali 450 nm.

---

<sup>10</sup> G. Russell-Jones i in., *Vitamin-Mediated Targeting...*, *op. cit.*, s. 1625–1633..

## 5. Cytotoksyczność wybranych koniugatów wobec linii SCC-15

Wyniki przedstawiono w postaci tabeli, prezentując je dla różnych połączeń leków przeciwnowotworowych oraz przeciwzapalnych z dendrymerami PAMAM. Całkowite uzupełnienie tabeli nie jest możliwe ze względu na brak wszystkich możliwych kombinacji leków w koniugatach PAMAM. Przedstawione informacje pozwalają na wskazanie niektórych połączeń lub koniugatów pojedynczych leków z dendrymerami, które wykazują najlepsze działanie cytotoksyczne wobec linii SCC-15, przy tym nie będąc względnie toksycznymi wobec komórek prawidłowych linii BJ.

Tabela 1. Wyniki badań cytotoksyczności wybranych koniugatów leków z dendrymerami PAMAM względem ludzkich komórek raka płaskonabłonkowego SCC-15 oraz prawidłowych ludzkich fibroblastów BJ. Objasnienie oznaczeń: symbol linii najbardziej wrażliwej komórkowej / najskuteczniejsze stężenie koniugatu / obecność biotyny w koniugacie / rodzaj przeprowadzonego testu na cytotoksyczność. Brak zawartości komórki oznacza brak danych. Odnośniki do źródeł umieszczono w sekcji Literatura.

Koniugat Dodatkowy lek	PAMAM G3	PAMAM G3 + nimesulid	PAMAM G3 + celekoksyb	PAMAM G3 + $\alpha$ -mangostyna
<b>Brak</b>	SCC / 5 $\mu$ M / tak / XTT [7]	SCC / 3,75 $\mu$ M / nie / NR [9]	BJ / 0,75-12 $\mu$ M / tak / NR, XTT [8]	SCC / 2 $\mu$ M / tak / NR [2,3]
<b>Simwastatyna</b>	SCC / 1,5 $\mu$ M / tak / NR [8]	-	BJ / 0,75-12 $\mu$ M / tak / NR, XTT [8]	-
<b>Vadimezan</b>	SCC / 2 $\mu$ M / tak / XTT [3]	-	-	-
<b>Fmoc-L-Leucyna</b>	BJ / 0,25-4 $\mu$ M / tak / NR [6]	-	BJ / 0,25-4 $\mu$ M / tak / NR [6]	-

Źródło: Opracowanie własne

Jak pokazano w tabeli 1 niektóre koniugaty nie wykazały selektywnej toksyczności wobec komórek SCC-15 w żadnym badanym stężeniu. Celekoksyb w każdej konfiguracji koniugatu dawał taki wynik. Wobec raka płaskonabłonkowego wysoką toksyczność wykazały koniugaty PAMAM G3 z nimesulidem i  $\alpha$ -mangostyną. Warto zaznaczyć, że koniugat nimesulidu wykazał takie właściwości pomimo braku biotyny.

## 6. Podsumowanie

Chemioterapia jest podstawową metodą terapii raka, mającą na celu wyleczenie lub opóźnienie rozwoju choroby. Może być stosowana jako monoterapia lub terapia uzupełniająca wraz z innymi metodami, takimi jak chirurgia lub radioterapia. W niektórych przypadkach chemioterapia może być stosowana paliatywnie w celu złagodzenia objawów i poprawy jako-

ści życia pacjentów z nowotworem zaawansowanym lub z przerzutami. Konkretnie chemioterapeutyki i schematy leczenia zależą od rodzaju i stadium raka, a także od ogólnego stanu zdrowia pacjenta. Powodem opracowania terapii celowanej jest znalezienie efektywniejszego rozwiązania wobec danego rodzaju schorzenia, które pozwoli, przy najmniejszych możliwych skutkach ubocznych, wyleczyć pacjenta lub poprawić jego jakość życia. Koniugaty dendrymerów PAMAM z lekami przeciwzapalnymi lub cytostatykami są pomysłem obiecującym o wielu możliwych drogach rozwoju.

Przykładem leku, którego koniugaty z dendrymerem PAMAM zawsze wykazywały większą toksyczność względem prawidłowych komórek linii BJ niż SCC-15 był celekoksyb. Koniugat zawierający simwastatynę i celekoksyb wykazał podobne właściwości, jednakże koniugat PAMAM z samą simwastatyną wywierał już większą toksyczność względem linii SCC-15. Warto zauważyć jednak, że komórki BJ w odróżnieniu od SCC-15 wykazują zdolności do fagocytozy, która w efekcie prowadzi do intensywniejszego pochłaniania nanocząstek zawierających leki przeciwnowotworowe i w efekcie prowadzi do silniejszego efektu końcowego.

Bardzo dobrą selektywność wykazano w badaniach megameru PAMAM G3+G0, gdzie do dendrymeru PAMAM generacji 0 przyłączono lek przeciwzapalny (nimesulid). Taki koniugat w zakresie niskich stężeń 3,75 – 7.5  $\mu\text{M}$  wykazywał toksyczność wobec linii BJ, która była relatywnie niewielka w porównaniu z toksycznością wobec komórek nowotworowych.

Na uwagę zasługuje także biotynyłowany koniugat z resztami  $\alpha$ -mangostyny, który wykazywał wysoką skuteczność wobec komórek nowotworowych SCC-15, jednocześnie mając znaczące działanie wobec komórek linii BJ. Podobne wyniki uzyskano w aż dwóch pracach badawczych [2,3]. W badaniach ważną rolę odegrała liczba reszt  $\alpha$ -mangostyny skoniugowana z jedną cząsteczką dendrymeru, co także świadczy o odpowiednim dobraniu proporcji w celu zoptymalizowania efektu terapeutycznego przy zminimalizowaniu efektów ubocznych terapii.

Zaprezentowane wyniki te sugerują zatem potencjał opisanych koniugatów z nimesulidem, simwastatyną i  $\alpha$ -mangostyną w terapii nowotworów raka płaskonabłonkowego. Leki te zasługują na dalsze, bardziej zaawansowane badania na zwierzętach oraz badania kliniczne.

## Literatura

1. Lyu, Z., L. Ding, A.Y.-T. Huang, C.-L. Kao, i L. Peng. *Poly(Amidoamine) Dendrimers: Covalent and Supramolecular Synthesis*, Materials Today Chemistry 13, 2019, s. 34–48.

2. Markowicz J., Uram Ł., Wołowiec S., i Rode W., *Biotin Transport-Targeting Polysaccharide-Modified PAMAM G3 Dendrimer as System Delivering  $\alpha$ -Mangostin into Cancer Cells and C. Elegans Worms*. International Journal of Molecular Sciences 22, nr 23, 2021, s. 12925.
3. Markowicz J., Uram Ł., Wołowiec S., i Rode W., *Synthesis and Properties of  $\alpha$ -Mangostin and Vadimezan Conjugates with Glucoheptoamidated and Biotinylated 3rd Generation Poly(Amidoamine) Dendrimer, and Conjugation Effect on Their Anticancer and Anti-Nematode Activities*, Pharmaceutics 14, nr 3, 2022, s. 606.
4. Rayburn E., *Anti-Inflammatory Agents for Cancer Therapy*, Molecular and Cellular Pharmacology 1, nr 1, 2009): s. 29–43.
5. Russell-Jones, Gregory, Kirsten McTavish, John McEwan, John Rice, i David Nowotnik. „Vitamin-Mediated Targeting as a Potential Mechanism to Increase Drug Uptake by Tumours”. *Journal of Inorganic Biochemistry* 98, nr 10 (październik 2004): 1625–33.
6. Uram Ł., Filipowicz A., Misiorek M., Pieńkowska N., Markowicz J., Wałajtys-Rode E. i Wołowiec S., *Biotinylated PAMAM G3 Dendrimer Conjugated with Celecoxib and/or Fmoc-l-Leucine and Its Cytotoxicity for Normal and Cancer Human Cell Lines*, European Journal of Pharmaceutical Sciences 124, 2018, s. 1–9.
7. Uram Ł., Szuster M., Filipowicz A., Zaręba M., Wałajtys-Rode E. i Wołowiec S., *Cellular Uptake of Glucoheptoamidated Poly(Amidoamine) PAMAM G3 Dendrimer with Amide-Conjugated Biotin, a Potential Carrier of Anticancer Drugs*, Bioorganic & Medicinal Chemistry 25, nr 2, 2017, s. 706–713.
8. Wróbel K., Wołowiec S., Markowicz J., Wałajtys-Rode E. i Uram Ł., *Synthesis of Biotinylated PAMAM G3 Dendrimers Substituted with R-Glycidol and Celecoxib/Simvastatin as Repurposed Drugs and Evaluation of Their Increased Additive Cytotoxicity for Cancer Cell Lines*, Cancers 14, nr 3, 2022, s. 714.
9. Zaręba M., Sareło P., Kopaczyńska M., Białońska A., Uram Ł., Walczak M., Aebisher D. i Wołowiec S., *Mixed-Generation PAMAM G3-G0 Megamer as a Drug Delivery System for Nimesulide: Antitumor Activity of the Conjugate Against Human Squamous Carcinoma and Glioblastoma Cells*, International Journal of Molecular Sciences 20, nr 20, 2019, s. 4998.